



**高浜発電所 1～4号炉
津波警報等^等が発表されない可能性のある津波への対応に係る
基準津波評価について
(参考資料)**

2020年10月8日

関西電力株式会社

基準津波 1～4 の整理 (防潮ゲート閉止運用を考慮した計算結果)

【防潮ゲート閉止運用を考慮した場合の基準津波 1～4 の計算結果】

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値、カッコ内は潮位変動に基づくゲート閉止対策を考慮した値

波源モデル	取水路 防潮 ゲート	水位上昇							水位下降			
		取水路 防潮 ゲート 前面	3, 4 号炉 循環水 ポンプ室	1号炉 海水 ポンプ室	2号炉 海水 ポンプ室	3, 4 号炉 海水 ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水 ポンプ室	2号炉 海水 ポンプ室	3, 4 号炉 海水 ポンプ室	
福井県モデル（若狭海丘列付近断層）と 海底地すべりエリアB (Es-K5)の組み合わせ (78秒ずれ)	閉	5.5	1.3	1.2	1.1	1.7	5.3	6.2	-	-	-	基準津波 1
FO-A～FO-B～熊川断層と 陸上地すべり(No.14)の組み合わせ (54秒ずれ)	開	2.2	2.5	2.2	2.2	2.5	2.7	2.7	-1.8*	-1.8*	-2.0*	基準津波 2
海底地すべりエリアB (Es-K5) (Kinematicモデルによる方法)	開 (開→閉)	3.6 (4.0)	3.9 (2.1)	3.7 (1.6)	3.8 (1.5)	3.8 (2.3)	3.7 (3.7)	4.0 (4.0)	-3.6 (-1.9)	-3.7 (-2.0)	-3.7 (-2.8)	基準津波 3
海底地すべりエリアC (Es-T2) (Kinematicモデルによる方法)	開 (開→閉)	3.2 (3.3)	3.7 (1.4)	3.3 (1.1)	3.5 (1.1)	3.6 (1.5)	3.7 (3.7)	3.9 (3.9)	-2.4 (-1.8)	-2.5 (-1.9)	-2.8 (-2.8)	基準津波 4

※地盤変動量0.23m隆起

基準津波 3, 4 について防潮ゲート閉止運用を考慮した津波水位計算を実施した結果（取水路防潮ゲートの閉止判断基準を0.5m/10分とした計算）を踏まえると、各評価点で最も影響が大きい波源は以下のとおりであった。

- 水位上昇側の取水路防潮ゲート前面、放水口前面、放水路(奥) ⇒ 基準津波 1
- 水位上昇側の各ポンプ室、水位下降側の1,2号炉海水ポンプ室 ⇒ 基準津波 2
- 水位下降側の3,4号炉海水ポンプ室 ⇒ 基準津波 3 及び基準津波 4

モデルの差異による基準津波選定への影響の確認

【評価条件、モデルの妥当性（1 / 4）】

● 既許可時と今回申請時の基準津波評価の条件比較

		既許可時の基準津波評価		今回申請時の基準津波評価 (警報が発表されない場合)
津波評価計算	取水路防潮ゲートの開閉条件	閉 (第1波到達までに防潮ゲートが閉止されるケース)	開 (第1波到達までに防潮ゲートが閉止されないケース)	開→閉 (第1波到達後に防潮ゲートを閉止)
	取水路防潮ゲートのモデル化	ゲート開口幅を実寸より広く設定		ゲート開口幅を実寸に設定
	取水口のモデル化	取水口ケーソン重量コンクリートを未考慮		取水口ケーソン重量コンクリートの形状を反映
		既許可モデル		修正モデル

- 警報が発表されない場合については、津波による影響を適切に評価するため、運転状態及び現状の設備形状を踏まえ、既許可の計算モデル（以降、既許可モデルという）から一部条件を修正した計算モデル（以降、修正モデルという）を用いて申請を行っていた。
- しかし、申請書の中で異なる計算モデルを使った津波評価を実施することにより、各基準津波の数値差異が妥当であるか判別がつきにくい状態であったため、本資料の基準津波評価では計算モデルを既許可モデルに統一している。
- ただし、モデルの差異による基準津波選定への影響を確認する。確認方法としては、基準津波1, 2の波源及び既許可モデルで基準津波1, 2に近い水位の波源について、修正モデルでの計算を実施し、修正モデルを用いた場合でも最高水位・最低水位となる波源が変わらないことを確認する。
- また、海底地すべりエリアA～C（警報が発表されない場合）について、修正モデルでの計算を実施し、修正モデルを用いた場合でも基準津波3, 4を超える波源がないことを確認する。

【評価条件、モデルの妥当性（2 / 4）】

● 既許可モデルによる計算結果

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値、青字は各評価点の2～4位

【取水路防潮ゲート「閉」のケース】 波源モデル			取水路 防潮ゲート※2	水位上昇						水位下降				
				取水路防潮 ゲート前面	3, 4号炉 循環水ポンプ室	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	
地震に 起因する津波	大陸棚外縁～B～野坂断層		閉	②5.3	0.9	0.9	0.9	1.3	2.1	2.1	—	—	—	
	日本海東縁部の波源		閉	—	—	—	—	—	—	—	-0.8	-0.7	-1.0	
地震以外に 起因する津波	海底地すべり	エリアA	Watts他の予測式	閉	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.3	-0.3	-0.3	
			Kinematicモデルによる方法	閉	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.6	1.8	-0.8	-0.8	-0.8
		エリアB	Watts他の予測式	閉	2.0	0.8	0.8	0.8	1.0	1.9	2.1	-0.7	-0.7	-0.8
			Kinematicモデルによる方法	閉	4.1	1.2	1.1	④1.1	1.3	②3.7	②4.0	④-1.1	④-1.0	-1.1
		エリアC	Watts他の予測式	閉	2.4	0.8	0.7	0.7	1.1	1.1	1.3	-0.5	-0.5	-0.8
			Kinematicモデルによる方法	閉	3.3	1.1	1.1	④1.1	1.2	②3.7	③3.9	-0.9	-0.9	④-1.2
行政機関の 波源モデルを 用いた津波	福井県モデル（若狭海丘列付近断層）		閉	③4.5	1.1	1.1	④1.1	1.4	④3.6	④3.8	-0.8	-0.8	-1.0	
	秋田県モデル（日本海東縁部の断層）		閉	④4.4	③1.7	③1.7	③1.7	③1.7	2.9	3.0	③-1.4	③-1.4	③-1.6	
	若狭海丘列付近断層	大すべり中央	閉	3.6	0.7	0.7	0.7	1.2	2.1	2.1	—	—	—	
		大すべり隣接LRR	閉	3.6	0.7	0.7	0.7	1.2	1.9	1.9	—	—	—	
大すべり隣接LLR		閉	3.7	0.7	0.7	0.7	1.2	1.9	2.0	—	—	—		
基準津波 1 福井県モデル（若狭海丘列付近断層）と 海底地すべり(エリアB, Kinematic)の組み合わせ（78秒ずれ）			閉	①5.5	④1.3	④1.2	④1.1	③1.7	①5.3	①6.2	—	—	—	

【取水路防潮ゲート「開」のケース】 波源モデル			取水路 防潮ゲート※2	水位上昇						水位下降				
				取水路防潮 ゲート前面	3, 4号炉 循環水ポンプ室	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	
地震に 起因する津波	FO-A～FO-B～熊川断層		開	2.0	②2.1	②1.9	②1.9	①2.5	2.7	2.8	①-1.9※3	①-1.8※3	①-2.0※3	
地震以外に 起因する津波	陸上地すべり	No.1, 2,3	Watts他による方法	開	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	-0.1	-0.1	-0.1
			運動学的手法	開	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	2.1	2.1	-0.3	-0.3	-0.4
		No.10	Watts他による方法	開	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	-0.1	-0.1	-0.1
			運動学的手法	開	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.5	1.4	-0.1	-0.1	-0.1
		No.14	Watts他による方法	開	1.0	1.1	0.9	1.0	1.0	0.6	0.6	-0.3	-0.4	-0.4
			運動学的手法	開	1.1	1.2	1.0	1.0	1.0	0.6	0.7	-0.3	-0.4	-0.4
基準津波 2 FO-A～FO-B～熊川断層と 陸上地すべり(No.14)の組み合わせ（54秒ずれ）			開	2.2	①2.5	①2.2	①2.2	①2.5	2.7	2.7	②-1.8※3	①-1.8※3	①-2.0※3	

※1：警報が発表されない前提の計算条件による評価 ※2：閉：取水路防潮ゲート天端TP+8.5mで全閉、開：両系列のゲートが開いた状態（TP±0～+8.5mはカーテンウォールあり） ※3：地盤変動量0.23m隆起

- 既許可モデルによる津波水位計算結果から、基準津波に比較的近い値になっているものとして各評価点における水位が全体の2～4位の波源を確認した。
- その結果、水位が2～4位の波源として、「大陸棚外縁～B～野坂断層」、「FO-A～FO-B～熊川断層」、「エリアB（Kinematicモデル）」、「エリアC（Kinematicモデル）」、「福井県モデル（若狭海丘列付近断層）」、「秋田県モデル（日本海東縁部の断層）」を抽出した。

【評価条件、モデルの妥当性（3／4）】

●既許可モデルによる計算結果

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値

【取水路防潮ゲート「閉」のケース】 波源モデル		取水路 防潮 ゲート※1	水位上昇						水位下降				
			取水路防潮 ゲート前面	3, 4号炉 循環水ポンプ室	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	
地震に 起因する津波	大陸棚外縁～B～野坂断層	閉	5.3	0.9	0.9	0.9	1.3	2.1	2.1	-	-	-	
地震以外に 起因する津波	海底地すべり	エリアB Kinematicモデルによる方法	閉	4.1	1.2	1.1	1.1	1.3	3.7	4.0	-1.1	-1.0	-1.1
		エリアC Kinematicモデルによる方法	閉	3.3	1.1	1.1	1.1	1.2	3.7	3.9	-0.9	-0.9	-1.2
行政機関の 波源モデルを 用いた津波	福井県モデル（若狭海丘列付近断層）	閉	4.5	1.1	1.1	1.1	1.4	3.6	3.8	-0.8	-0.8	-1.0	
	秋田県モデル（日本海東縁部の断層）	閉	4.4	1.7	1.7	1.7	1.7	2.9	3.0	-1.4	-1.4	-1.6	
基準津波1 福井県モデル（若狭海丘列付近断層）と 海底地すべり(エリアB, Kinematic)の組み合わせ（78秒ずれ）		閉	5.5	1.3	1.2	1.1	1.7	5.3	6.2	-	-	-	

【取水路防潮ゲート「開」のケース】 波源モデル		取水路 防潮 ゲート※1	水位上昇						水位下降			
			取水路防潮 ゲート前面	3, 4号炉 循環水ポンプ室	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室
地震に 起因する津波	FO-A～FO-B～熊川断層	開	2.0	2.1	1.9	1.9	2.5	2.7	2.8	-1.9※2	-1.8※2	-2.0※2
基準津波2 FO-A～FO-B～熊川断層と 陸上地すべり(No.14)の組み合わせ（54秒ずれ）		開	2.2	2.5	2.2	2.2	2.5	2.7	2.7	-1.8※2	-1.8※2	-2.0※2

●修正モデルによる計算結果

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値

【取水路防潮ゲート「閉」のケース】 波源モデル		取水路 防潮 ゲート※1	水位上昇						水位下降				
			取水路防潮 ゲート前面	3, 4号炉 循環水ポンプ室	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	
地震に 起因する津波	大陸棚外縁～B～野坂断層	閉	4.5	0.8	0.7	0.7	1.0	2.1	2.1	-	-	-	
地震以外に 起因する津波	海底地すべり	エリアB Kinematicモデルによる方法	閉	3.9	0.9	0.9	0.8	1.0	3.7	4.0	-1.0	-1.0	-1.1
		エリアC Kinematicモデルによる方法	閉	3.2	0.8	0.8	0.8	0.9	3.7	3.9	-0.9	-0.9	-1.0
行政機関の 波源モデルを 用いた津波	福井県モデル（若狭海丘列付近断層）	閉	4.4	0.9	0.9	0.9	1.1	3.6	3.8	-0.8	-0.8	-1.0	
	秋田県モデル（日本海東縁部の断層）	閉	4.4	1.5	1.5	1.5	1.5	2.9	3.0	-1.4	-1.4	-1.6	
基準津波1 福井県モデル（若狭海丘列付近断層）と 海底地すべり(エリアB, Kinematic)の組み合わせ（78秒ずれ）		閉	5.4	0.9	0.9	0.9	1.3	5.3	6.2	-	-	-	

【取水路防潮ゲート「開」のケース】 波源モデル		取水路 防潮 ゲート※1	水位上昇						水位下降			
			取水路防潮 ゲート前面	3, 4号炉 循環水ポンプ室	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉 海水ポンプ室	2号炉 海水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポンプ室
地震に 起因する津波	FO-A～FO-B～熊川断層	開	1.8	2.0	1.8	1.8	2.1	2.7	2.8	-1.7※2	-1.6※2	-1.9※2
基準津波2 FO-A～FO-B～熊川断層と 陸上地すべり(No.14)の組み合わせ（54秒ずれ）		開	2.1	2.3	2.0	2.0	2.2	2.7	2.7	-1.6※2	-1.6※2	-1.9※2

※1：閉：取水路防潮ゲート天端TP+8.5mで全閉、開：両系列のゲートが開いた状態（TP±0～+8.5mはカーテンウォールあり） ※2：地盤変動量0.23m隆起

- 既許可モデル及び修正モデルによる計算結果の比較では、各評価点において最高水位・最低水位となる波源は同じであった。したがって、モデルの差異は基準津波の選定には影響しない。
- ただし、モデルによって水位評価結果に差異が生じることから、修正モデルの影響については入力津波の検討において考慮する。

【評価条件、モデルの妥当性（4 / 4）】

●既許可モデルによる計算結果

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値

波源モデル				取水路防 潮ゲート※2	水位上昇							水位下降		
					取水路防 潮ゲート前 面	3, 4号炉 循環水ポン プ室	1号炉海 水ポンプ室	2号炉海 水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポン プ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉海 水ポン プ室	2号炉海 水ポン プ室	3, 4号炉 海水ポン プ室
海底地すべり	エリアA	Watts他の予測式		開	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.5	-0.6	-1.1
		Kinematicモデルによる方法		開	2.0	2.3	2.1	2.2	2.6	1.6	1.8	-1.2	-1.4	-2.2
	エリアB	Watts他の予測式		開	2.2	2.5	2.3	2.4	2.5	1.9	2.1	-1.4	-1.5	-2.1
		Kinematicモデルによる方法	基準津波 3	開	3.6	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7	4.0	-3.6	-3.7	-3.7
	エリアC	Watts他の予測式		開	1.4	1.8	1.4	1.6	1.8	1.1	1.4	-1.3	-1.4	-2.2
		Kinematicモデルによる方法	基準津波 4	開	3.2	3.7	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	-2.4	-2.5	-2.8

●修正モデルによる計算結果

数字はT.P.(m)、赤字は各評価点の最大値

波源モデル				取水路防 潮ゲート※2	水位上昇							水位下降		
					取水路防 潮ゲート前 面	3, 4号炉 循環水ポン プ室	1号炉海 水ポンプ室	2号炉海 水ポンプ室	3, 4号炉 海水ポン プ室	放水口 前面	放水路 (奥)	1号炉海 水ポン プ室	2号炉海 水ポン プ室	3, 4号炉 海水ポン プ室
海底地すべり	エリアA	Watts他の予測式		開	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	-1.0	-1.1	-1.7
		Kinematicモデルによる方法		開	1.9	2.2	1.9	2.0	2.3	1.6	1.8	-1.6	-1.7	-2.4
	エリアB	Watts他の予測式		開	2.0	2.3	2.1	2.2	2.3	1.9	2.2	-1.7	-1.8	-2.5
		Kinematicモデルによる方法	基準津波 3	開	3.4	3.7	3.2	3.3	3.8	3.7	4.0	-3.3	-3.4	-3.5
	エリアC	Watts他の予測式		開	1.3	1.6	1.3	1.4	1.7	1.1	1.4	-1.5	-1.6	-2.2
		Kinematicモデルによる方法	基準津波 4	開	2.9	3.3	2.8	3.0	3.4	3.7	3.9	-2.2	-2.3	-3.1

