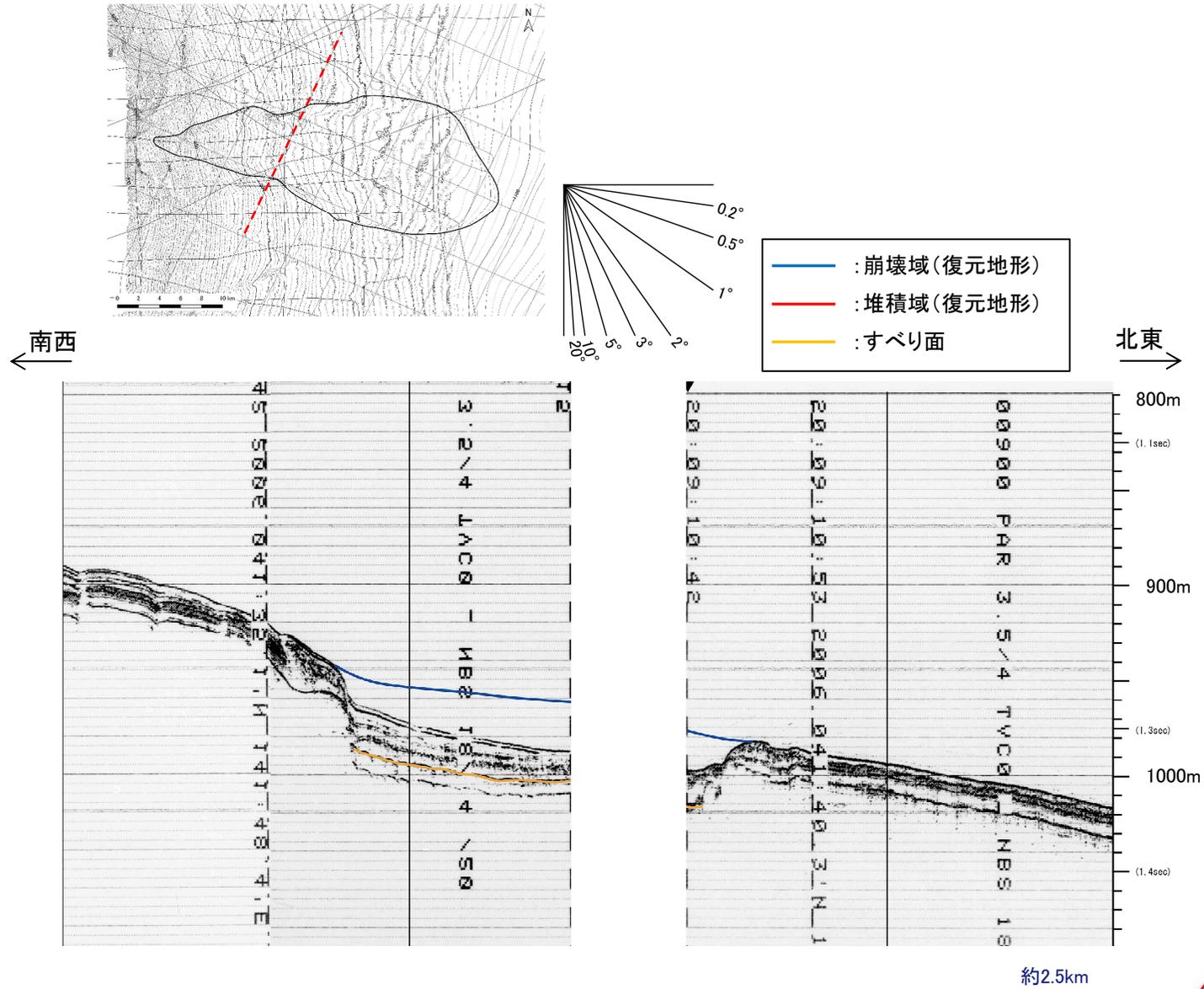


IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

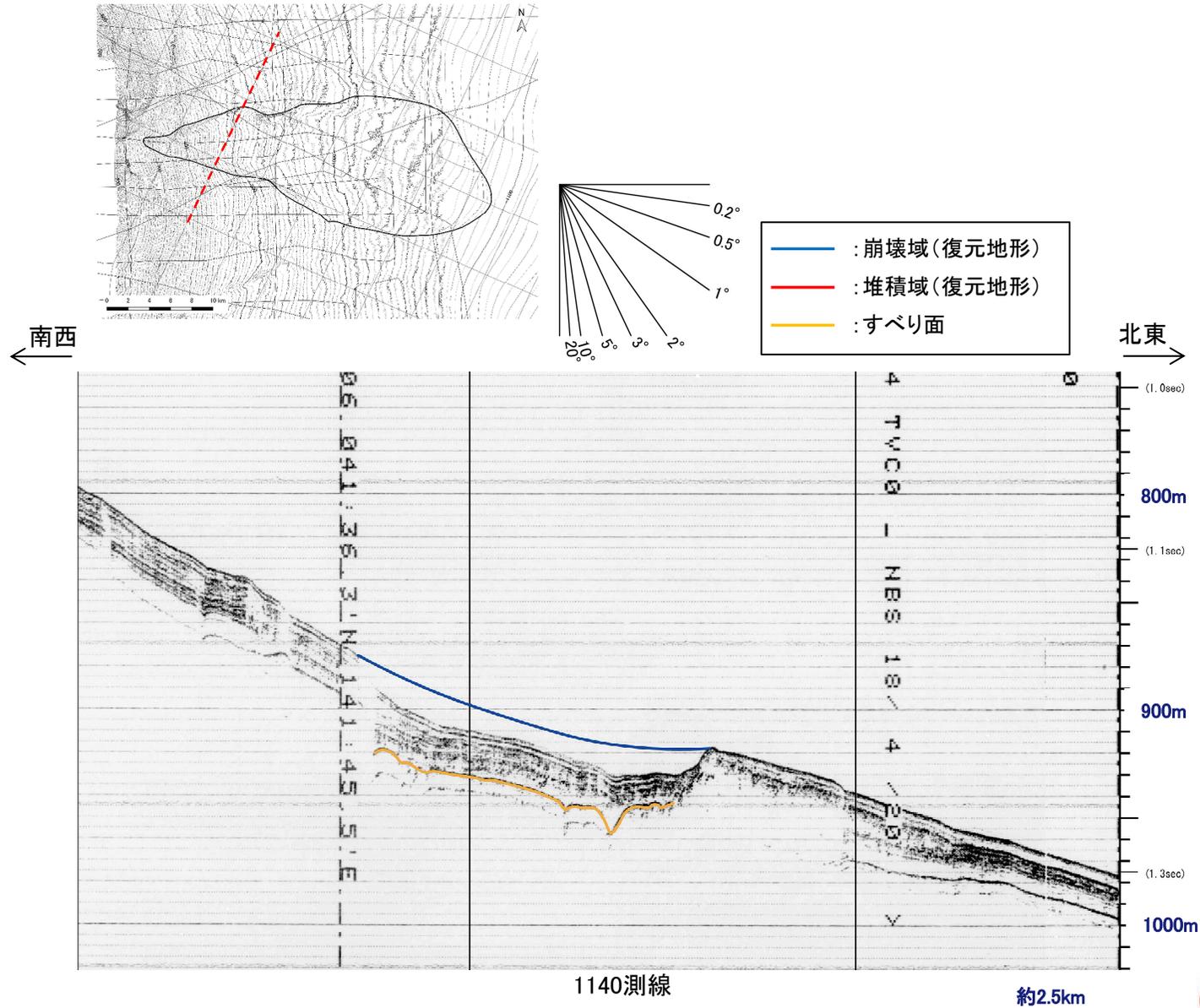
3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 1139測線



1139測線

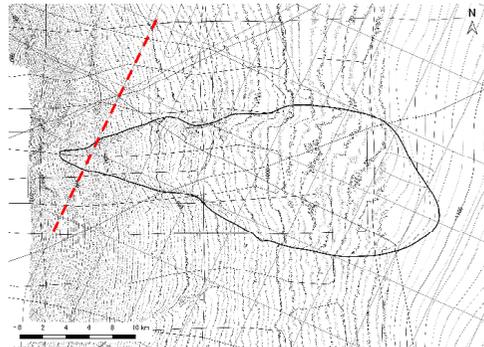
IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 1140測線



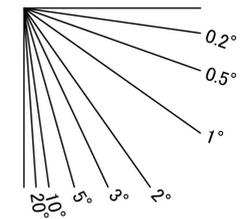
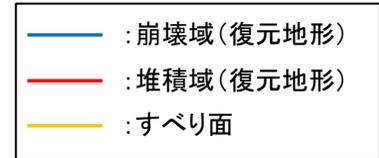
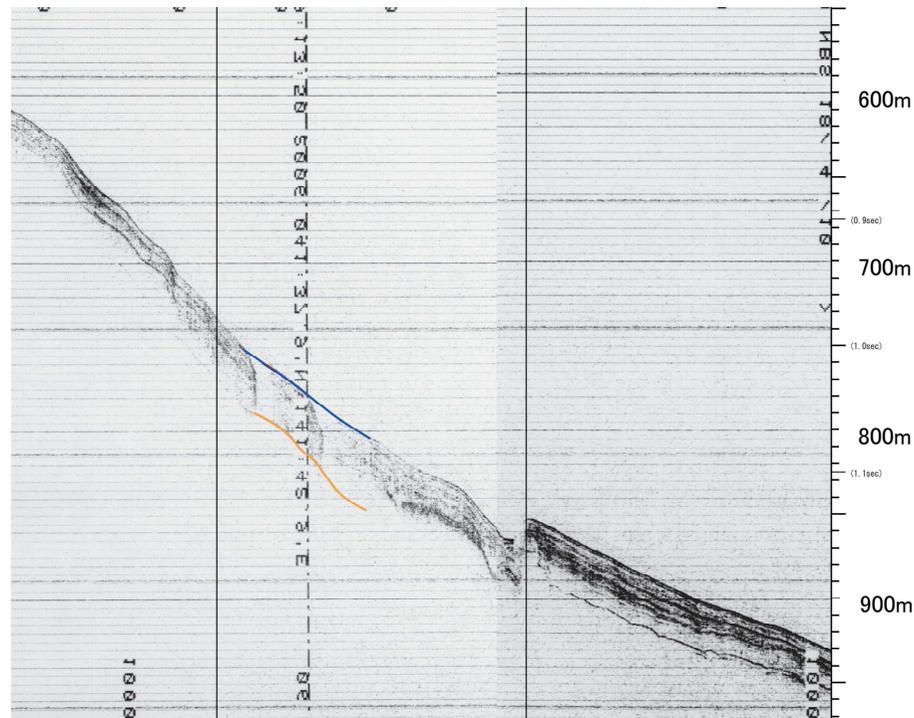
IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 1141測線



南西
←

北東
→

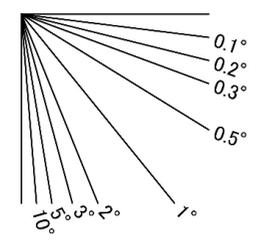
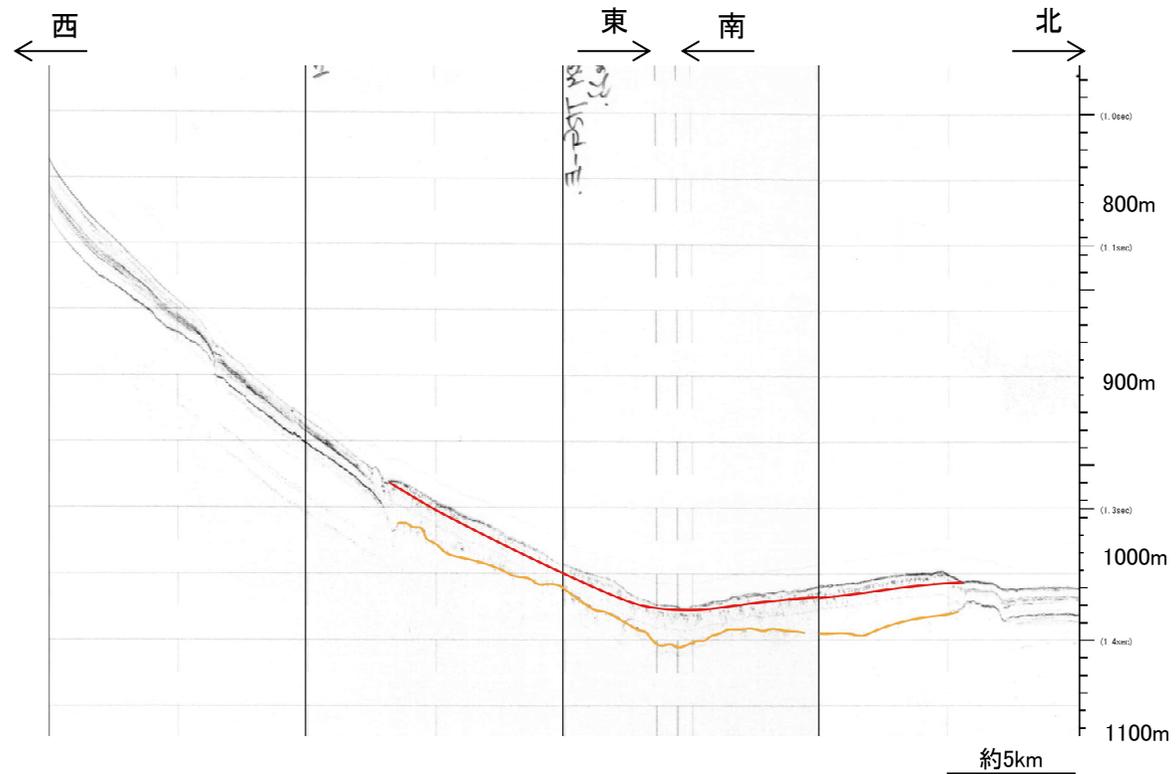
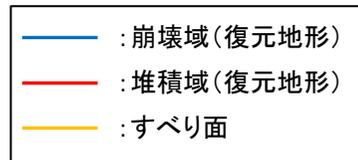
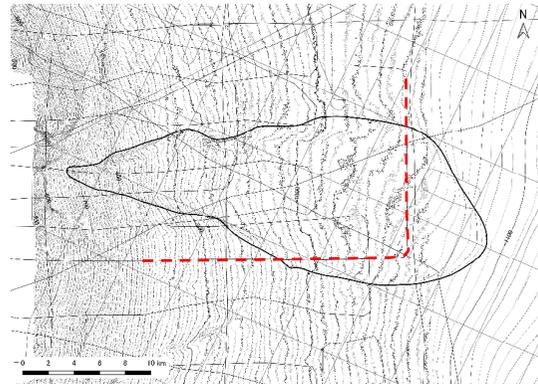