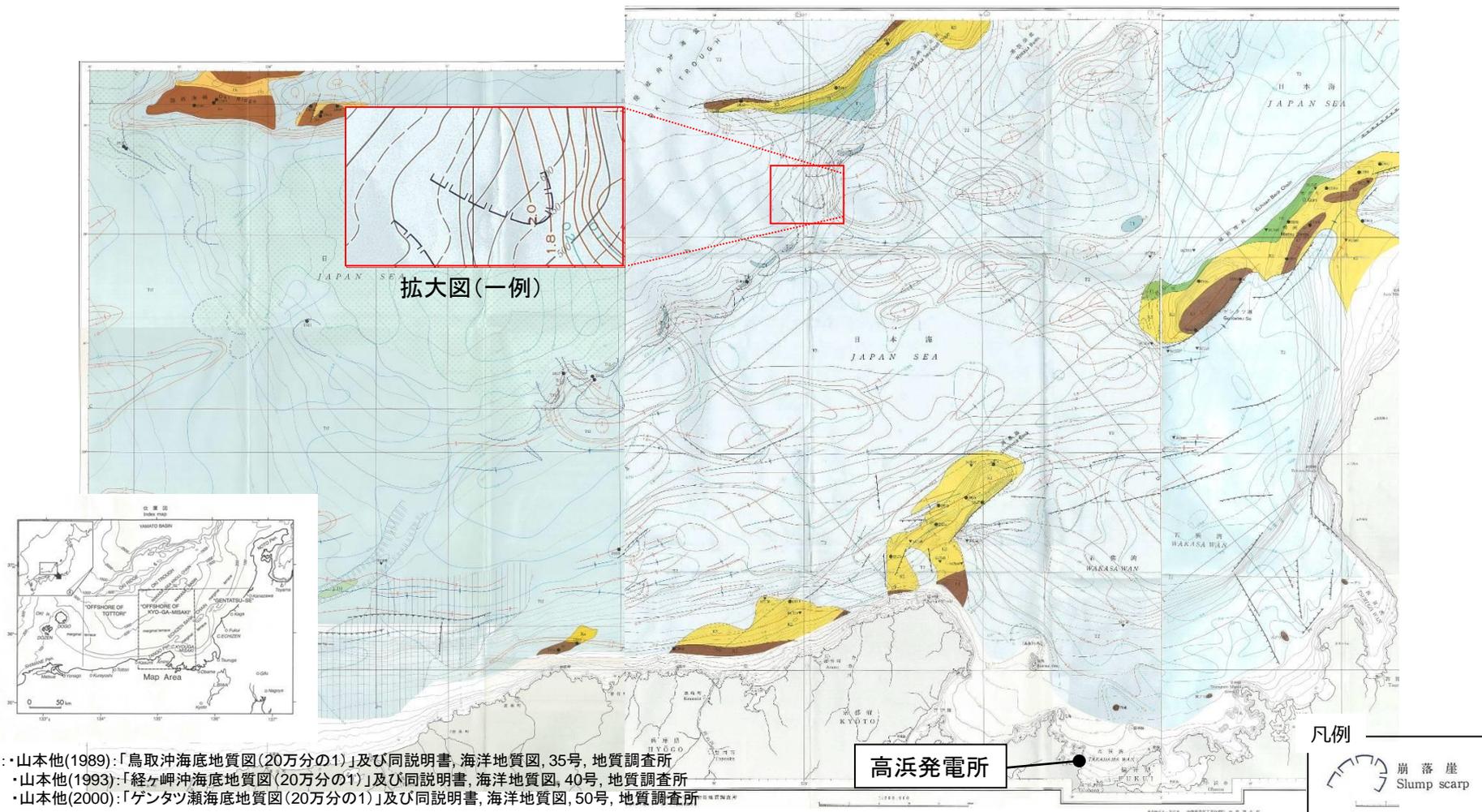
※1：閉：取水路防潮ゲート天端TP+8.5mで全閉、開：両系列のゲートが開いた状態（TP±0～+8.5mはカーテンウォールあり）

- 既許可モデル及び修正モデルによる計算結果の比較では、各評価点において基準津波 3, 4 を超える波源はなかった。したがって、モデルの差異は基準津波 3, 4 の選定には影響しない。
- ただし、モデルによって水位評価結果に差異が生じることから、修正モデルの影響については入力津波の検討において考慮する。

海底地すべり地形の評価

若狭湾周辺海域の文献調査結果(海底地質図)

第314回審査会合
資料1-4-2 P64 再掲

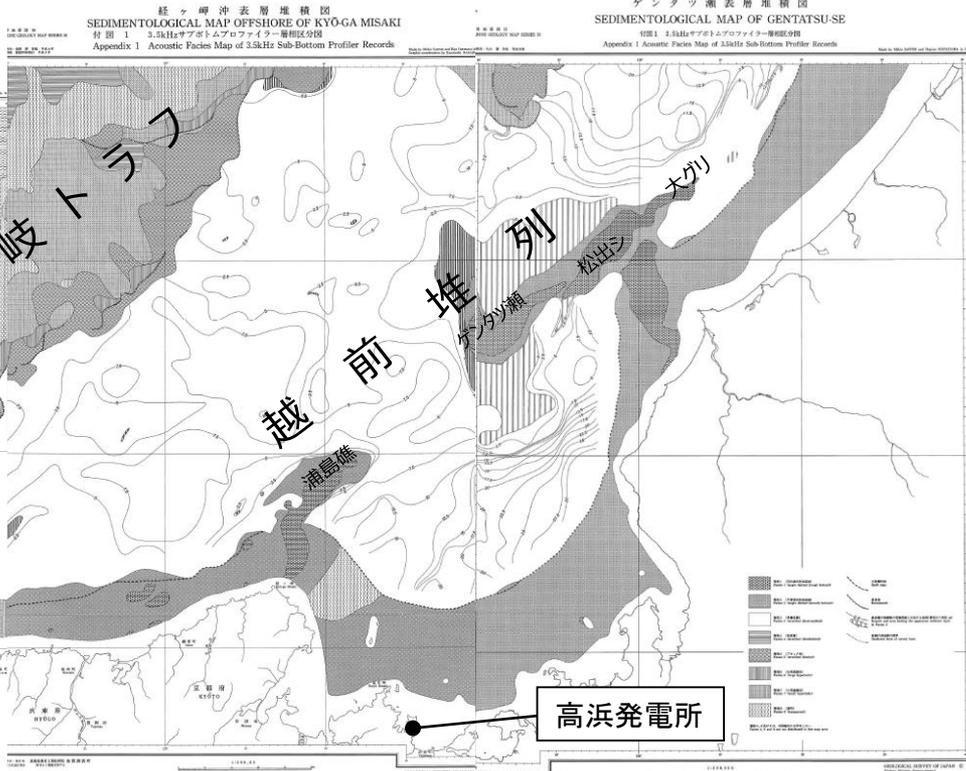
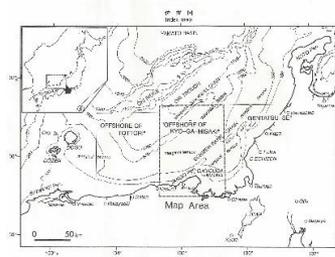


※ ・山本他(1989):「鳥取沖海底地質図(20万分の1)」及び同説明書, 海洋地質図, 35号, 地質調査所
・山本他(1993):「経ヶ岬沖海底地質図(20万分の1)」及び同説明書, 海洋地質図, 40号, 地質調査所
・山本他(2000):「ゲンタツ瀬海底地質図(20万分の1)」及び同説明書, 海洋地質図, 50号, 地質調査所

- 旧地質調査所(現(独)産業技術総合研究所・地質調査総合センター)が作成した海底地質図※では、隠岐トラフ付近に広範囲に海底地すべり跡と考えられる地形(崩落崖)が示されている。
- その他の海域には、海底地すべりを示唆するような崩落崖等は図示されていない。

若狭湾周辺海域の文献調査結果（表層堆積図）

第314回審査会合
資料1-4-2 P65 再掲



※凡例は次ページに掲載

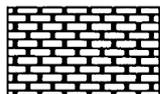
池原ほか(1990)：「鳥取沖表層堆積図（20万分の1）」、海洋地質図、地質調査所
片山ほか(2000)：「ゲンタツ瀬表層堆積図（20万分の1）」、海洋地質図、地質調査所
佐藤ほか(1993)：「経ヶ岬沖表層堆積図（20万分の1）」、海洋地質図、地質調査所

- 表層堆積図によると、隠岐トラフ周辺には海底地すべりを示唆する層相（層相5、6及び7）が図示されている。
- その他の海域には、海底地すべりを示唆する層相は図示されていない。

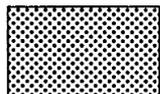
層相区分の考え方

第314回審査会合
資料1-4-2 P66 再掲

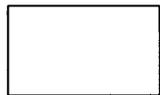
【層相の凡例】



層相 1 (凹凸強反射海底面)
Facies 1 <single distinct (rough bottom)>



層相 2 (平滑強反射海底面)
Facies 2 <single distinct (smooth bottom)>



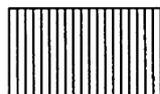
層相 3 (厚層成層)
Facies 3 <stratified (thick-bedded)>



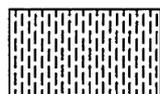
層相 4 (密成層)
Facies 4 <stratified (thin-bedded)>



層相 5 (ブロック状)
Facies 5 <stratified (blocky)>



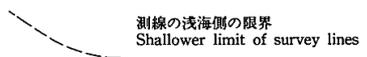
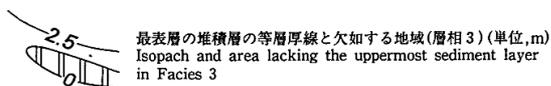
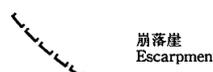
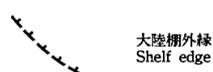
層相 6 (大双曲線状)
Facies 6 <large hyperbolic>



層相 7 (小双曲線状)
Facies 7 <small hyperbolic>



層相 8 (透明)
Facies 8 <transparent>



層相 4, 6 及び 8 は、本図幅内には分布しない
Facies 4, 6 and 8 are not distributed in this map area

【層相の区分詳細および特徴】 (池原他(1990)※から抜粋)

Table 1. Classification and characteristics of eight acoustic facies.

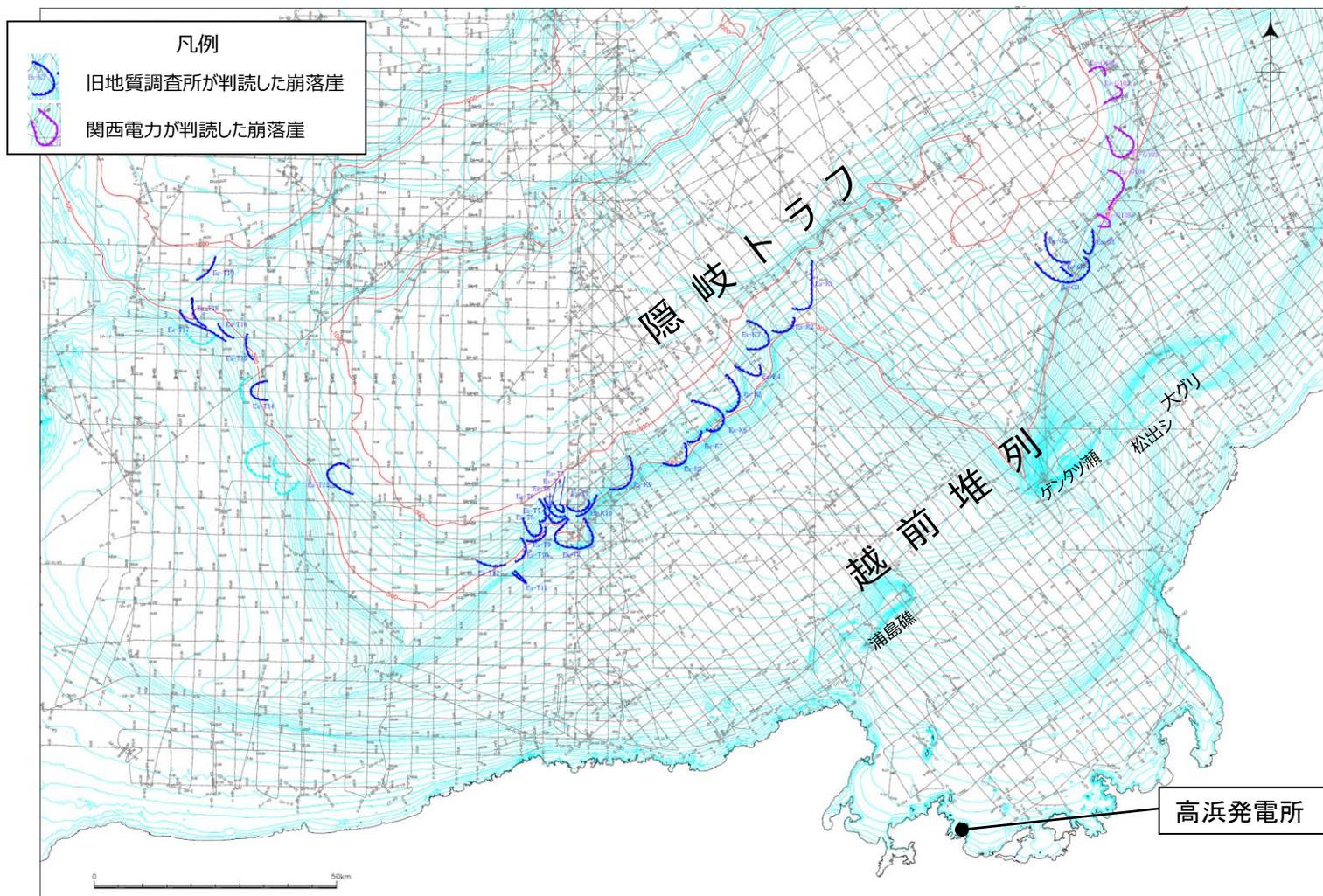
* See text for description.

FACIES	ACOUSTIC CHARACTERS (combination of sea floor and internal reflector pattern*)	SEDIMENTS	INTERPRETATION	DISTRIBUTION
1 DISTINCT -single & rough	Strong bottom return, no or very poor internal return, rough bottom. (A&III)	Gravelly, rocky	Gravelly or rocky bottom	Oki Ridge N of Dogo
2 DISTINCT -single & smooth	Strong bottom return, no or very poor internal return, smooth bottom. (B&III)	Sandy	Sandy bottom	Oki Ridge Wakasa Sea Knoll Chain
3 STRATIFIED -thick-bedded	Internal reflectors continuous and undeformed, stratified, smooth bottom. (B&I)	Muddy (clayey silt- silty clay) massive	Muddy bottom -hemipelagic	Marginal terrace
4 STRATIFIED -thin-bedded	Internal reflectors continuous and undeformed, finely stratified, smooth bottom. (B&I)	Muddy tephra and/or sand layers interbedded	Muddy bottom -hemipelagic, (turbidite)	Central part of SW Trough most of NE Trough
5 STRATIFIED -blocky	Internal reflectors essentially continuous and undeformed, stratified, basal shear surface reflectors, smooth bottom, stepped topography. (B&I)	Muddy massive	Muddy bottom -slide, (hemipelagic)	Edge of marginal terrace
6 HYPERBOLIC -large	Sea floor reflectors largely hyperbolic or irregular and prolonged, internal reflectors poorly observed. (D&III)	Muddy massive	Muddy bottom -slump	Lower part of slope
7 HYPERBOLIC -small	Sea floor and/or internal reflectors hyperbolic or irregular and prolonged, mounded or lens-shaped, blunt distal termination. (C&I,II)	Muddy occurrence of mud clasts	Muddy bottom -debris flow	SW Trough
8 TRANSPARENT	No or very poor internal reflectors, lens or mounded-shaped or layered. (B&II)	Muddy occurrence of mud clasts massive	Muddy bottom -debris flow, hemipelagic	SW Trough

※: 池原研・佐藤幹夫・山本博文(1990): 高分解能音波探査記録からみた隠岐トラフの堆積作用,
地質学雑誌, 96巻, pp.37-49.

若狭湾周辺海域における海底地形

第314回審査会合
資料1-4-2 P67 再掲



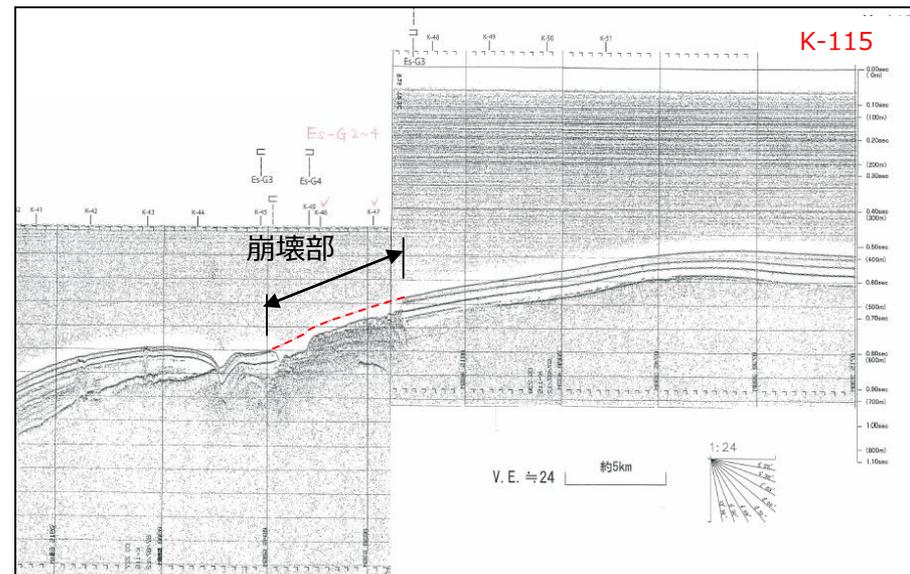
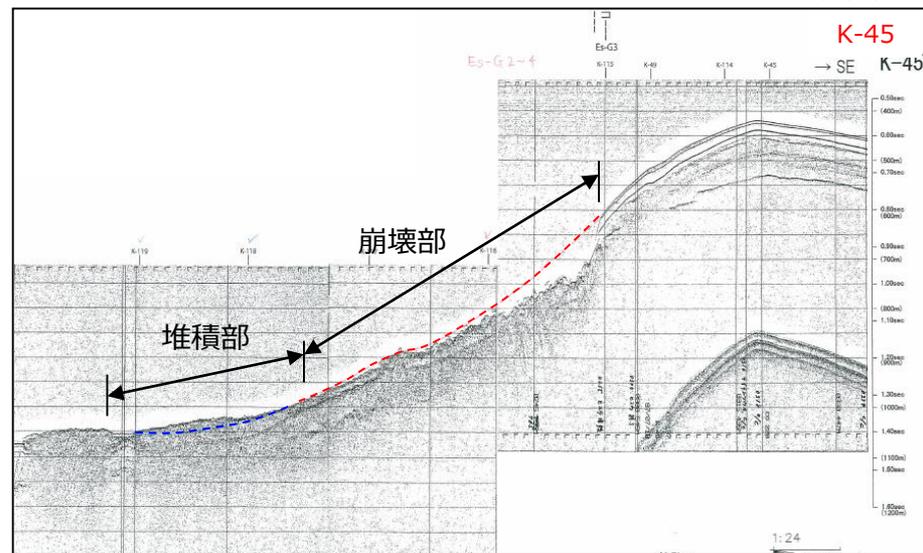
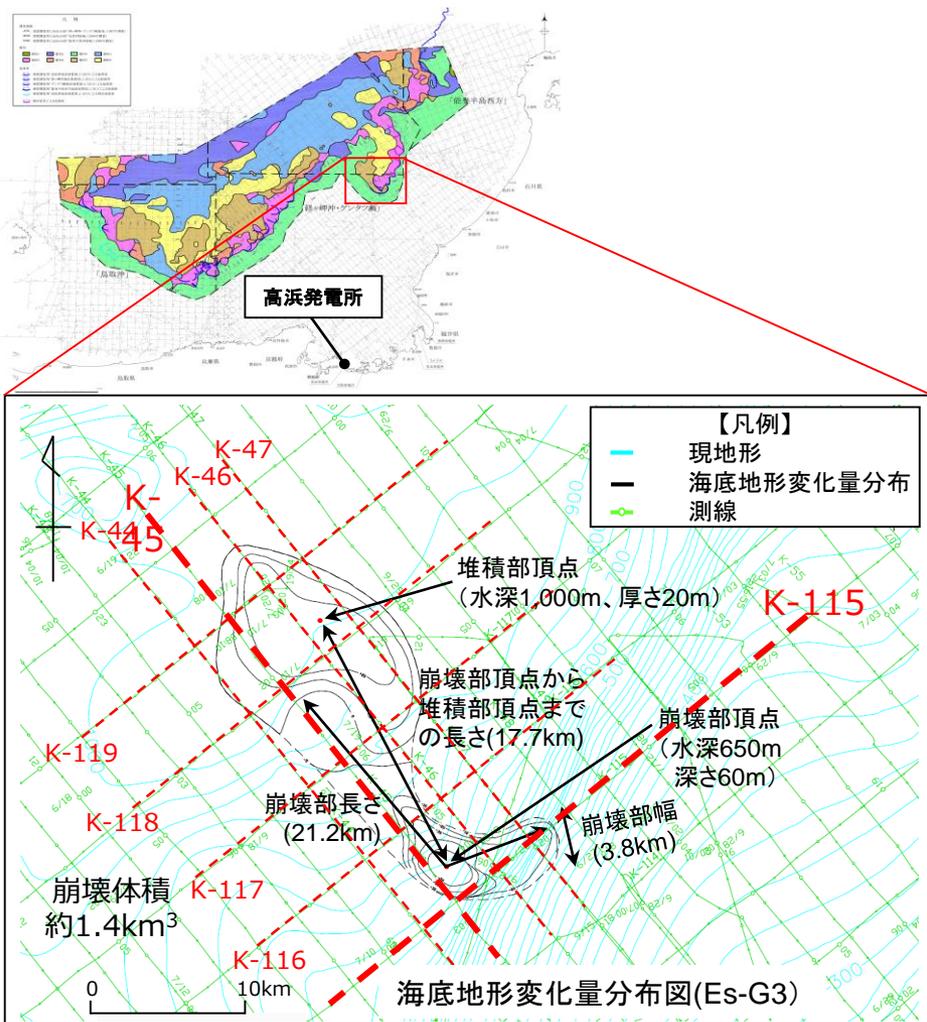
若狭湾周辺海域では、隠岐トラフ周辺に多数の海底地すべり地形が認められるものの、それ以外の海域には海底地すべりが疑われる地形は認められなかった。

第314回審査会合
資料1-4-2 P82 再掲

●海底地すべり地形変化の算出（エリアA Es-G3）

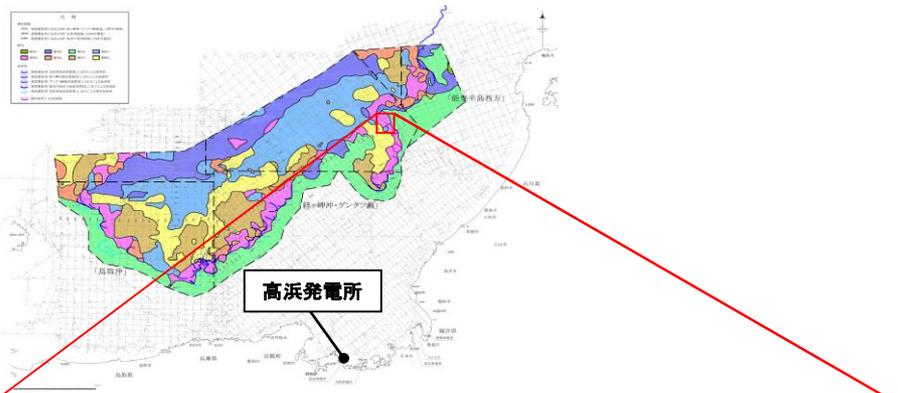
※測線は代表例

地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。

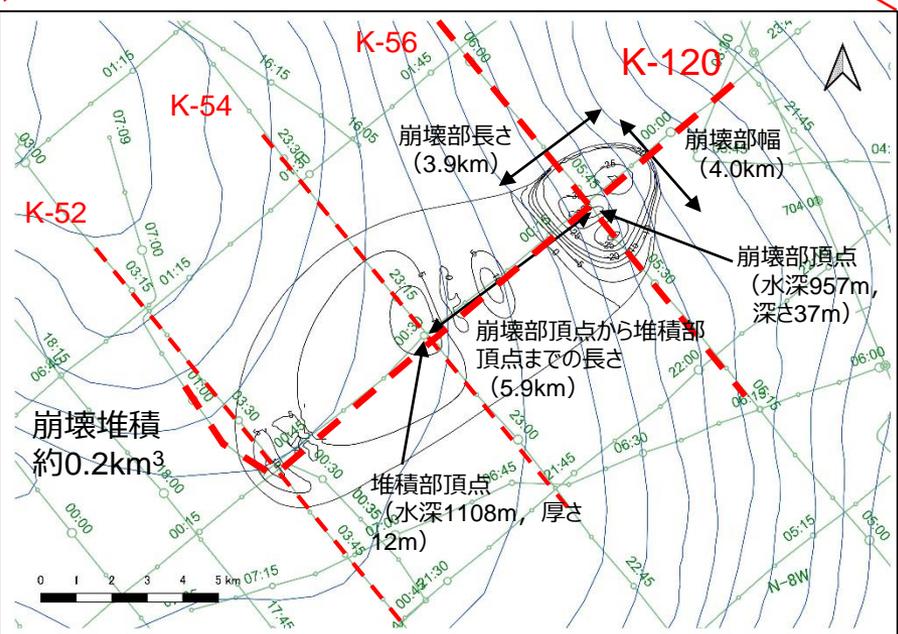
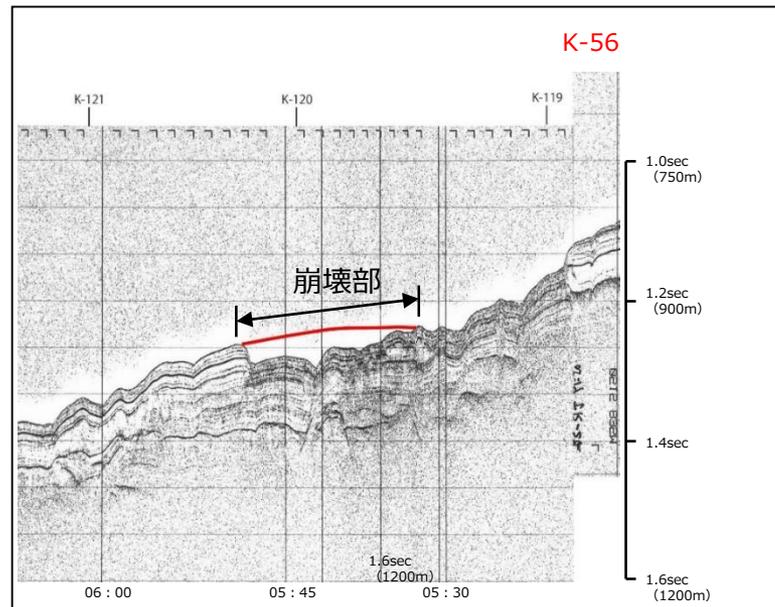
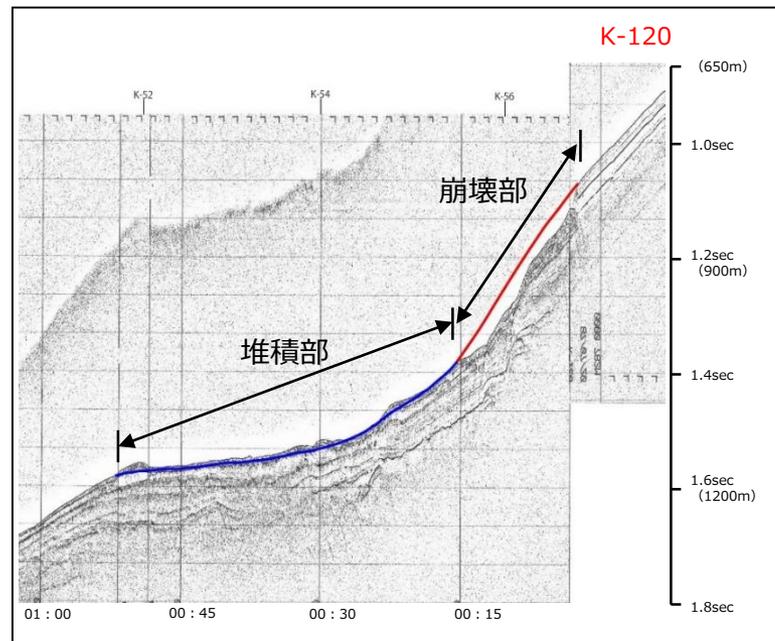


● 海底地すべり地形変化の算出 (エリアA Es-G101)

地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。



※測線は代表例

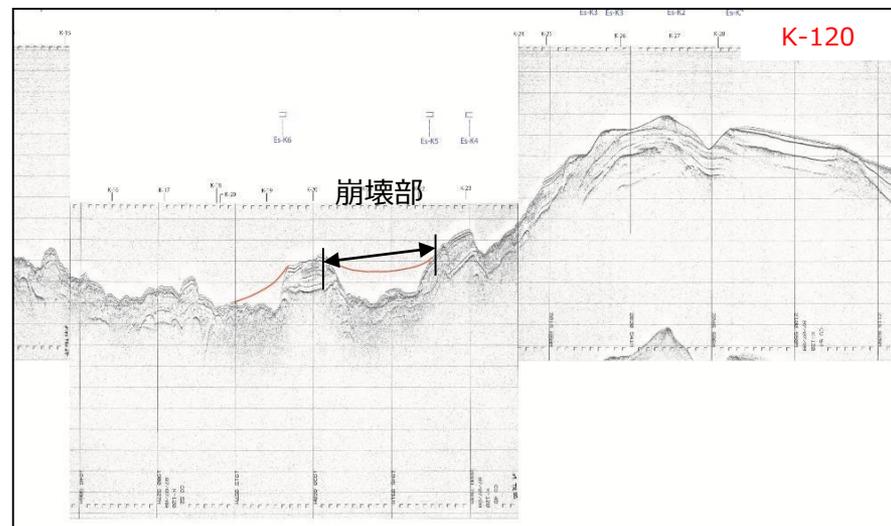
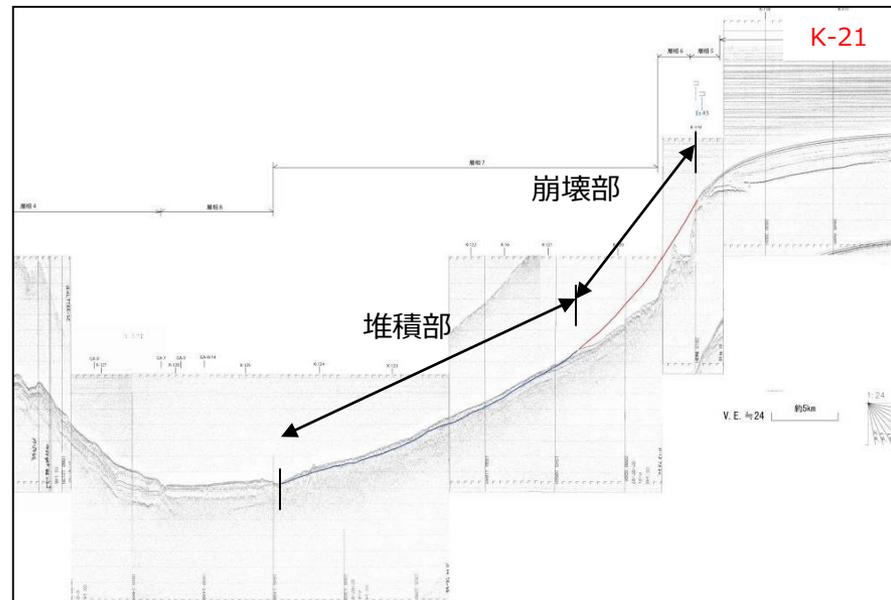
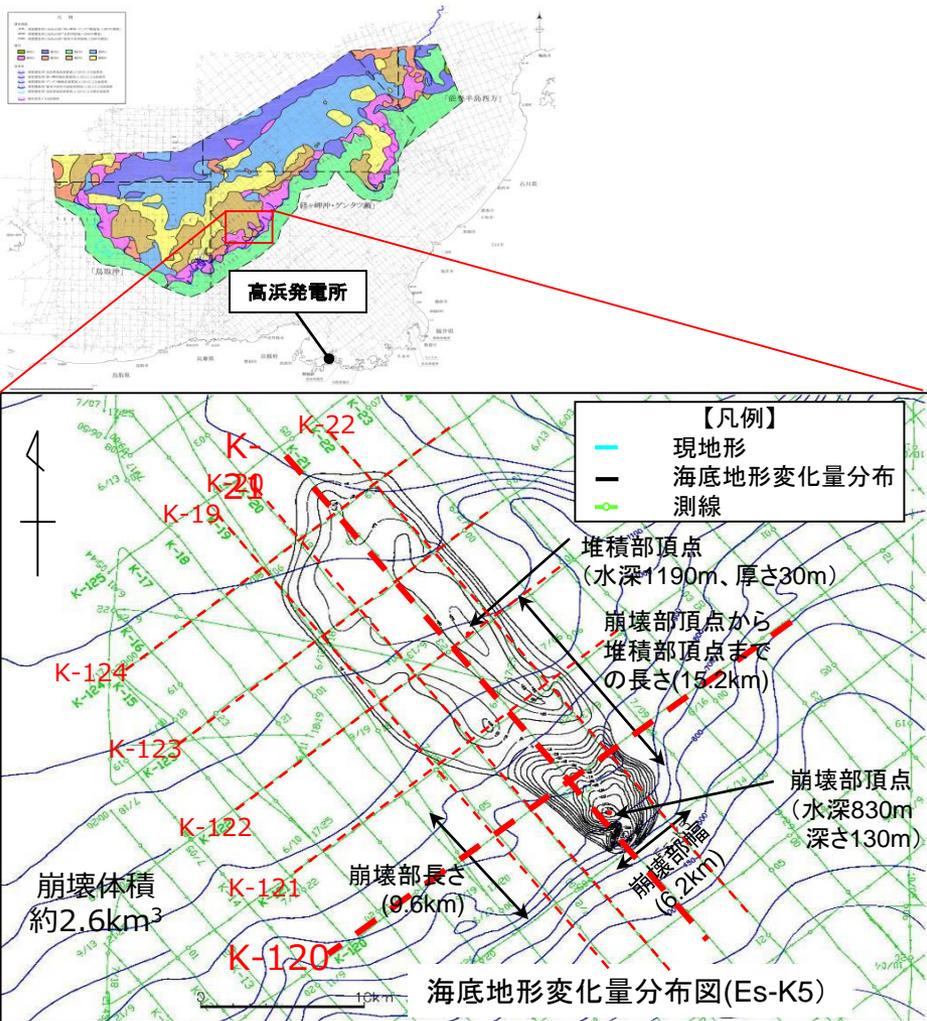