1141測線

約2.5km

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

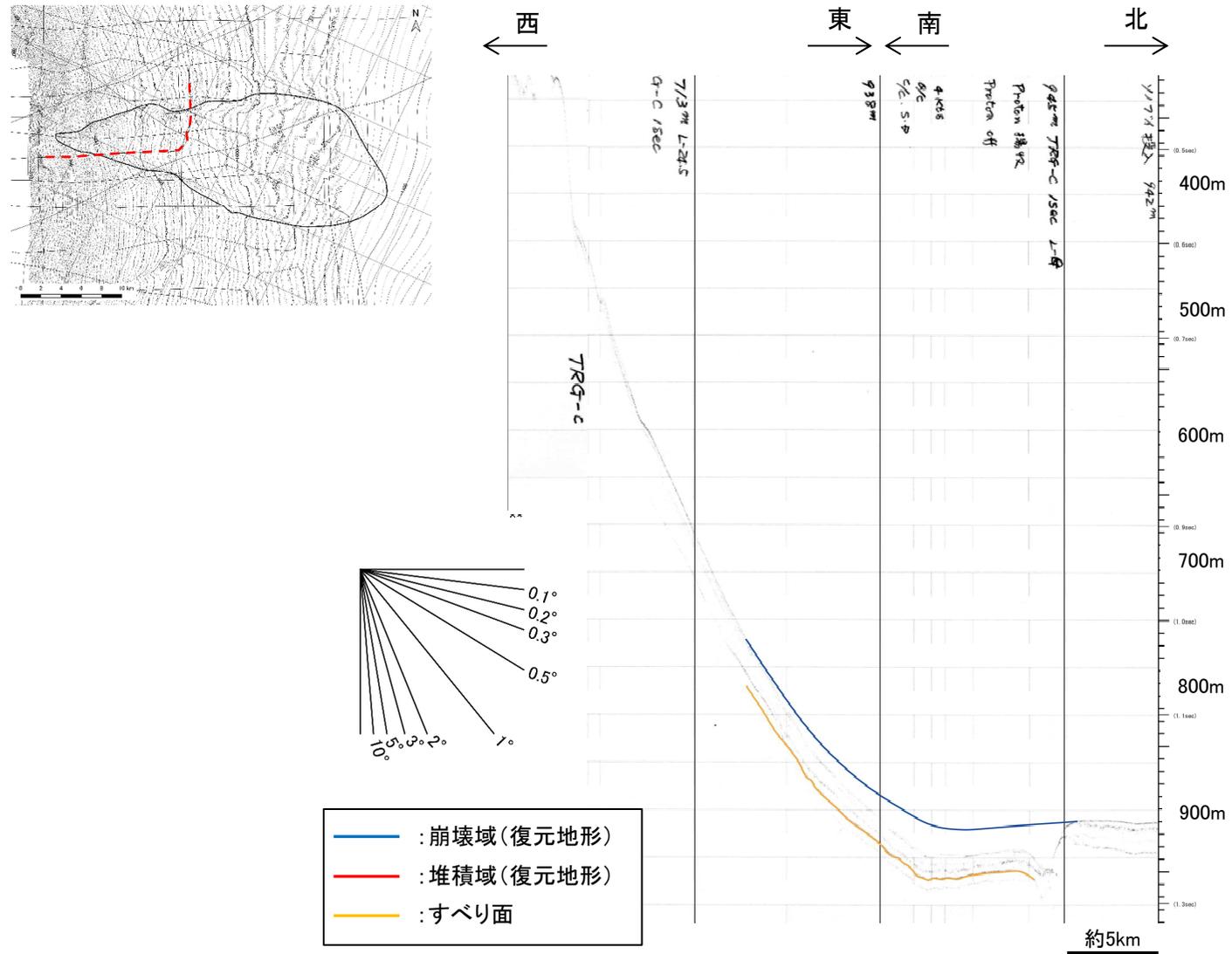
3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 23測線, H-2測線



23測線, H-2測線

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

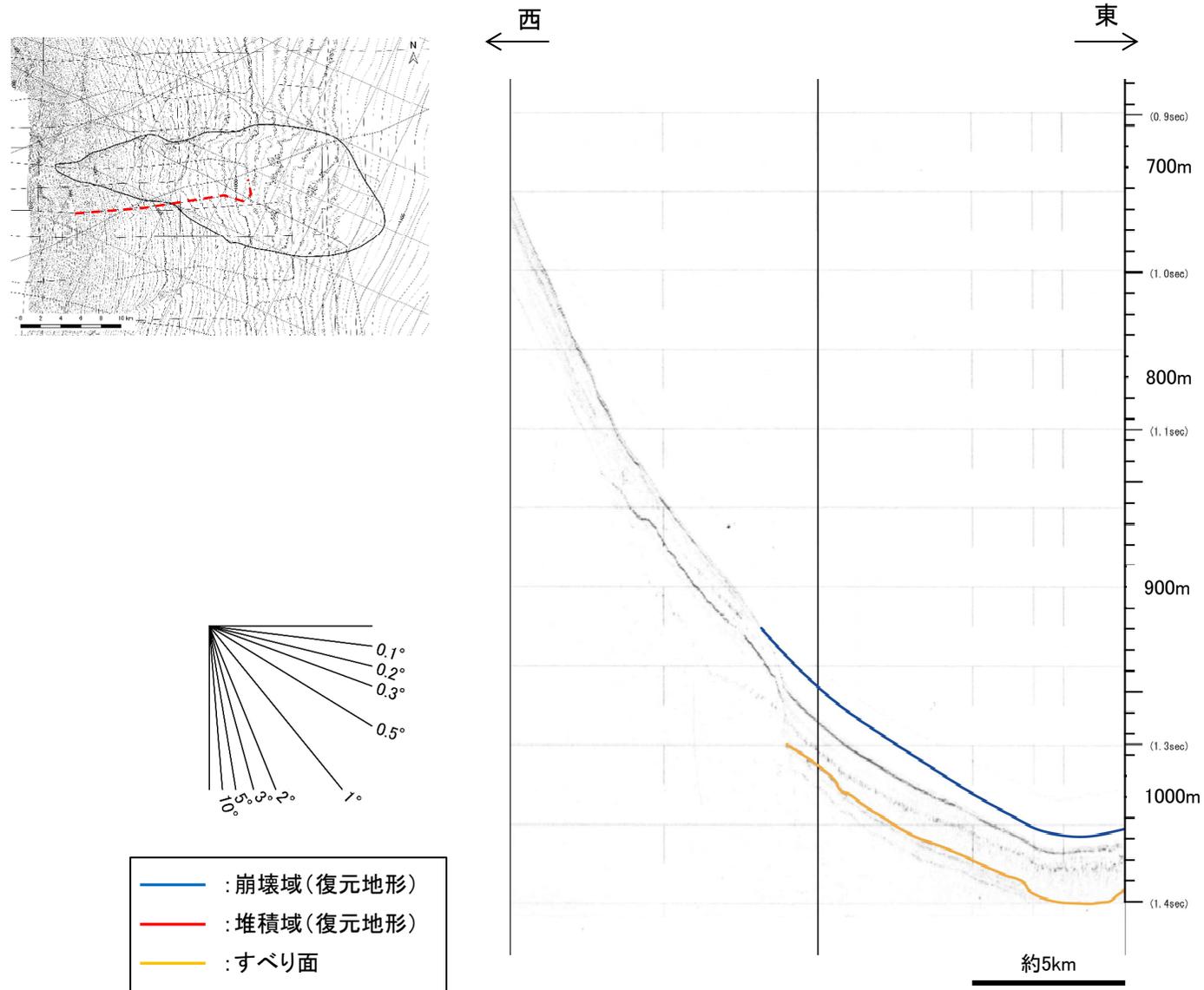
3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 24.5測線