第314回審査会合
資料1-4-2 P83 再掲

※測線は代表例

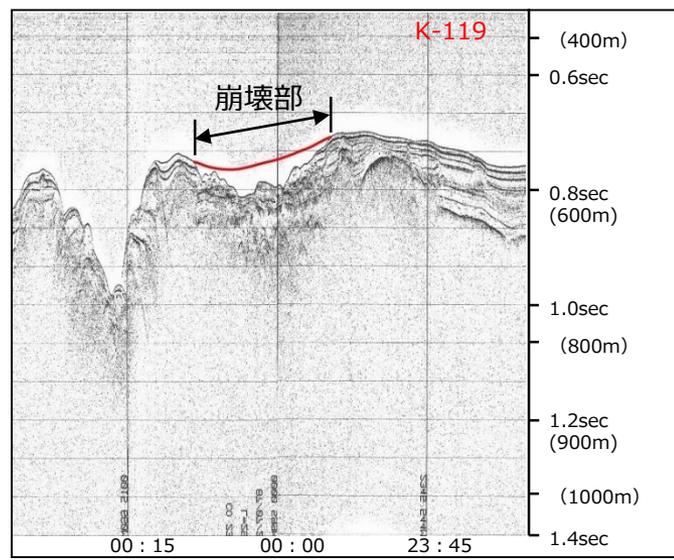
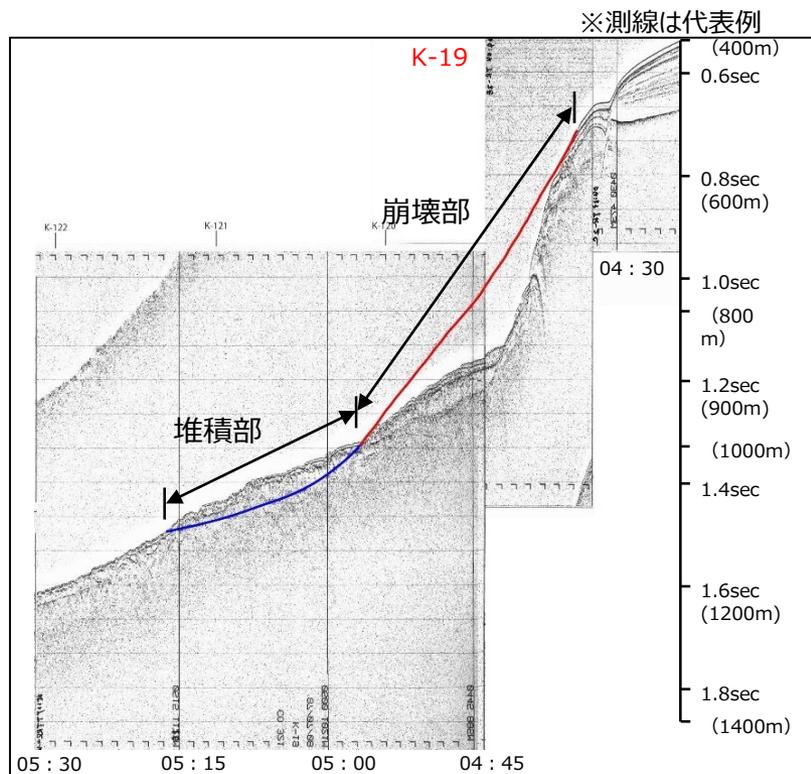
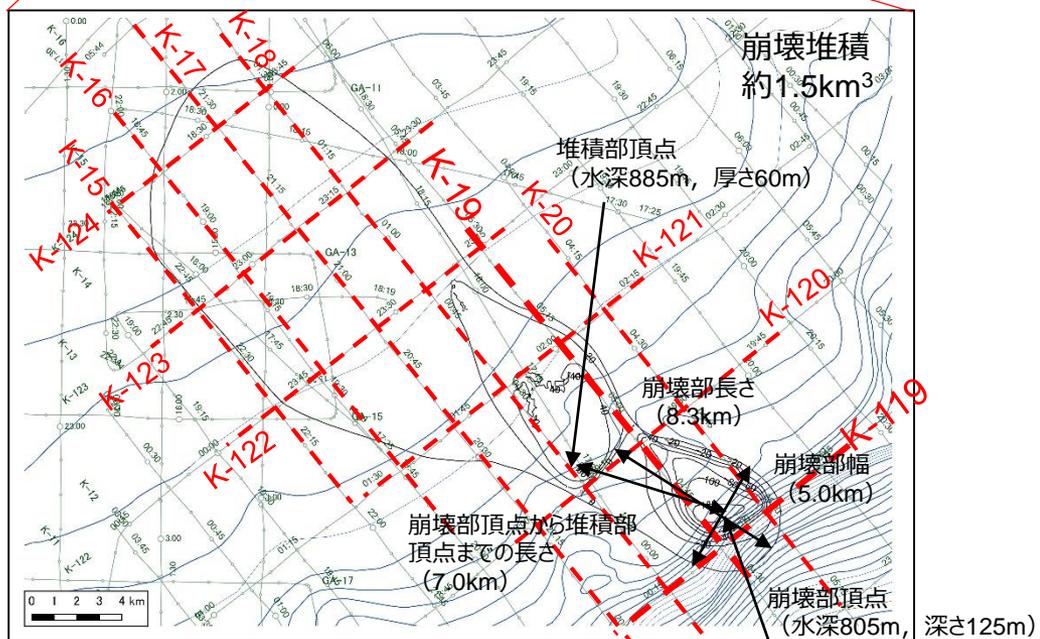
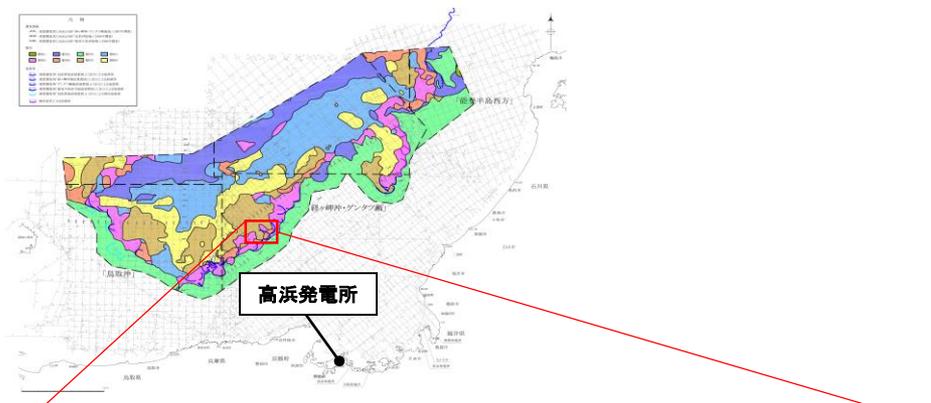
●海底地すべり地形変化の算出 (エリアB Es-K5)

地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。



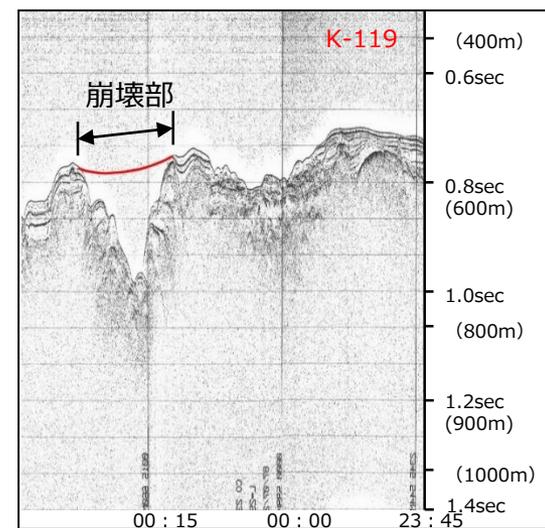
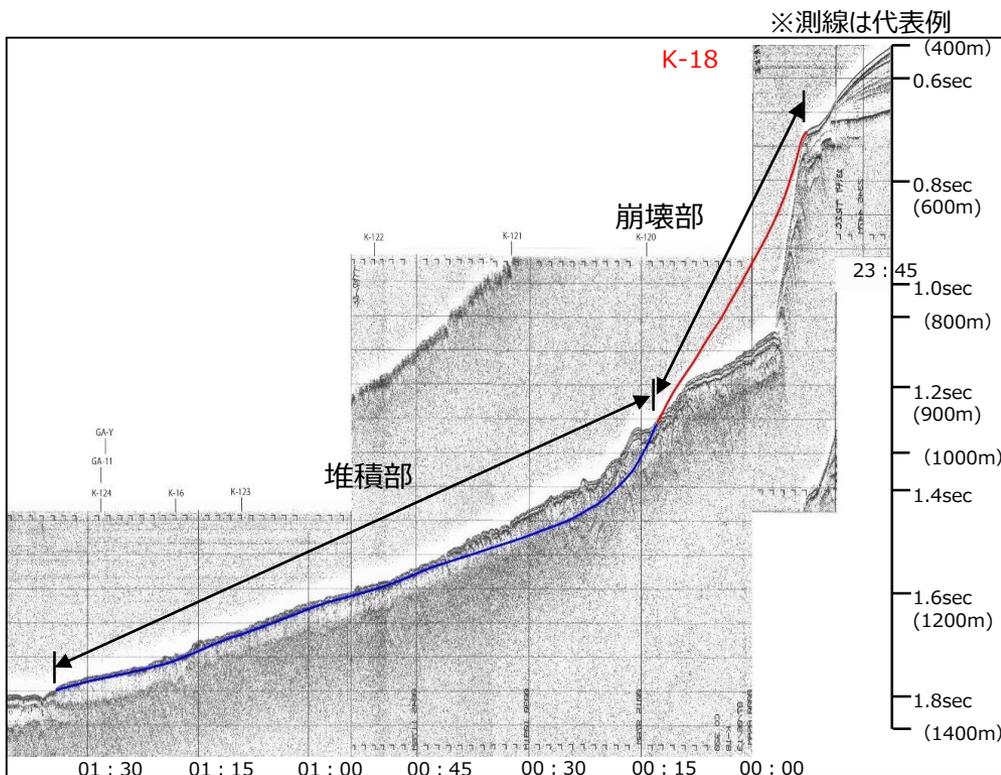
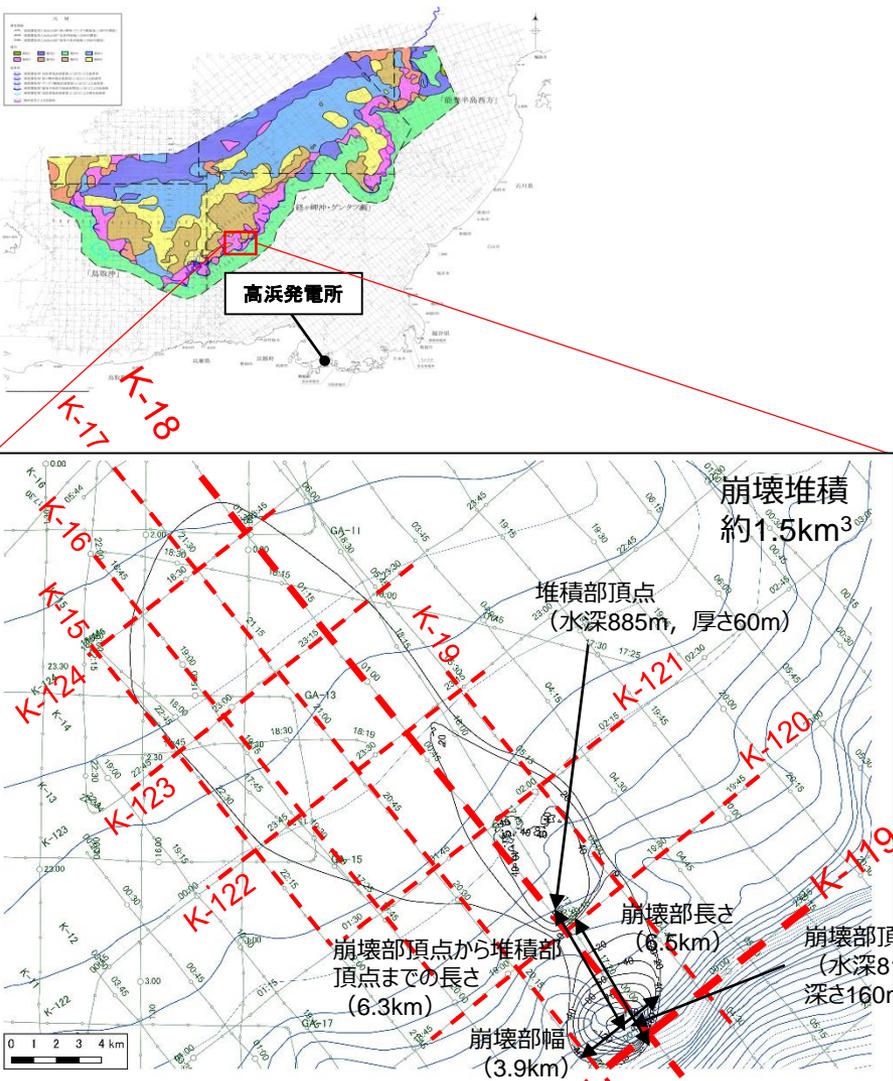
●海底地すべり地形変化の算出 (エリアB Es-K6)

地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。



● 海底地すべり地形変化の算出 (エリア B Es-K7)

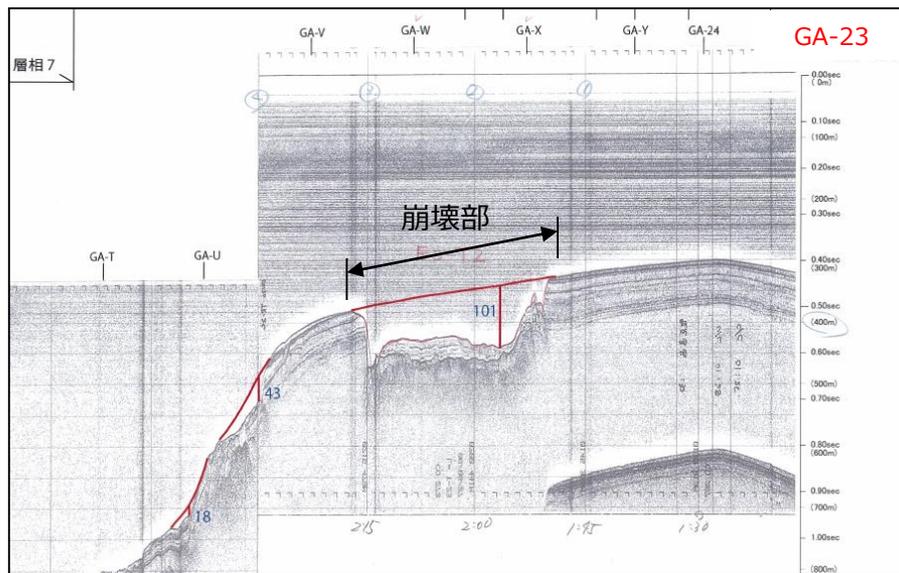
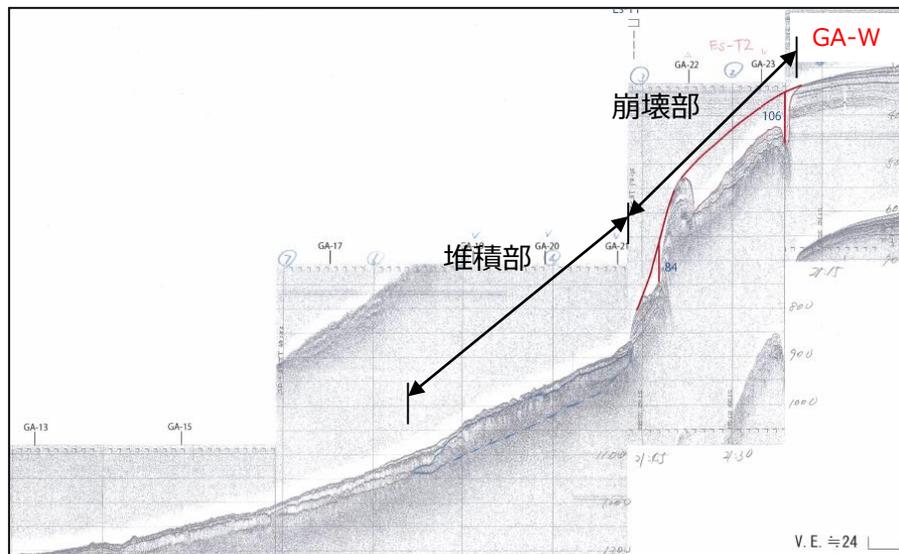
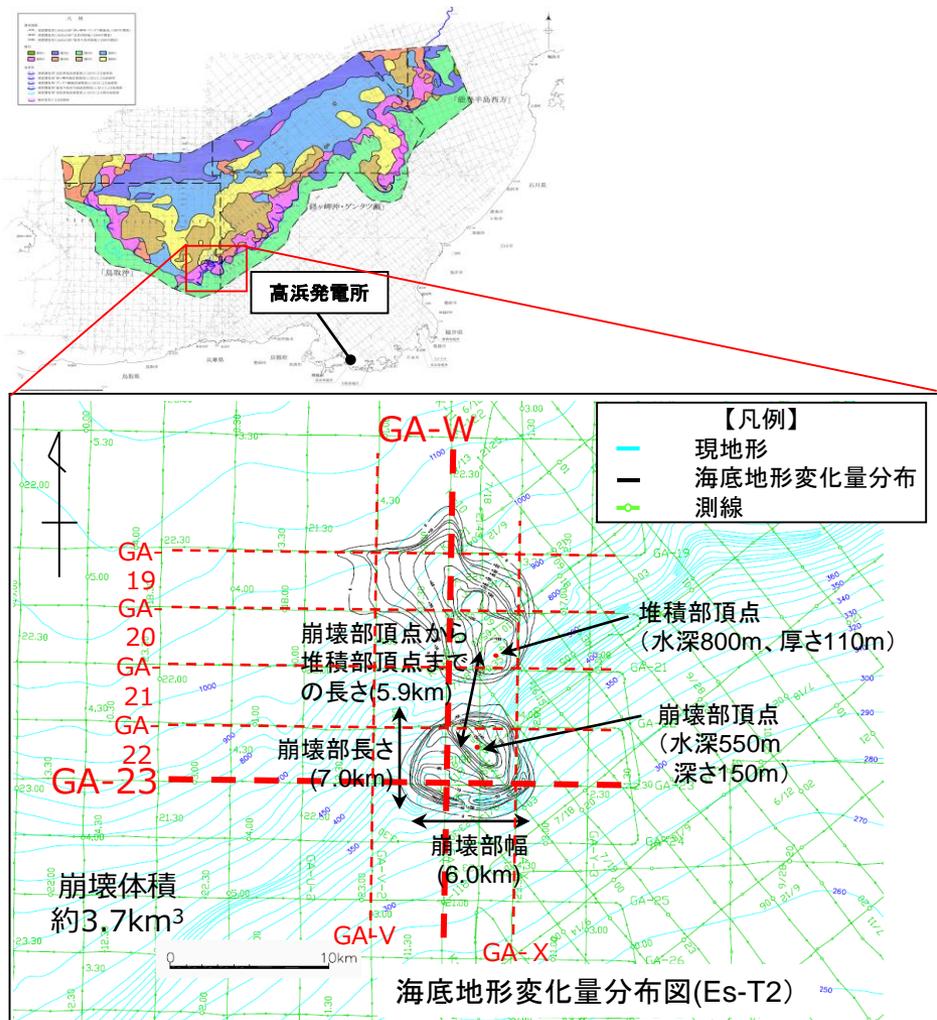
地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。