24.5測線

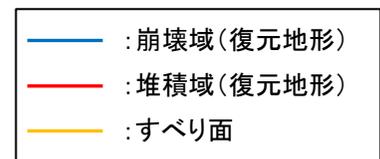
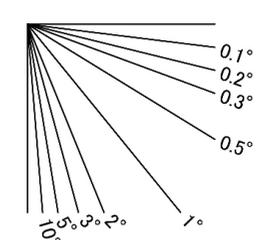
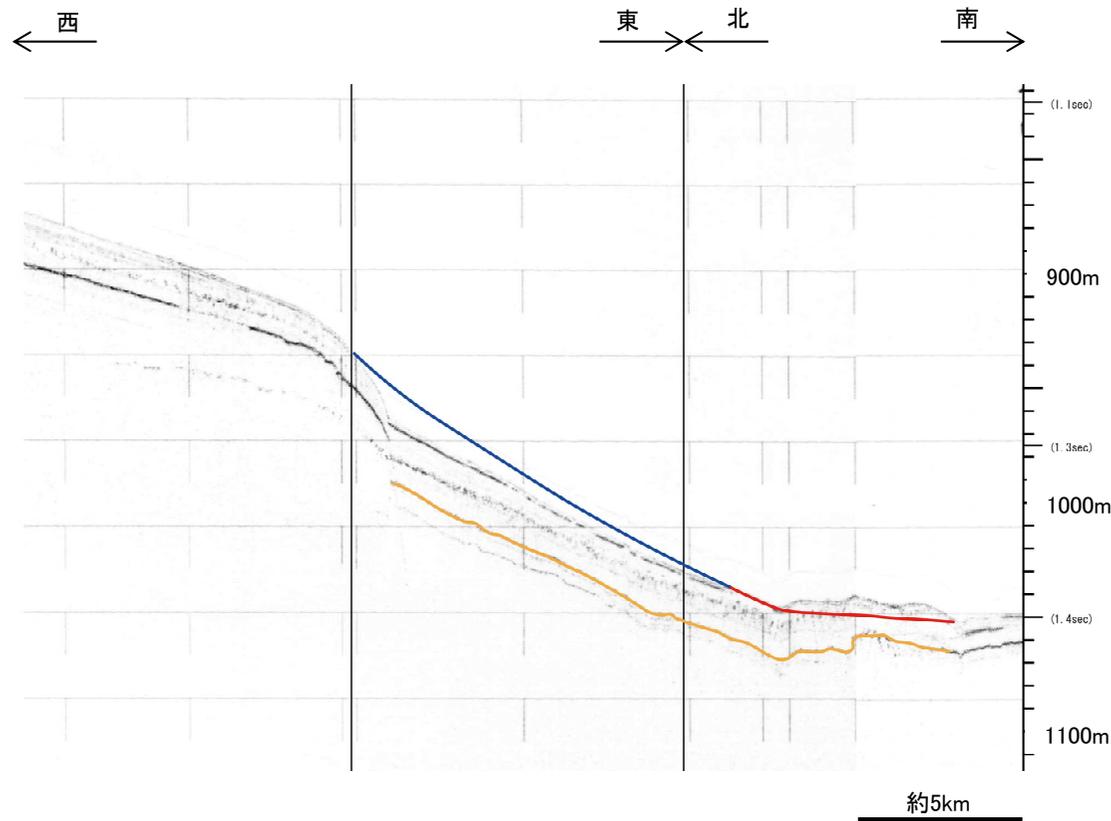
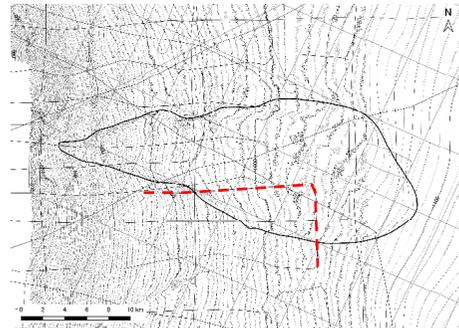
IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:24-1測線



24-1測線

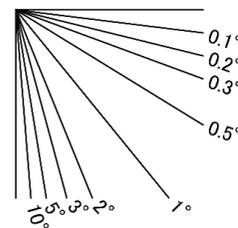
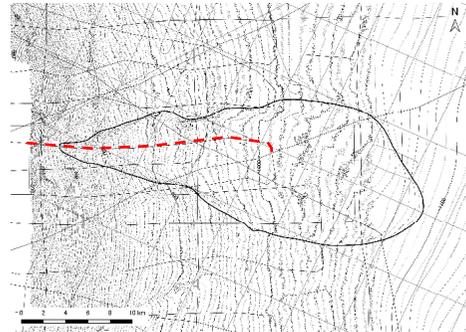
IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり
3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:24-2測線