● 海底地すべり地形変化の算出 (エリアC Es-T2)

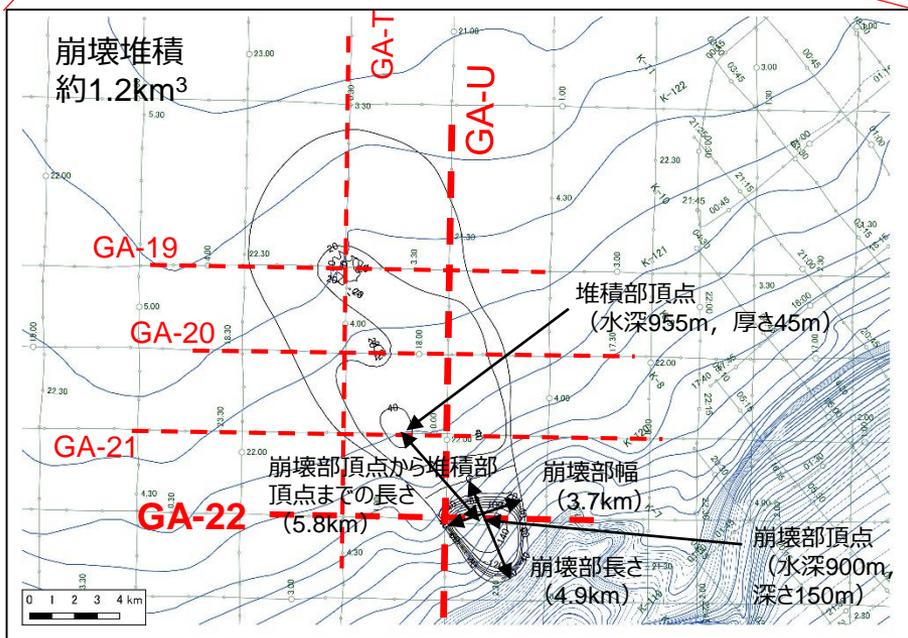
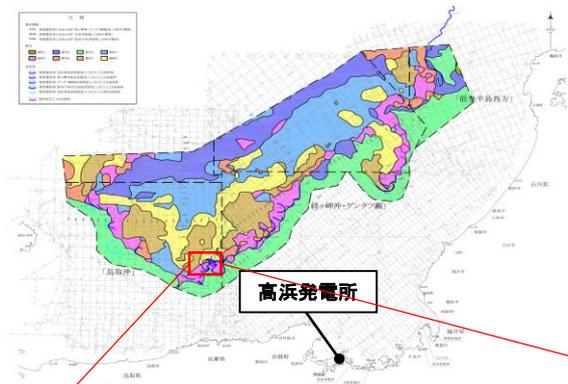
第314回審査会合
資料1-4-2 P84 再掲
※測線は代表例

地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。

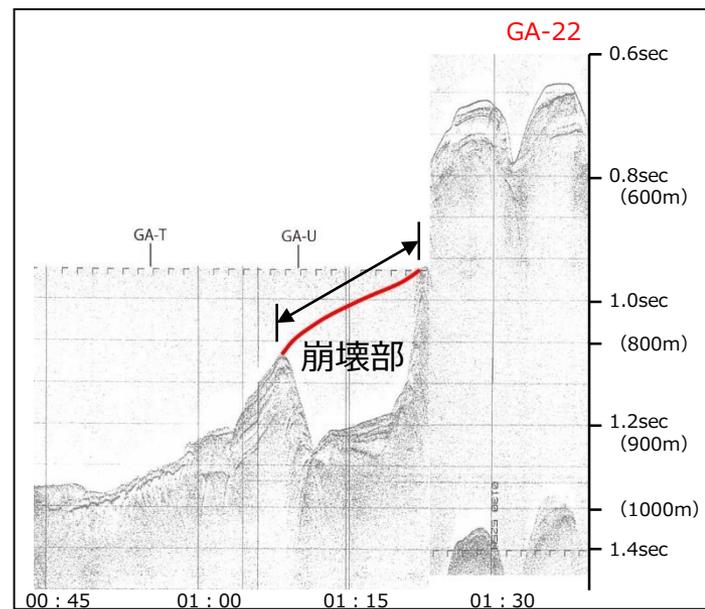
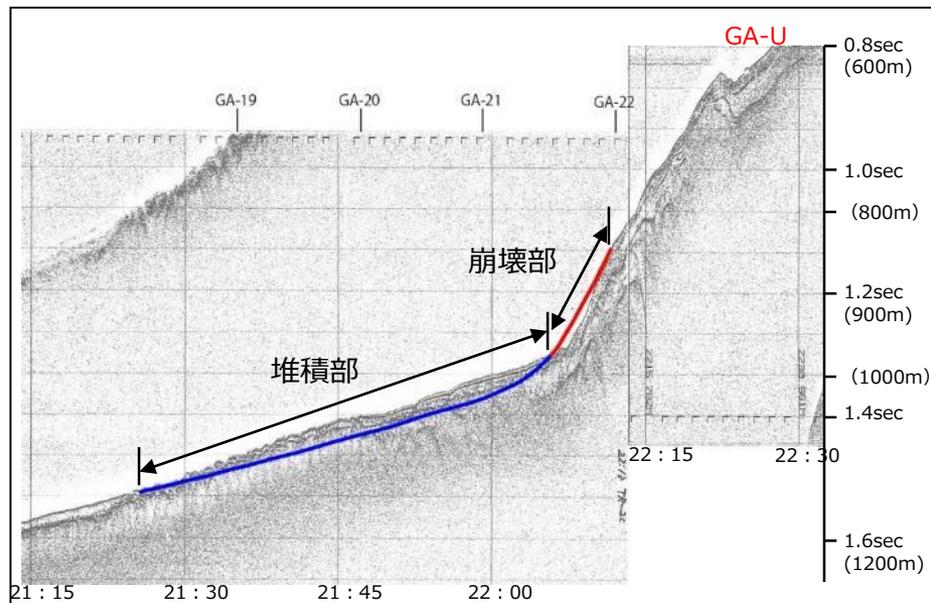


● 海底地すべり地形変化の算出 (エリアC Es-T8)

地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。



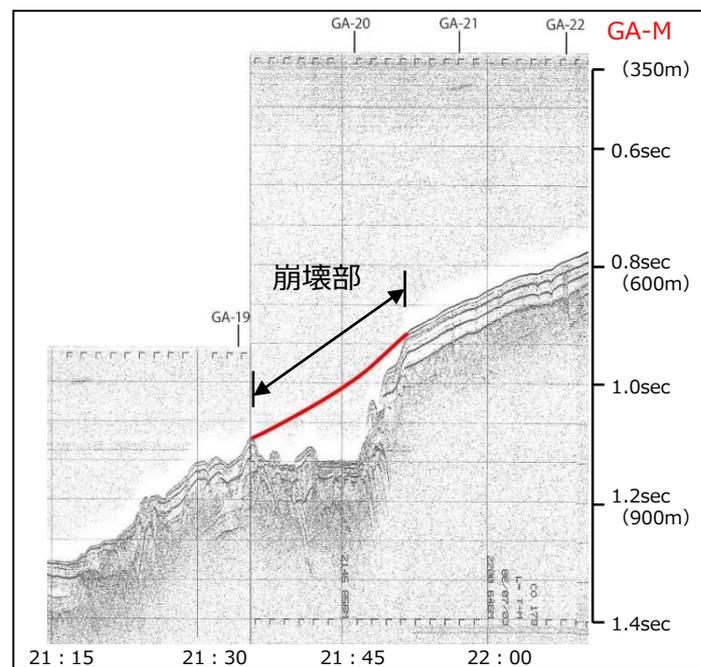
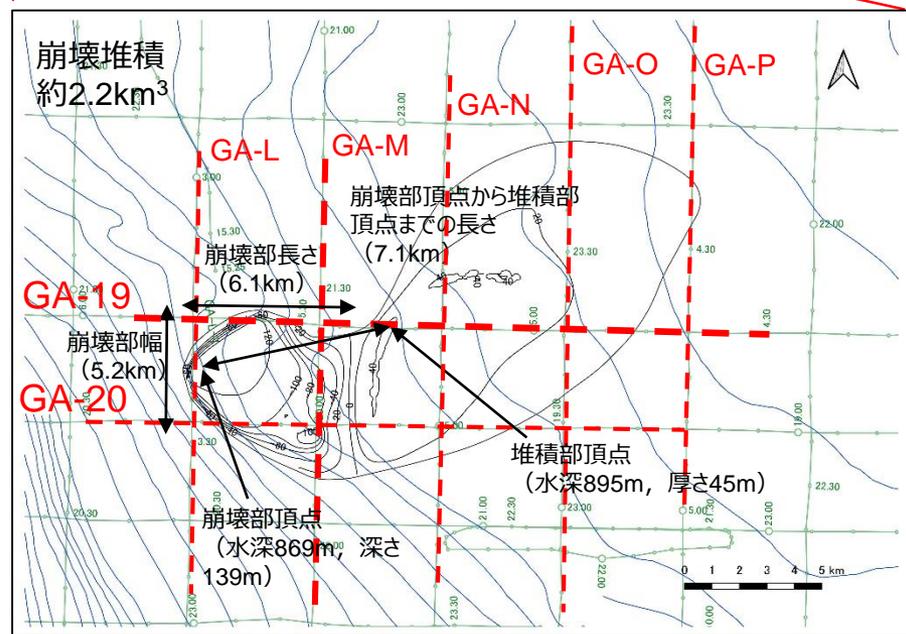
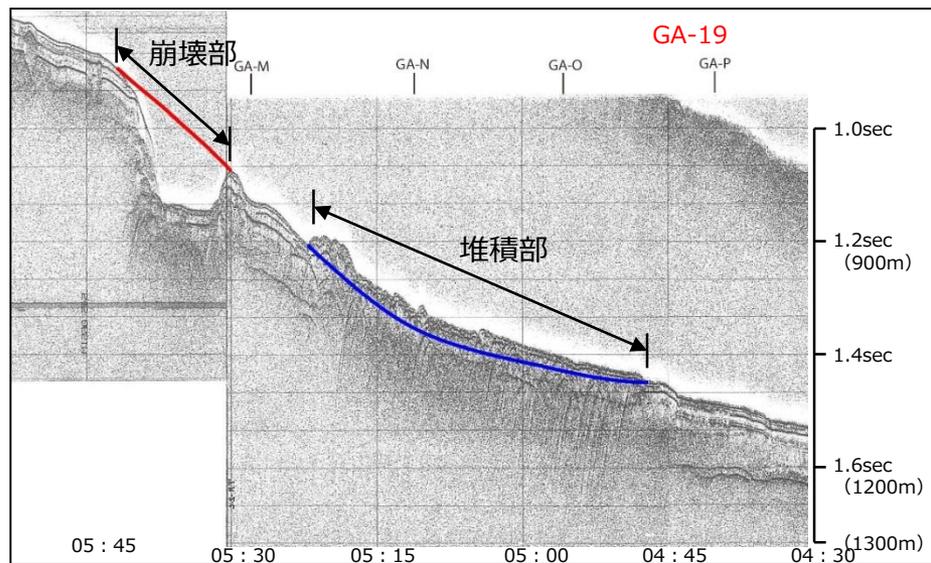
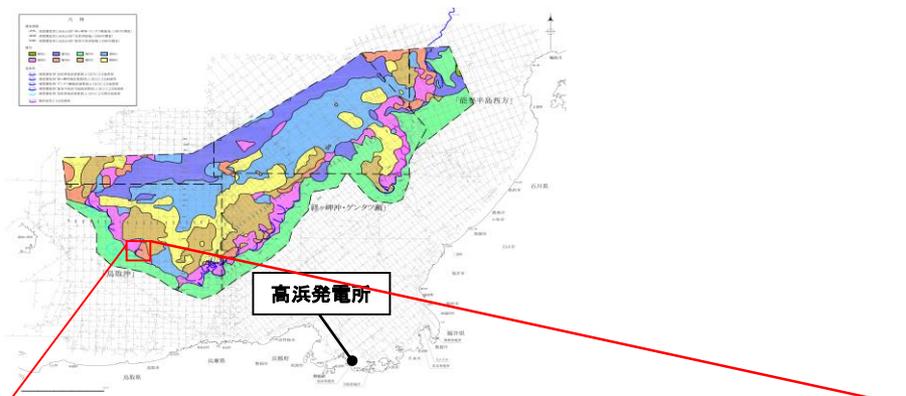
※測線は代表例



●海底地すべり地形変化の算出 (エリアC Es-T13)

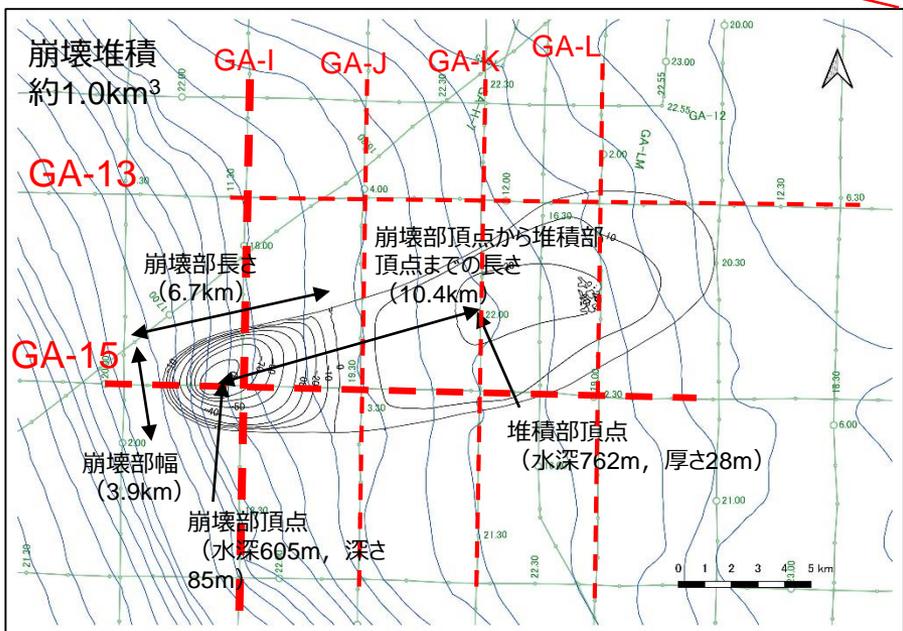
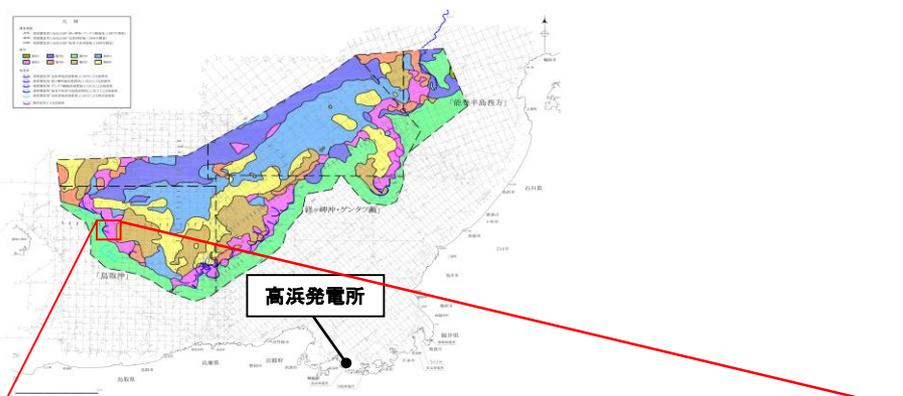
地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。

※測線は代表例

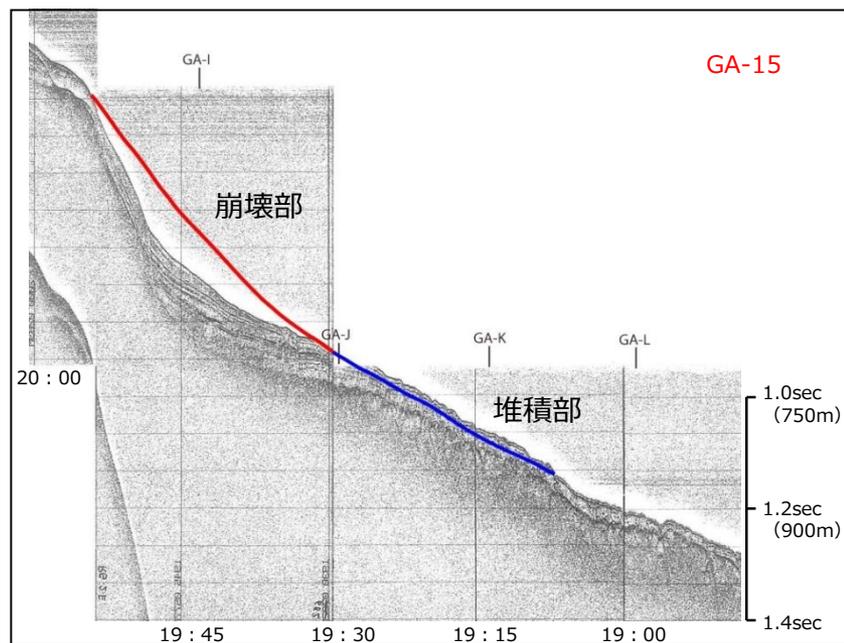
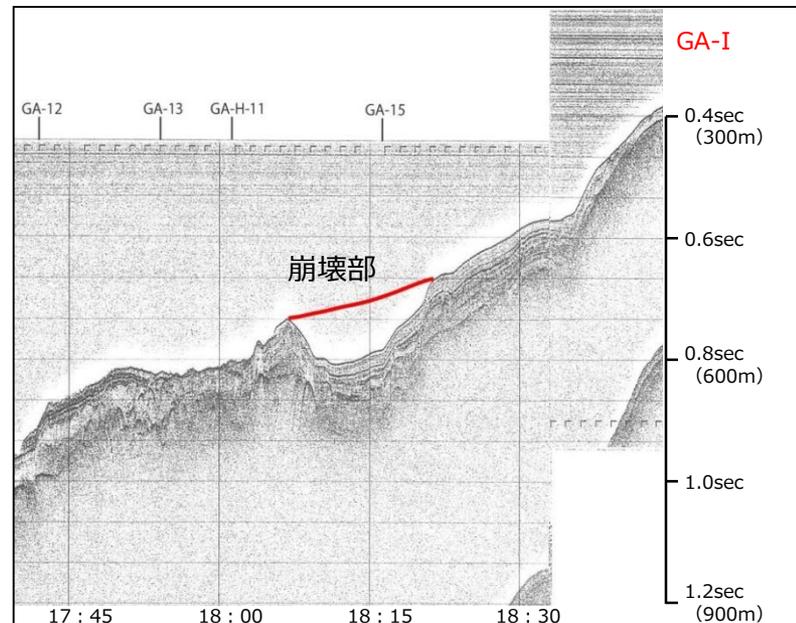


●海底地すべり地形変化の算出 (エリアC Es-T14)

地すべり地形を通る複数の海上音波探査記録から、崩壊部・堆積部の幅、長さ、標高等を判読し、海底地形変化量分布図を作成した。



※測線は代表例



海底地すべりによる津波の計算条件 (Watts他の予測式)

Watts他の予測式（初期水位波形の予測1/2）

Watts et al. (2005)*が提案する初期水位波形の予測式は、次式で表される。

$$\eta(x, y) = -\frac{\eta_{0,3D}}{\eta_{\min}} \operatorname{sech}^2\left(\kappa \frac{y - y_0}{w + \lambda_0}\right) \left(\exp\left\{-\left(\frac{x - x_0}{\lambda_0}\right)^2\right\} - \kappa' \exp\left\{-\left(\frac{x - \Delta x - x_0}{\lambda_0}\right)^2\right\} \right)$$

$$\eta_{0,3D} = \eta_{0,2D} \left(\frac{w}{w + \lambda_0} \right)$$

ここで、 $\eta_{0,3D}$ ：現象が3次元的な場合の最大水位低下、 w ：地すべり塊の幅、 η_{\min} ：振幅を除く第1式右辺の最小値、 κ, κ' ：形状パラメータ（ただし、 $\kappa = 3$ としてよい）

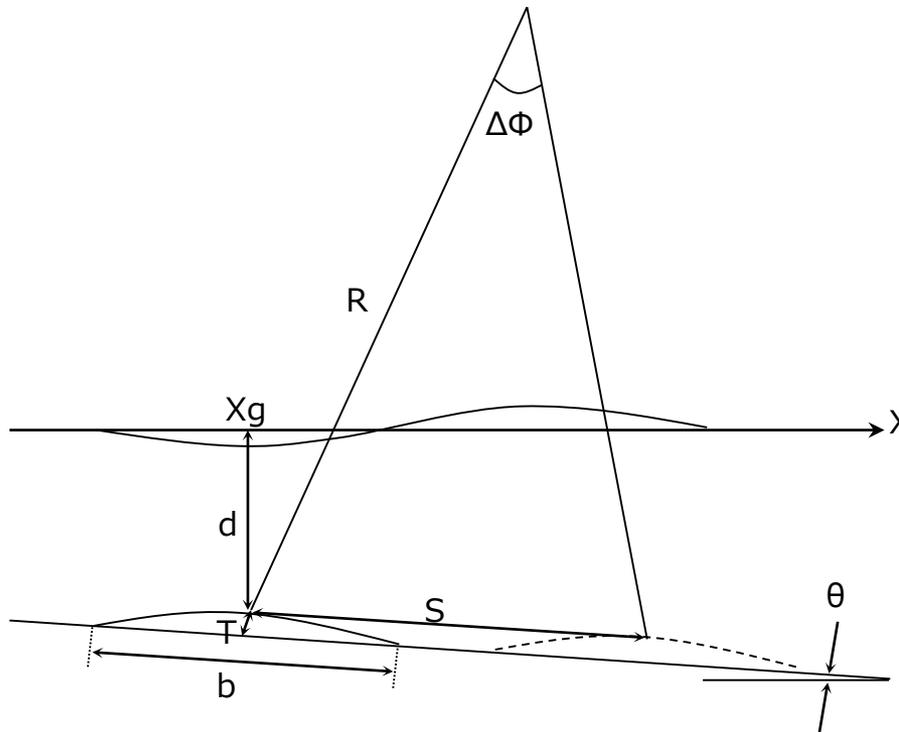
上式に必要なパラメータ（ $w, \eta_{0,2D}, \lambda_0$ ：特性津波波長、 $\Delta x (= \lambda_0/2)$ ）は、崩壊後の地形から図読、もしくは津波振幅等の予測式から別途算出する。

*: Watts, P., S.T. Grilli, D.R. Tappin, and G.J. Fryer (2005): Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. II: Predictive Equations and Case Studies, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp.298-310.

Watts他の予測式 (初期水位波形の予測2/2)

津波振幅等は、Grilli and Watts(2005)^{※1}及びWatts et al. (2005)^{※2}が提案している実験の再現性に優れた予測式を適用する。

【津波振幅予測式の概念図および推定式】



SMF : Submarine mass failure

b : SMF長さ

d : 初期のSMF最小没水深

T : SMFの厚さ

w : SMFの幅

theta : 斜面勾配

gamma : SMFの比重

Xg : 初期水深がdとなる位置の座標

Cm : 付加質量係数(=1)

Cd : 抗力係数(=0)

S : 移動距離

S_0 : 特性距離(=S/2)

Cn : 底面摩擦係数(=S_0/(Rcostheta))

R : 曲率半径(=b^2/8T)

Delta Phi : 回転角(=2S_0/R)

a_0 : 初期加速度(=S_0/t_0^2)

u_max : 最大速度(=S_0/t_0)

t_0 : 特性時間

$$t_0 = \sqrt{\frac{R}{g}} \sqrt{\frac{\gamma + C_m}{\gamma - 1}}$$

lambda_0 : 特性津波波長(=t_0 * sqrt(gd))

eta_0,2D : X=Xgにおける最大水位低下量

$$\eta_{0,2D} = S_0 \left\{ \frac{0.131}{\sin\theta} \right\} \left[\frac{T}{b} \right] \left[\frac{b \sin\theta}{d} \right]^{1.25} \left[\frac{b}{R} \right]^{0.63} \times (\Delta\Phi)^{0.39} (1.47 - 0.35(\gamma - 1))(\gamma - 1)$$

※1: Grilli, S.T., and P. Watts (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. I : Modeling, Experimental Validation, and Sensitivity Analysis, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp.283-297.

※2: Watts, P., S.T. Grilli, D.R. Tappin, and G.J. Fryer (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. II: predictive Equations and Case Studies, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, pp.298-310.

● Watts他の予測式の計算条件

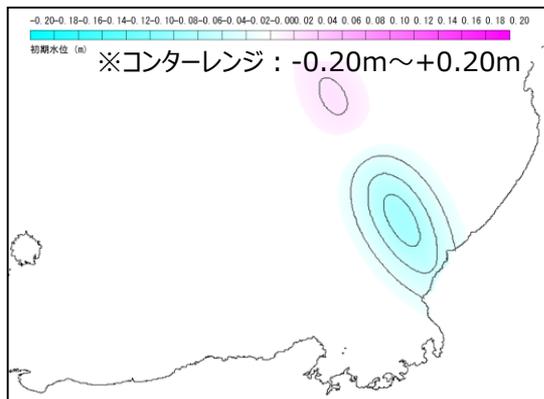
項目	エリアA		エリアB			エリアC				備考
	Es-G3	Es-G101	Es-K5	Es-K6	Es-K7	Es-T2	Es-T8	Es-T13	Es-T14	
$\gamma(-)$	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	地質調査所・海洋地質図説明書※1
b (m)	21,200	3,900	9,600	8,300	6,500	7,000	4,900	6,100	6,700	崩壊部長さ※2
T (m)	60	37	130	125	160	150	150	139	85	崩壊部の頂点における崩壊深さ※2
w (m)	3,800	4,000	6,200	5,000	3,870	6,000	3,700	5,200	3,950	崩壊部幅※2
d (m)	590	920	700	680	650	400	750	730	520	崩壊部頂点の水深－崩壊深さ※2
$\theta(\text{deg.})$	1.1	1.6	1.7	1.2	1.2	1.4	1.0	0.6	1.0	崩壊部頂点から堆積部頂点の距離と、崩壊高さと崩壊前における堆積部頂点の水深から算出※2
$g \text{ (m/s}^2\text{)}$	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	
Cd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
S	17,700	5,900	15,200	7,000	6,270	5,900	5,800	7,100	10,400	崩壊部頂点から堆積部頂点の距離※2
S_0	8,850	2,950	7,600	3,500	3,135	2,950	2,900	3,550	5,200	S/2
Cn	0.009	0.057	0.086	0.051	0.095	0.072	0.145	0.106	0.079	$=S_0 / (R\cos\theta)$
R(m)	936,333	51,385	88,615	68,890	33,008	40,833	20,008	33,462	66,015	$=b^2/ 8T$
$a_0(\text{m}^2/\text{s})$	0.015	0.094	0.140	0.083	0.155	0.118	0.237	0.173	0.129	$=S_0/ t_0^2$
$t_0(\text{sec})$	757	177	233	205	142	158	111	143	201	$=\sqrt{(R/g)\sqrt{(y+Cm)/(y-1)}}$
$\lambda_0(\text{m})$	57,573	16,842	19,292	16,765	11,346	9,899	9,489	12,106	14,352	$=t_0\sqrt{gd}$
$\Delta\Phi(\text{rad})$	0.019	0.115	0.172	0.102	0.190	0.144	0.290	0.212	0.158	$2S_0/ R$
$u_{\max}(\text{m/s})$	11.69	16.64	32.63	17.04	22.05	18.66	26.20	24.80	25.87	$=S_0/ t_0$
$\Delta X(\text{m})$	28,786	8,421	9,646	8,383	5,673	4,950	4,744	6,053	7,176	$=\lambda_0/ 2$
κ'	0.687	0.680	0.625	0.777	0.715	0.898	0.663	0.680	0.684	

※1 : 片山肇、佐藤幹夫、池原研「海洋地質図 38 経ヶ岬沖表層堆積図説明書 1:200,000」平成5年 地質調査所

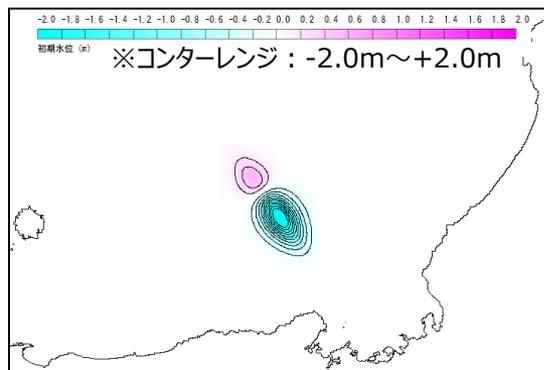
※2 : 地すべり地形からの図読による値

項目	波源振幅の推定値								
	エリアA		エリアB			エリアC			
	Es-G3	Es-G101	Es-K5	Es-K6	Es-K7	Es-T2	Es-T8	Es-T13	Es-T14
$\eta_{0,2D} \text{ (m)}$	1.12	0.41	9.79	3.41	6.88	9.65	5.96	4.73	4.72
$\eta_{0,3D} \text{ (m)}$	0.07	0.08	2.38	0.78	1.75	3.64	1.67	1.42	1.02

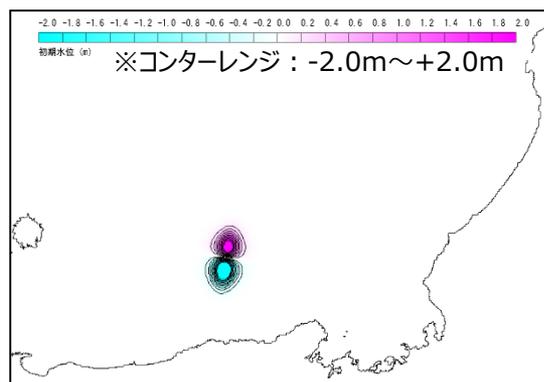
● Watts他の予測式による初期水位波形



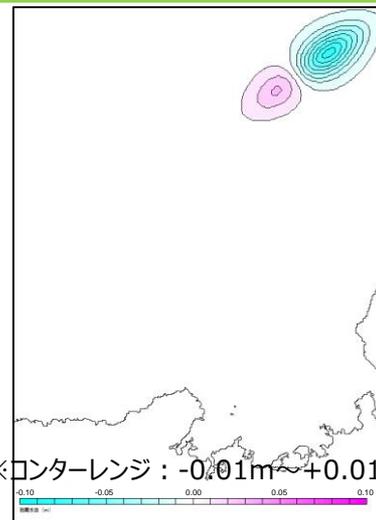
エリアA (Es-G3)



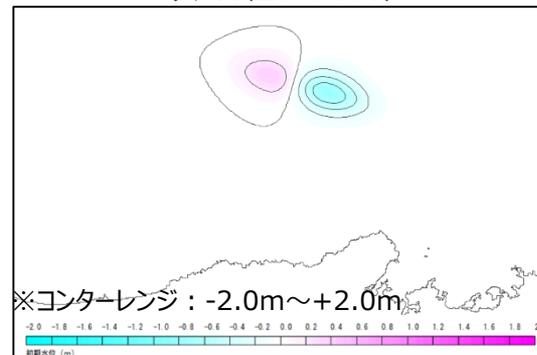
エリアB (Es-K5)



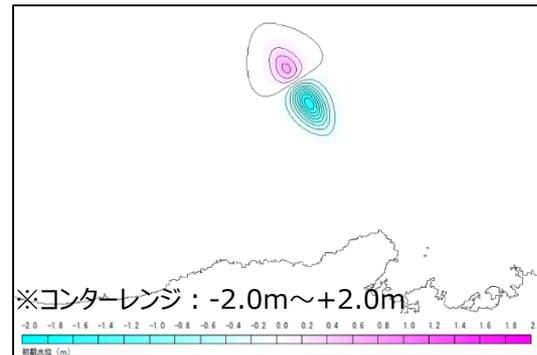
エリアC (Es-T2)



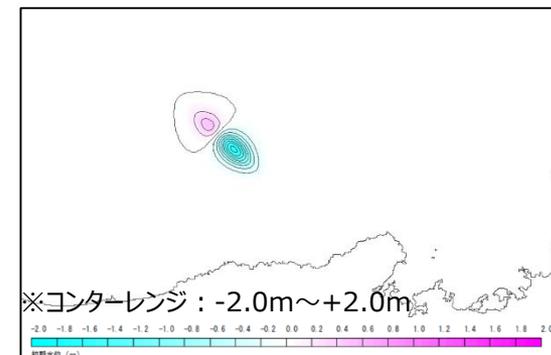
エリアA (Es-G101)



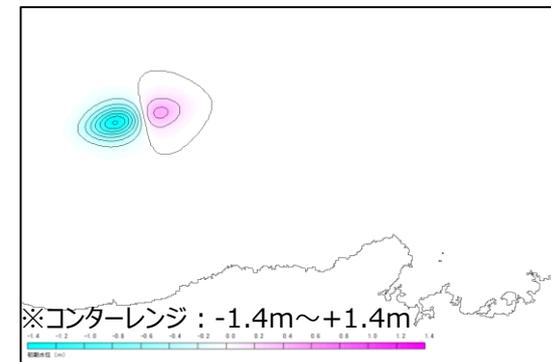
エリアB (Es-K6)



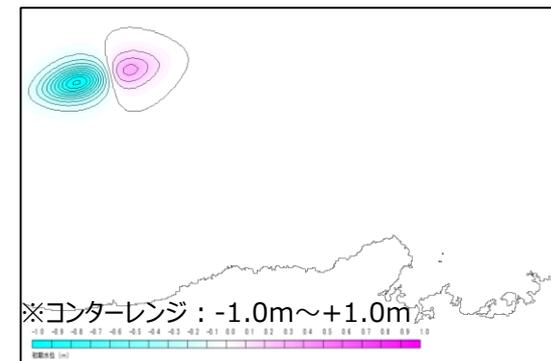
エリアB (Es-K7)



エリアC (Es-T8)



エリアC (Es-T13)



エリアC (Es-T14)