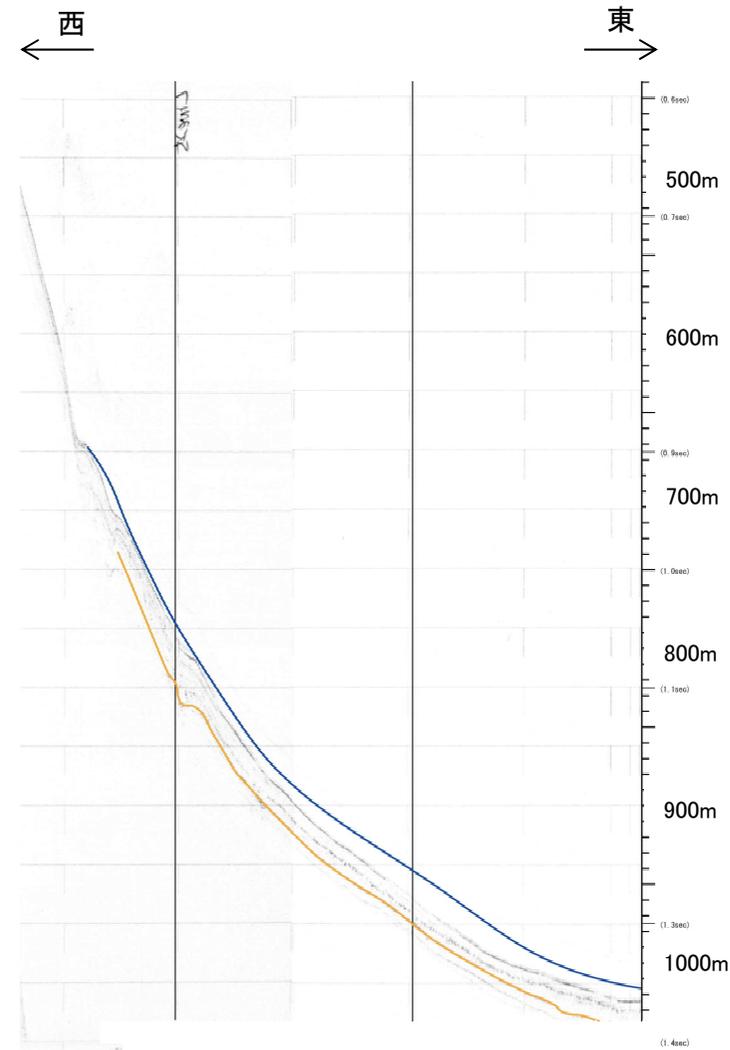
24-2測線

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 25-2測線



- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

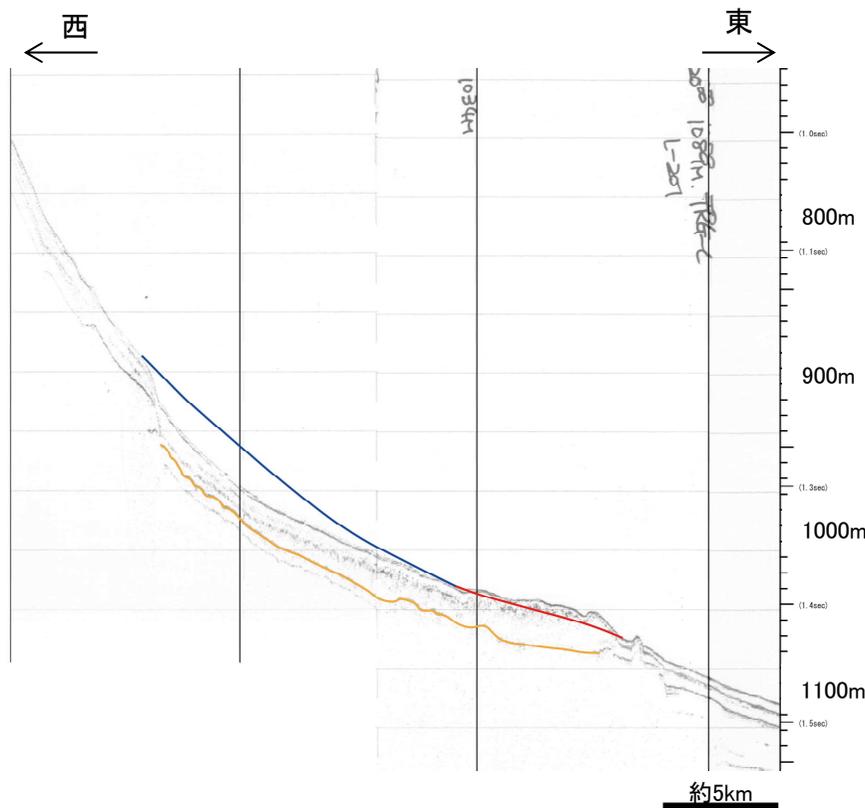
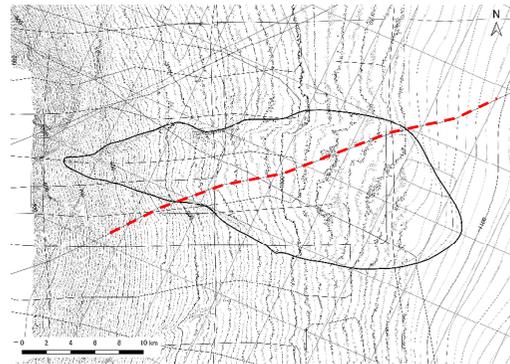


約5km

25-2測線

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

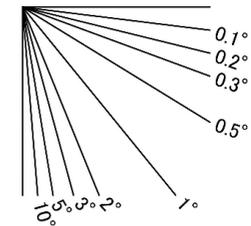
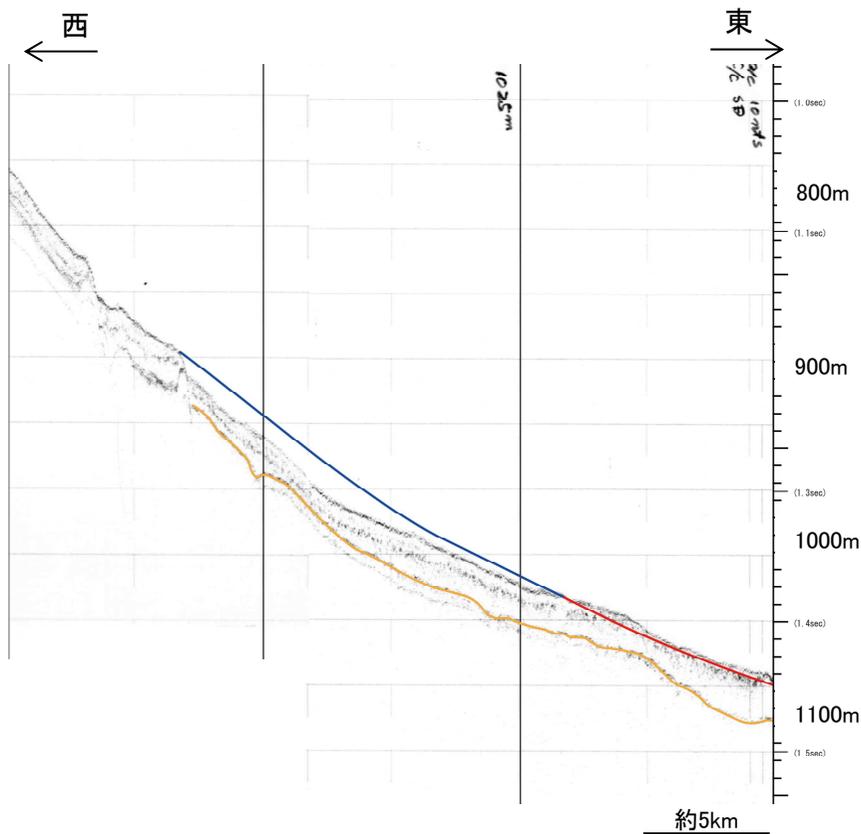
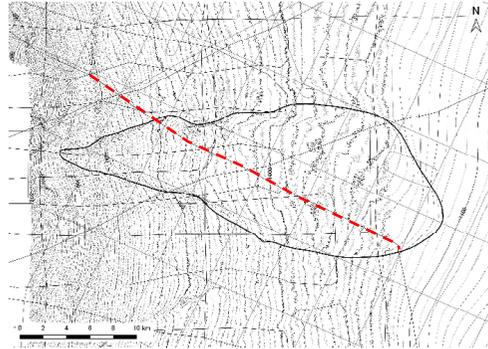
3.2.2 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:201測線