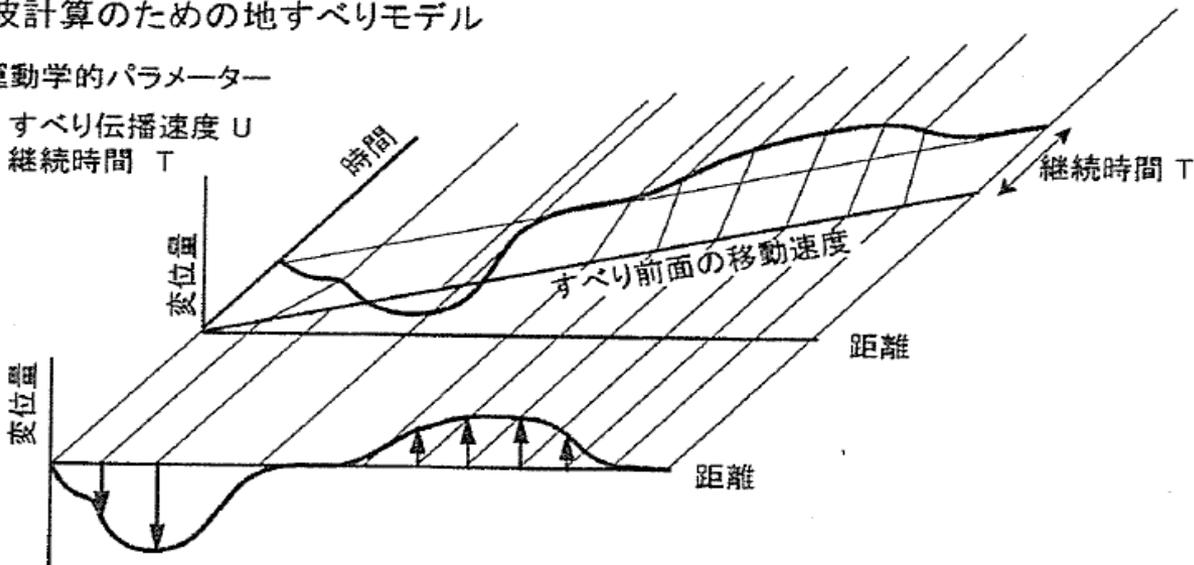
海底地すべりによる津波の計算条件 (Kinematicモデルによる方法)

Kinematicモデルによる方法 (初期水位波形の予測)

津波計算のための地すべりモデル

運動学的パラメーター

すべり伝播速度 U
継続時間 T



運動学的地すべりモデルの概念図 (佐竹・加藤(2002)※)

▶地すべり発生箇所における海面変化

- ・海底地形変化はすべり伝播速度 U (破壊伝播速度) と各地点での継続時間 T (破壊継続時間) で規定される。
- ・地すべりの前面は速度 U で移動する。 U には鉛直成分 U_z を与条件とした。
- ・各地点の比高変化は継続時間 T で完了する。
- ・ここで求めた時間刻みあたりの地形変化量が海面水位と海底地形にそのまま反映されるものとして、その時点での水位と海底地形に上積みする。

▶津波伝播計算

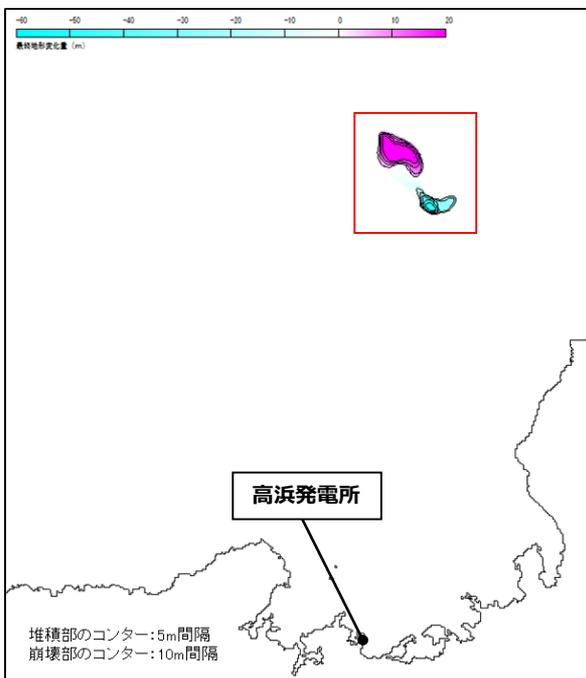
- ・非線形長波理論に基づく、通常津波解析に用いられる平面二次元モデルを適用。

※：佐竹健治・加藤幸弘(2002)：「1741年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた」, 月刊海洋/号外, No.28, pp.150-160.

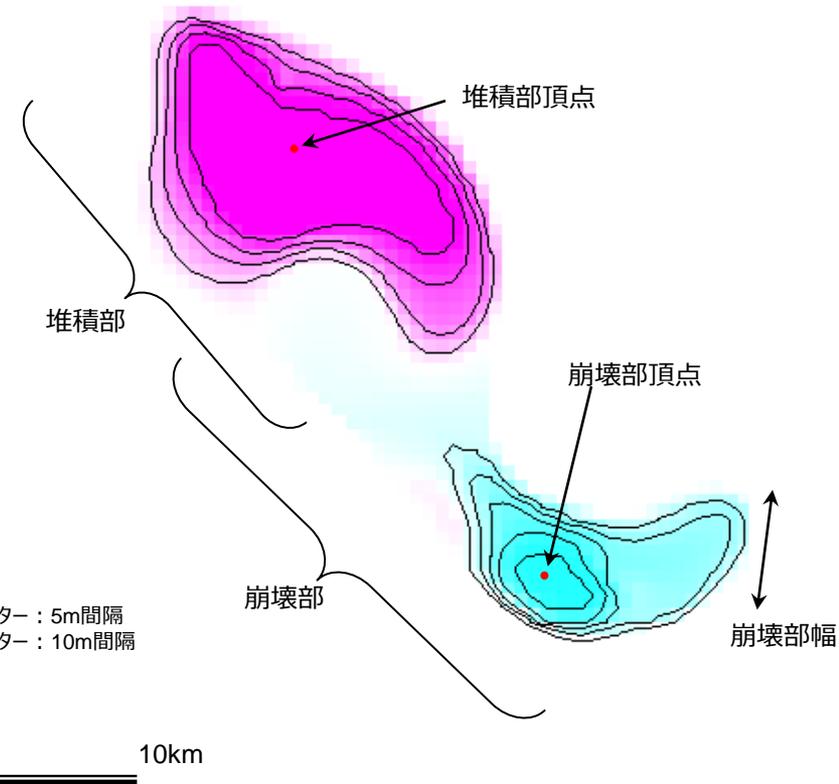
●エリア A (Es-G3)

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度 (基本ケース)	0.3m/s※1
破壊継続時間 (基本ケース)	3分※2
(参考) 地すべり終了時間	2,082秒※3



【海底地形変化量分布図】
(Kinematicモデルへの入力コンター)



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。

※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。

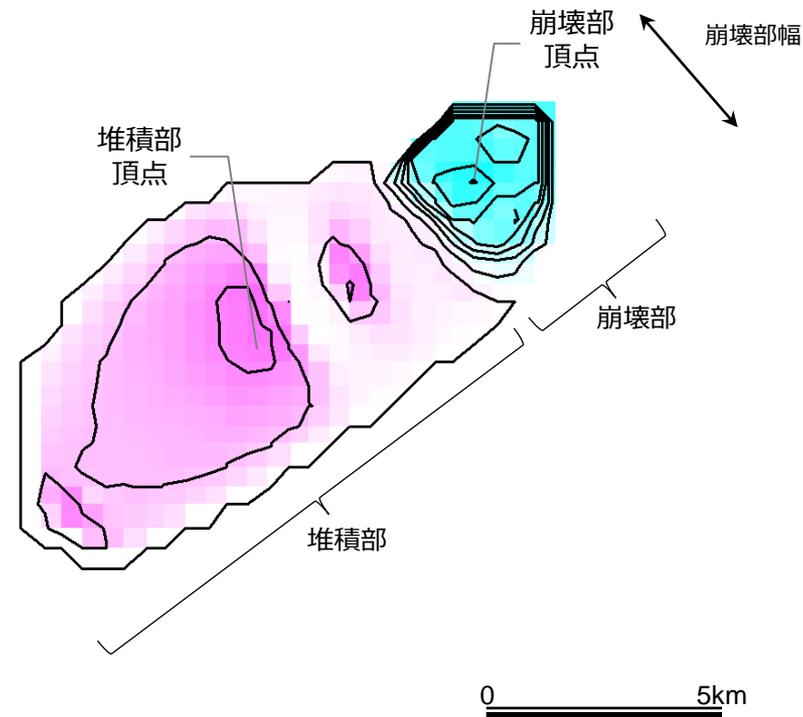
※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間1,902秒 (地すべりの標高差570.7m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度0.3m/s) + 破壊継続時間3分(180秒) = 2,082秒

●エリア A (Es-G101)

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度 (基本ケース)	0.5m/s※1
破壊継続時間 (基本ケース)	1分※2
(参考) 地すべり終了時間	867秒※3

【海底地形変化量分布図】
(Kinematicモデルへの入力コンター)



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。

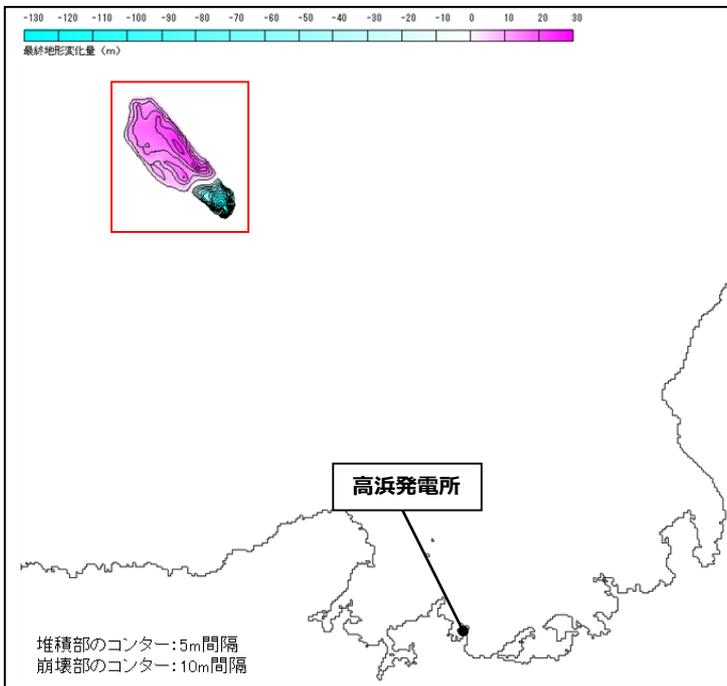
※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。

※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間807秒 (地すべりの標高差403.5m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度0.5m/s) + 破壊継続時間1分(60秒) = 867秒

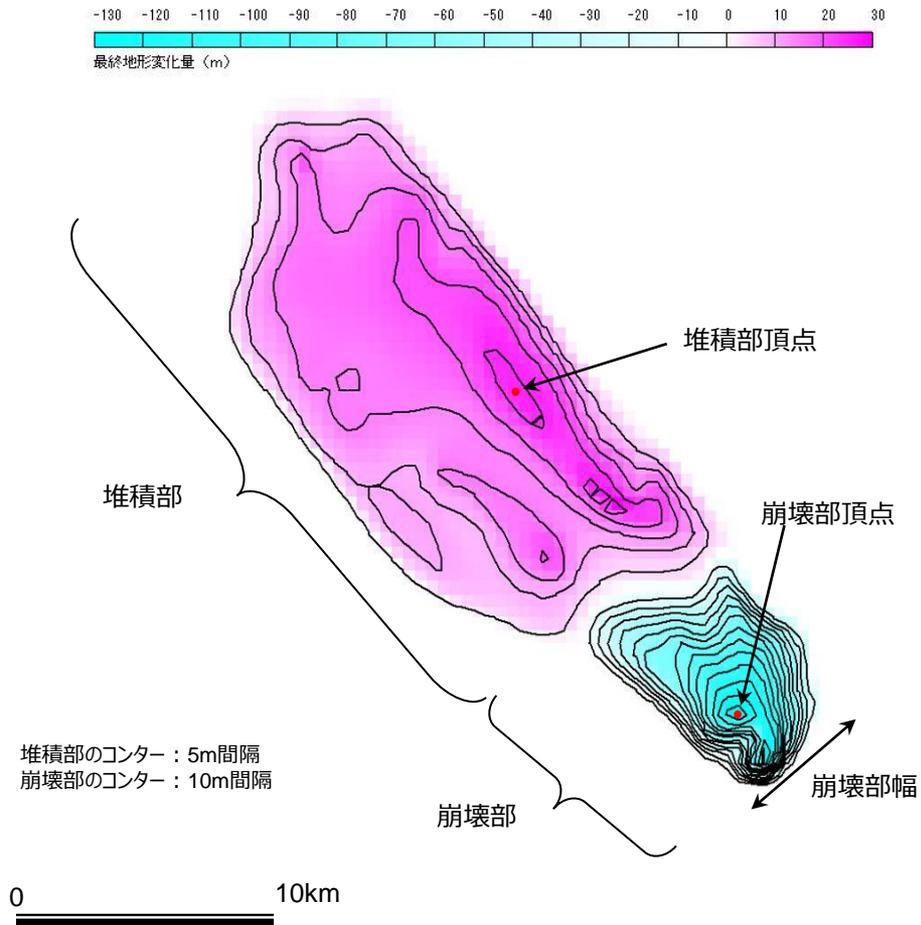
●エリアB (Es-K5)

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度 (基本ケース)	1.0m/s※1
破壊継続時間 (基本ケース)	2分※2
(参考) 地すべり終了時間	951秒※3



【海底地形変化量分布図】 (Kinematicモデルへの入力コンター)



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。

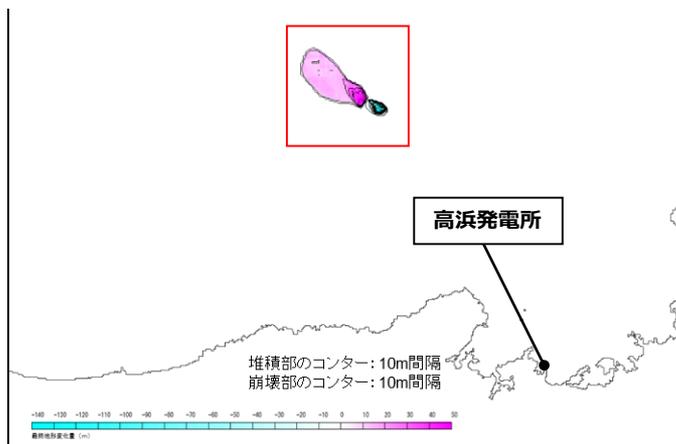
※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。

※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間831秒 (地すべりの標高差831.1m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度1m/s) + 破壊継続時間2分(120秒) = 951秒

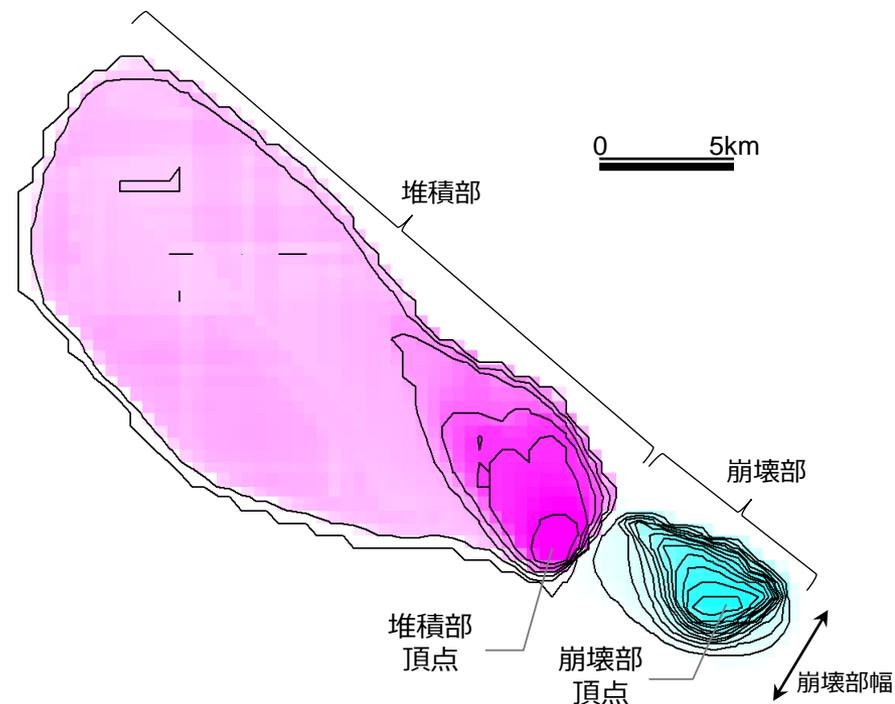
●エリア B (Es-K6)

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度 (基本ケース)	0.4m/s※1
破壊継続時間 (基本ケース)	5分※2
(参考) 地すべり終了時間	2,364秒※3



【海底地形変化量分布図】
(Kinematicモデルへの入力コンター)



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。

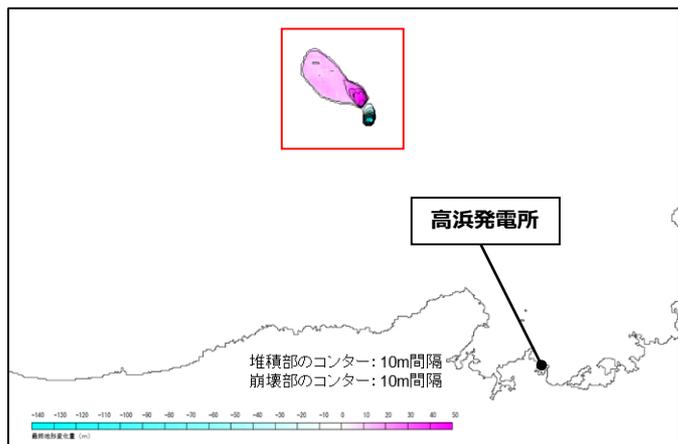
※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。

※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間2,064秒 (地すべりの標高差825.5m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度0.4m/s) + 破壊継続時間5分(300秒) = 2,364秒