201測線

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 203測線

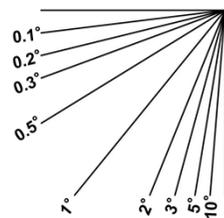
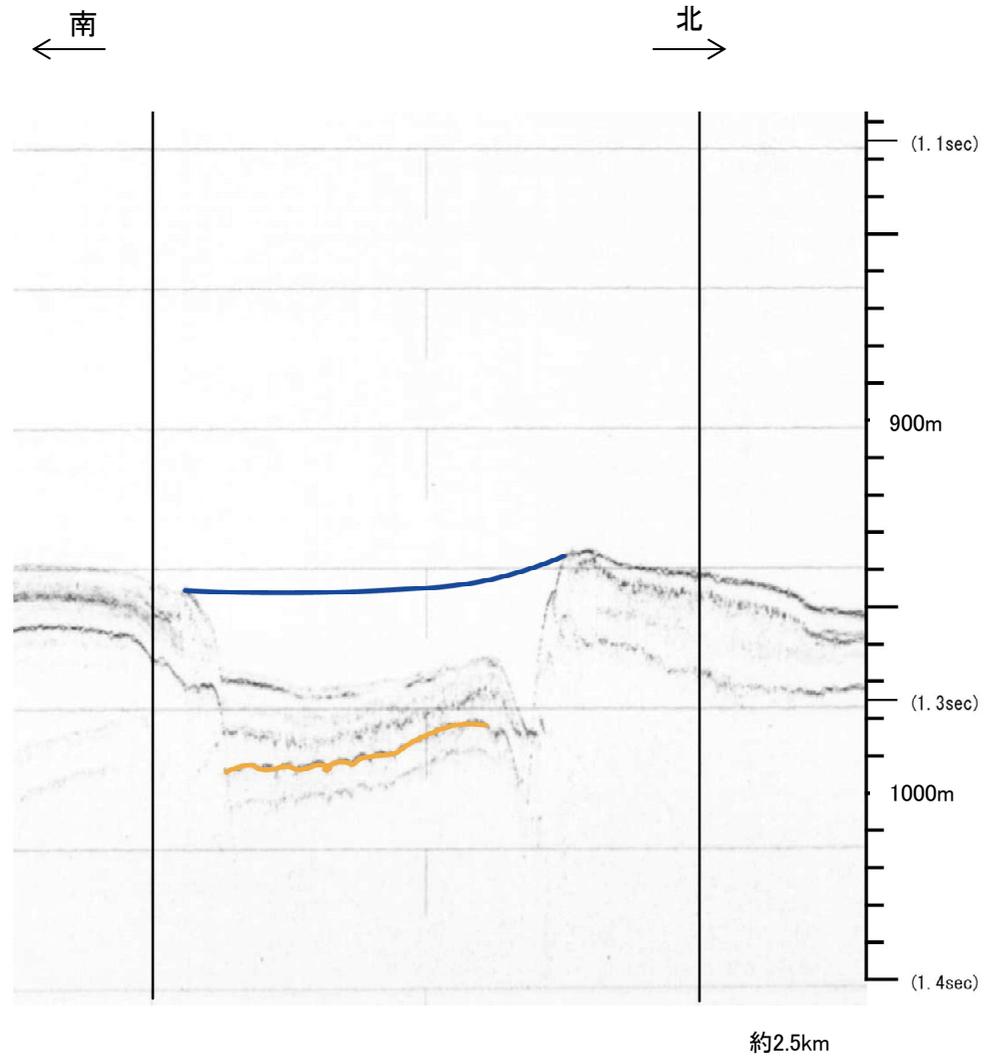
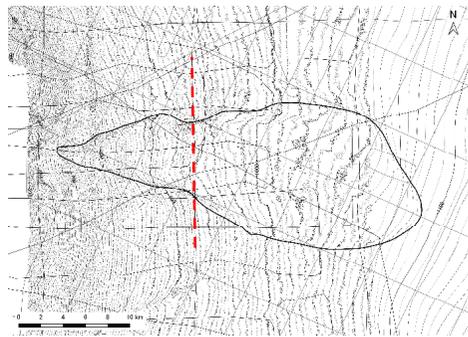


- : 崩壊域 (復元地形)
- : 堆積域 (復元地形)
- : すべり面

203測線

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: G-3測線

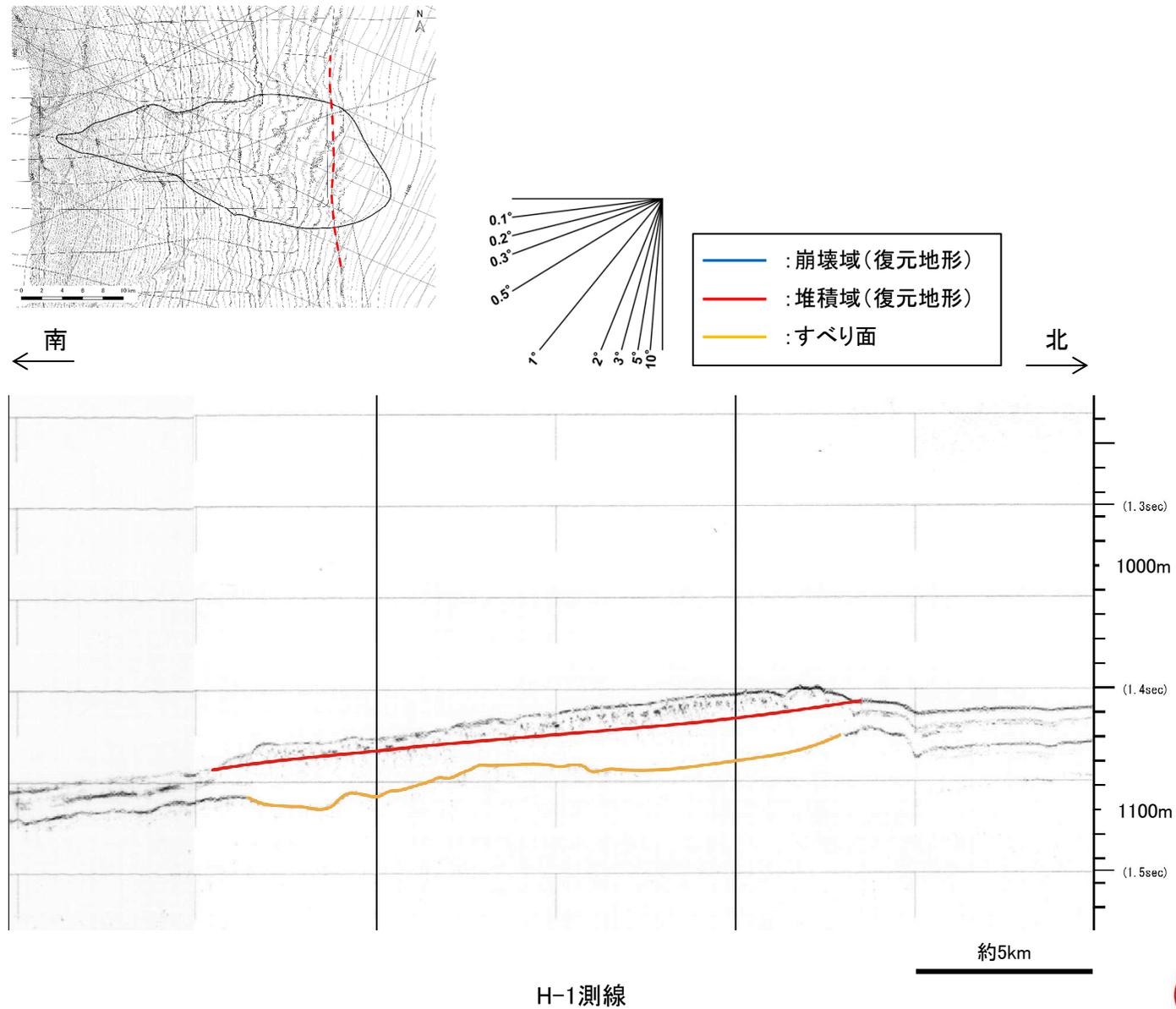


- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

G-3測線

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:H-1測線



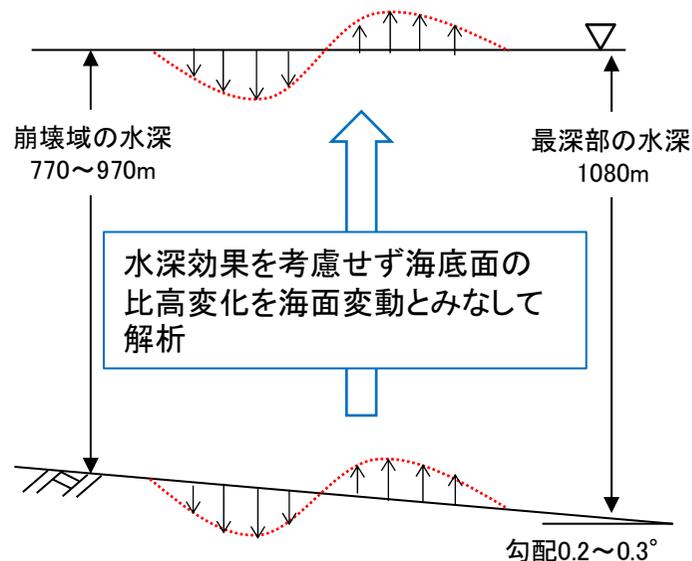
H-1測線

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

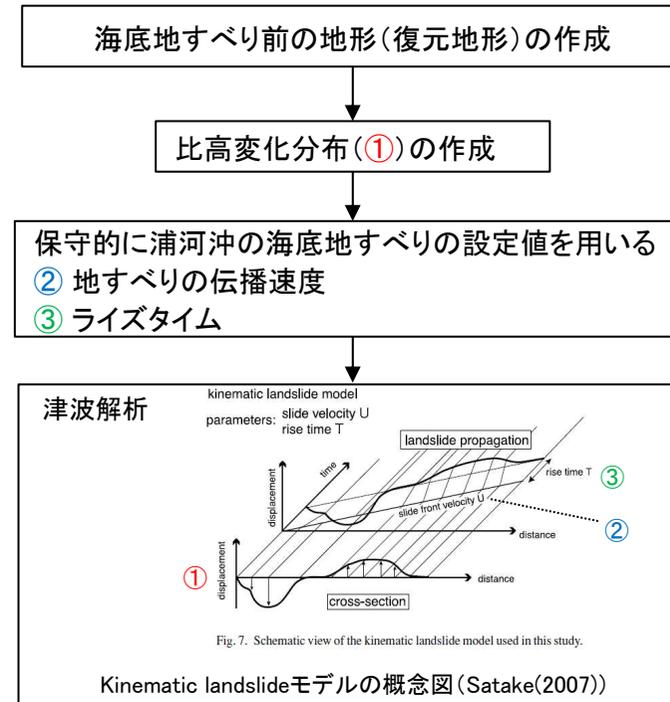
3.2.3 影響検討解析: 検討方針

- ・ 尻屋崎沖の海底地すべりの発生形態は並進すべり型で、厚さ15~25m程度の地すべり土塊が、水深約700~1100m、勾配0.2~0.3°程度の極めて緩やかに傾斜した層理面をすべり面として、繰り返しの移動により発生した可能性があることから、同海底地すべりに伴う津波はほとんど発生していないと考えられる。
- ・ ただし、発電所への津波高さに及ぼす影響を定量的に確認することを目的に、影響検討の位置付けで津波解析を実施する。
- ・ 影響検討解析は、①尻屋崎沖の海底地すべり単独、②浦河沖と尻屋崎沖の海底地すべりの同時活動の2ケースを実施する。
- ・ 解析モデルについて、尻屋崎沖の海底地すべりの発生形態及び海底地すべり地形の特徴から、海水・土砂層間の相互作用力及び水深を考慮する二層流モデルでは、津波はほとんど発生しないと考えられることから、水深効果を考慮せず海底面の比高変化を海面変動とみなすKinematic landslideモデルを用いる。また、解析に用いる地すべり伝播速度及びライズタイムは、保守的な条件となるよう、浦河沖の海底地すべりの設定値を用いる。