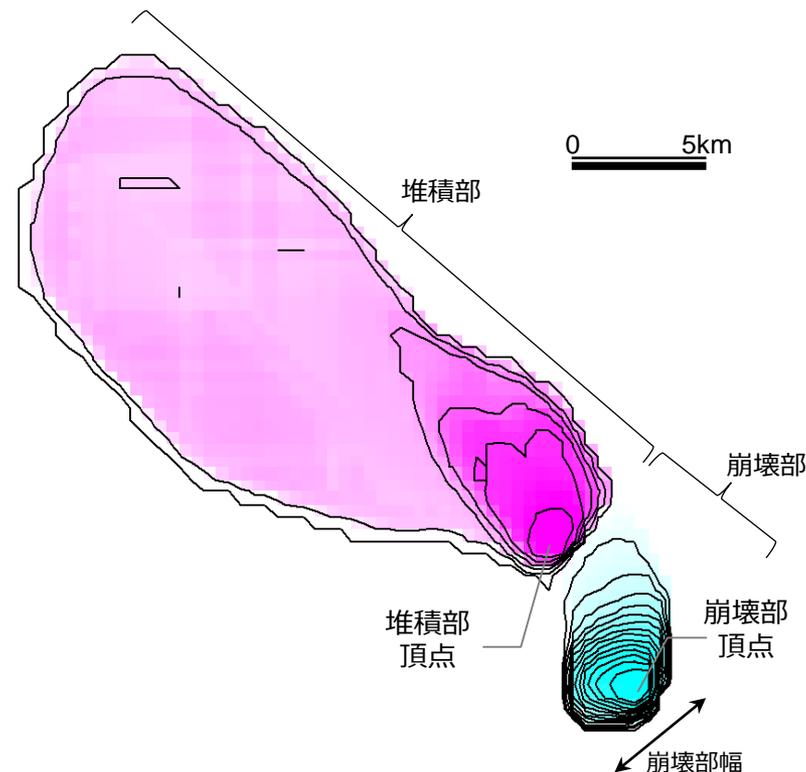
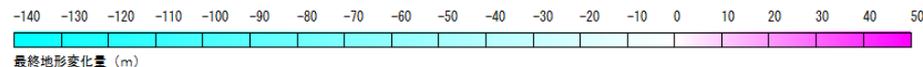
●エリア B (Es-K7)

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度 (基本ケース)	0.5m/s※1
破壊継続時間 (基本ケース)	5分※2
(参考) 地すべり終了時間	1,787秒※3



【海底地形変化量分布図】
(Kinematicモデルへの入力コンター)



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。

※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。

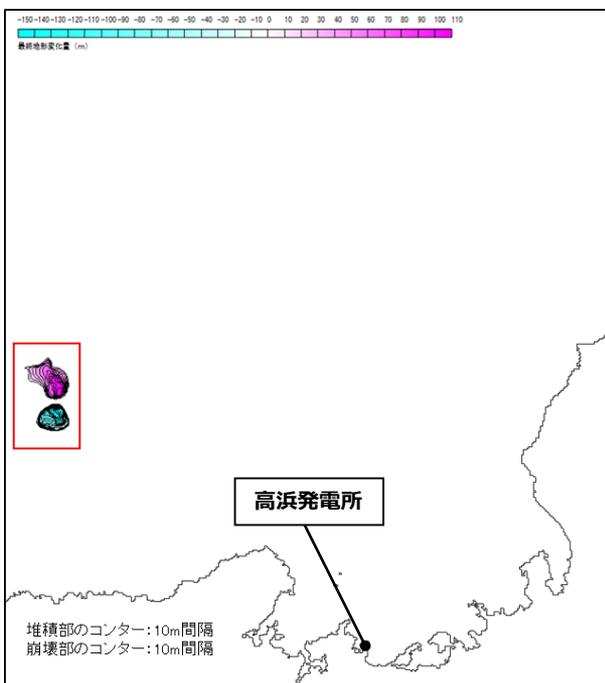
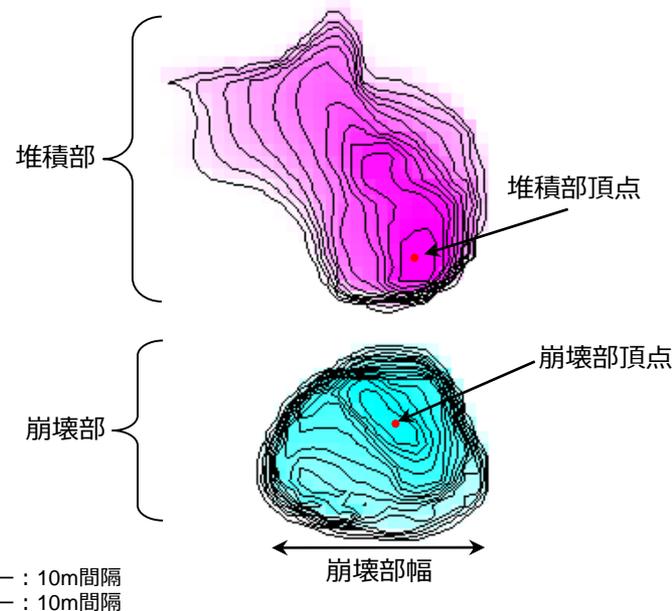
※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間1,487秒 (地すべりの標高差743.7m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度0.5m/s) + 破壊継続時間5分(300秒) = 1,787秒

●エリアC (Es-T2)

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度 (基本ケース)	0.5m/s※1
破壊継続時間 (基本ケース)	5分※2
(参考) 地すべり終了時間	1,748秒※3

【海底地形変化量分布図】
(Kinematicモデルへの入力コンター)



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。

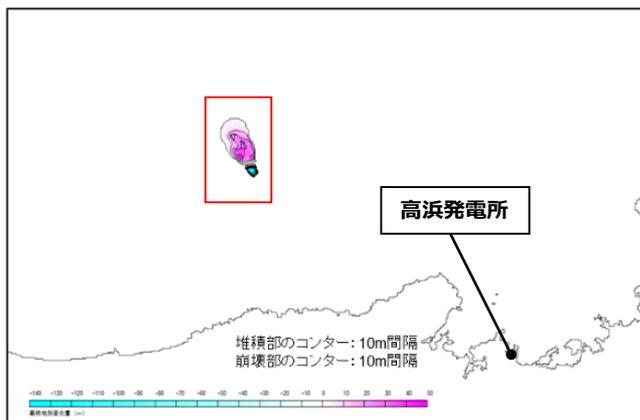
※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。

※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間1,448秒 (地すべりの標高差723.9m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度0.5m/s) + 破壊継続時間5分(300秒) = 1,748秒

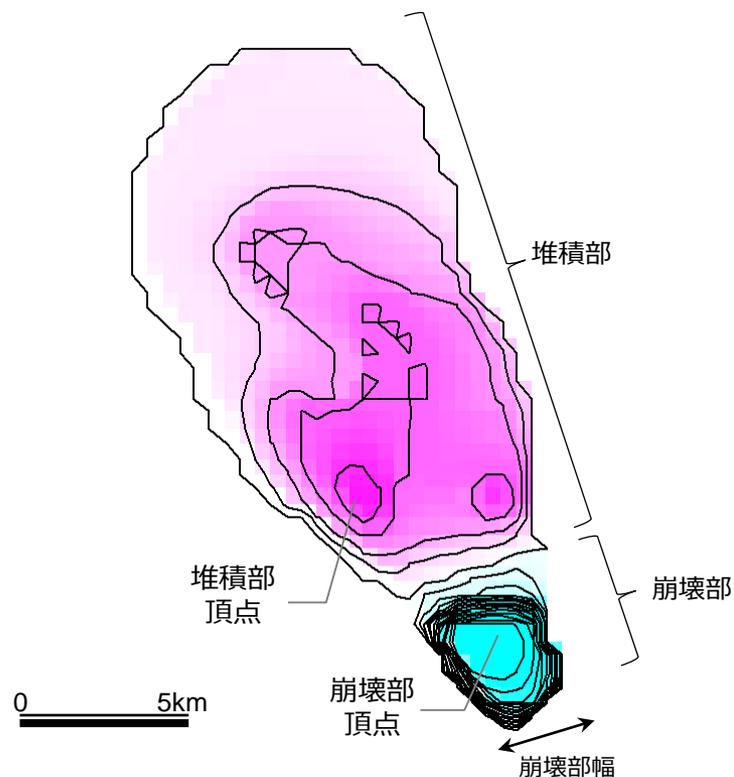
●エリアC（Es-T8）

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度（基本ケース）	0.5m/s※1
破壊継続時間（基本ケース）	5分※2
（参考）地すべり終了時間	1,397秒※3



【海底地形変化量分布図】
（Kinematicモデルへの入力コンター）



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。

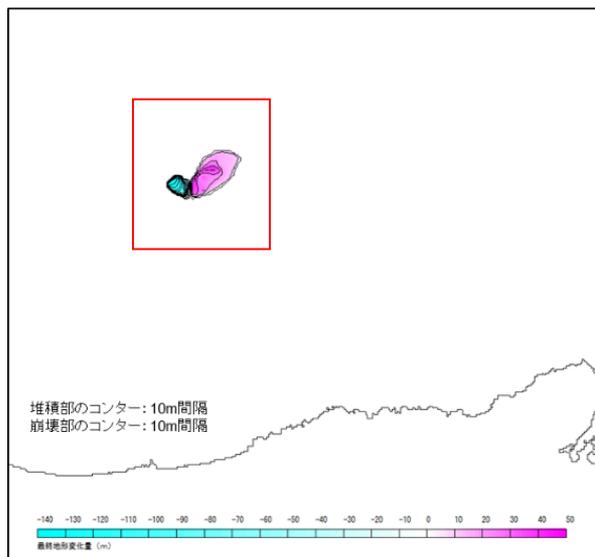
※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。

※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間1,097秒（地すべりの標高差548.7m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度0.5m/s） + 破壊継続時間5分(300秒) = 1,397秒

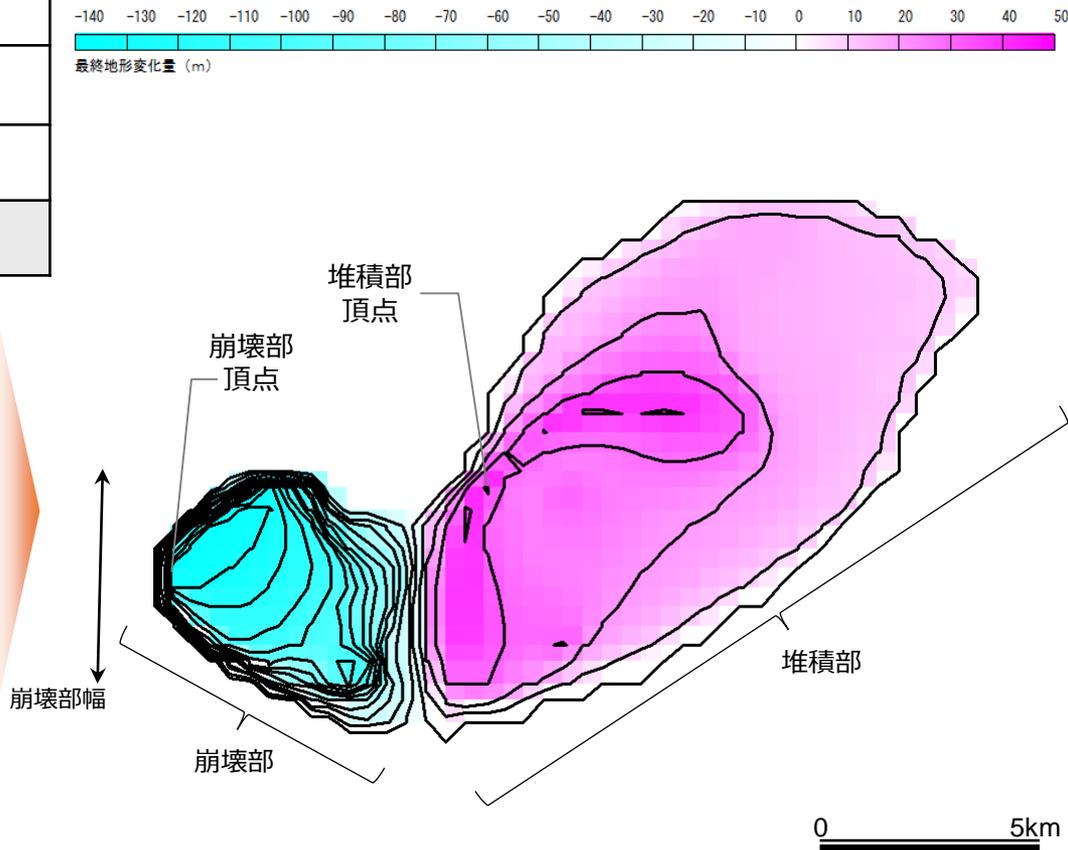
●エリアC (Es-T13)

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度 (基本ケース)	0.3m/s※1
破壊継続時間 (基本ケース)	7分※2
(参考) 地すべり終了時間	1,716秒※3



【海底地形変化量分布図】
(Kinematicモデルへの入力コンター)



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。

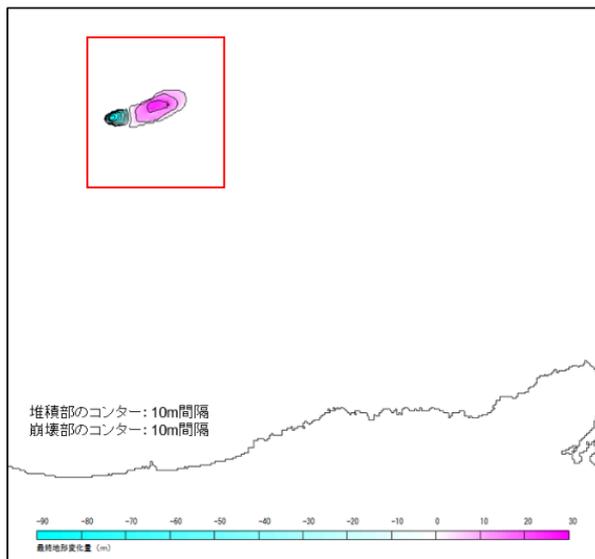
※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。

※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間1,296秒 (地すべりの標高差388.9m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度0.3m/s) + 破壊継続時間7分(420秒) = 1,716秒

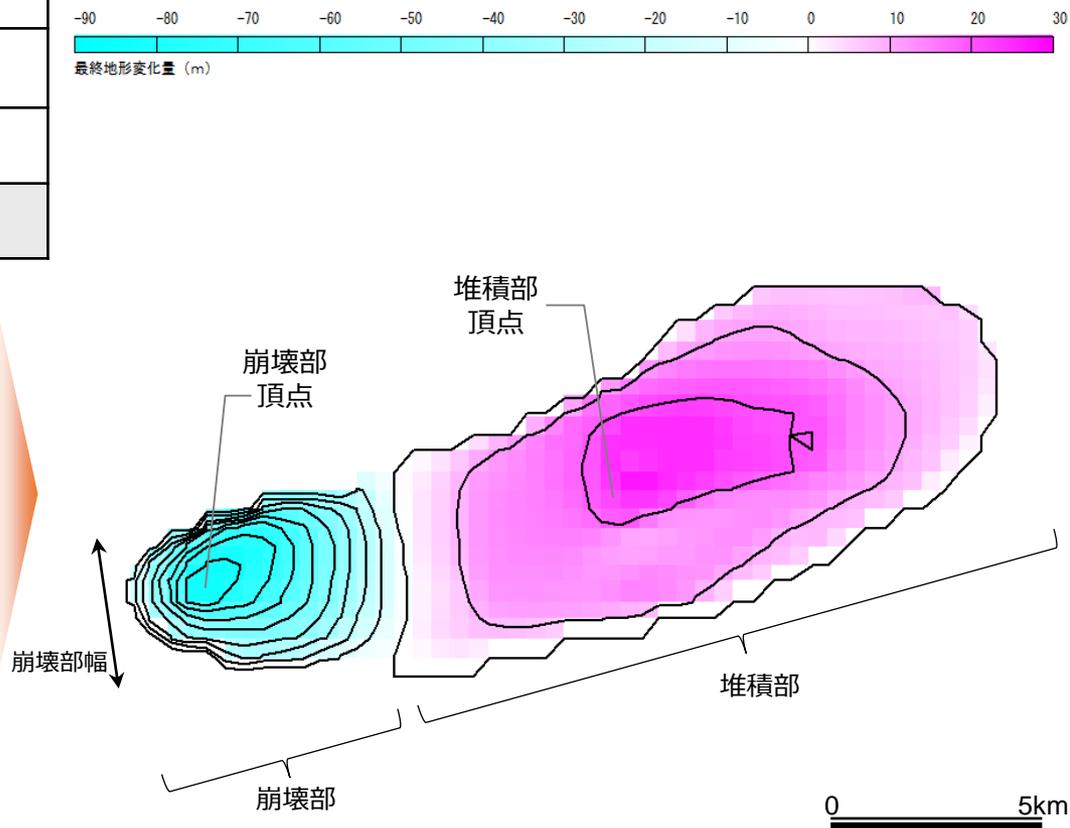
●エリアC (Es-T14)

【計算条件】

項目	設定値
設定位置格子サイズ	450m
鉛直方向破壊伝播速度 (基本ケース)	0.5m/s※1
破壊継続時間 (基本ケース)	2分※2
(参考) 地すべり終了時間	1,361秒※3



【海底地形変化量分布図】
(Kinematicモデルへの入力コンター)



※1 破壊伝播速度の鉛直成分として設定した。
 ※2 地形変化の速度が鉛直方向破壊伝播速度を超えない範囲で最大となるよう破壊継続時間を設定した。
 ※3 地すべり終了時間 = 地すべり伝播到達時間1,241秒 (地すべりの標高差620.4m ÷ 鉛直方向破壊伝播速度0.5m/s) + 破壊継続時間2分(120秒)=1,361秒