■ Kinematic landslideモデルによる解析概念図



■ 解析フロー

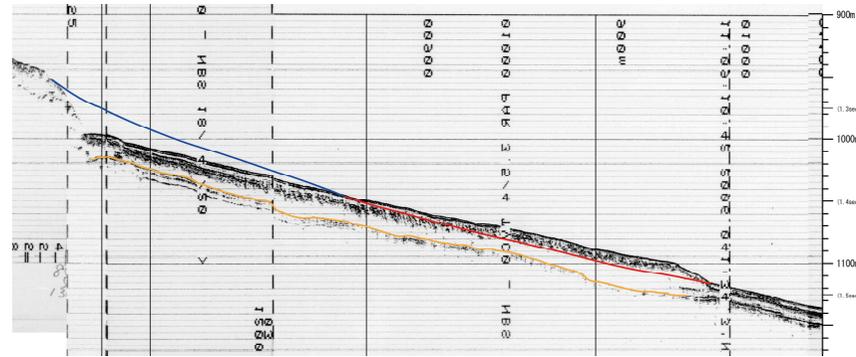
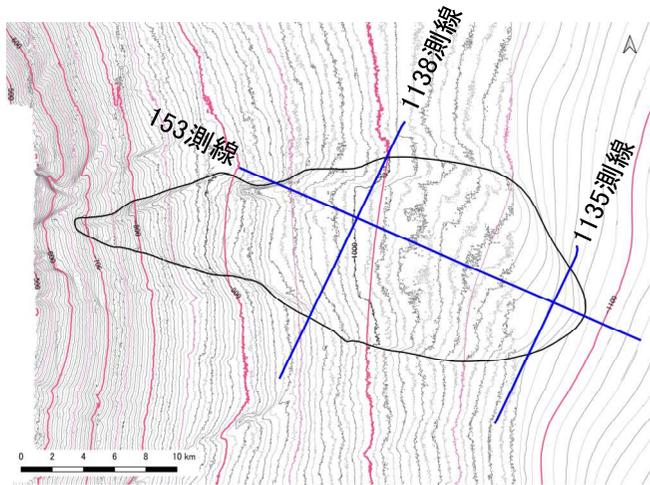


IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

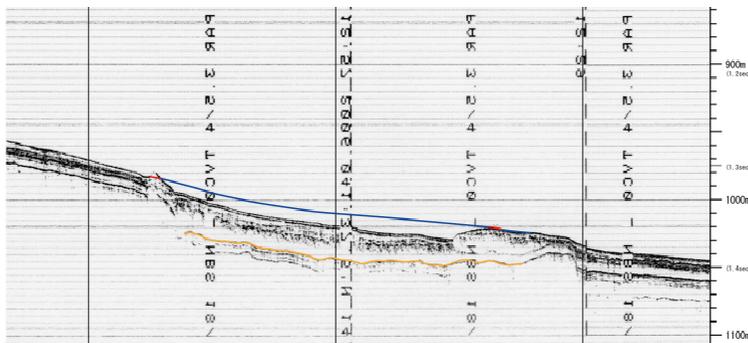
3.2.3 影響検討解析:海底地すべり前の地形(復元地形)の作成

- 海底地すべり前の地形(復元地形)は、海上音波探査記録を用いて崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面を推定し、海底地すべり地形周辺の海底地形(等深線)との関係、崩壊土量と堆積土量の収支のつり合いを考慮して作成した。
- 海底地すべり前後の等深線図及び海上音波探査記録を用いた崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果を以下に示す。

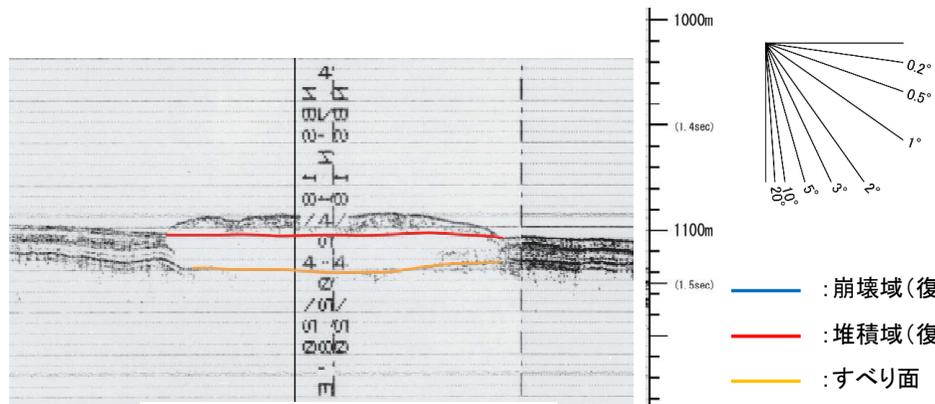
【海底地すべり前後の等深線図及び海上音波探査記録を用いた崩壊域、堆積域及びすべり面の推定結果】



153測線



1138測線



1135測線

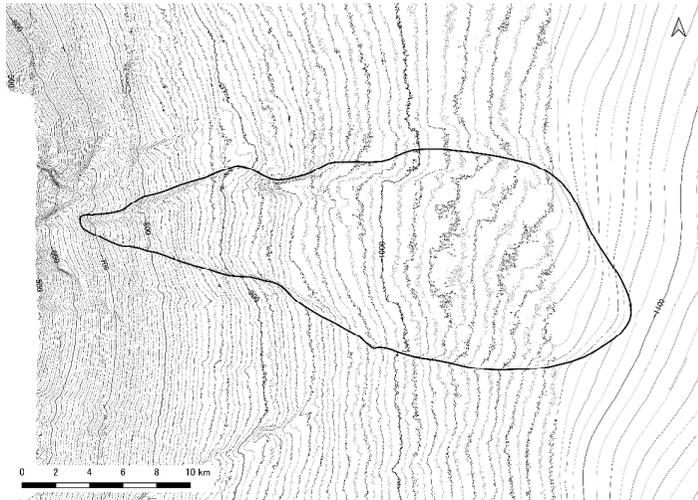
- 崩壊域(復元地形)
- 堆積域(復元地形)
- すべり面

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

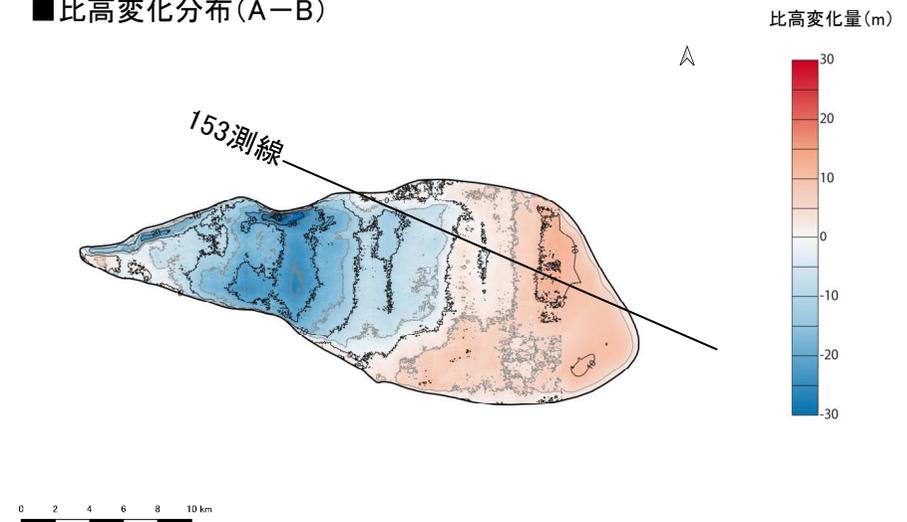
3.2.3 影響検討解析: 比高変化分布の作成

- 海底地すべり地形(現地形)と海底地すべり前の地形(復元地形)から作成した比高変化分布を以下に示す。

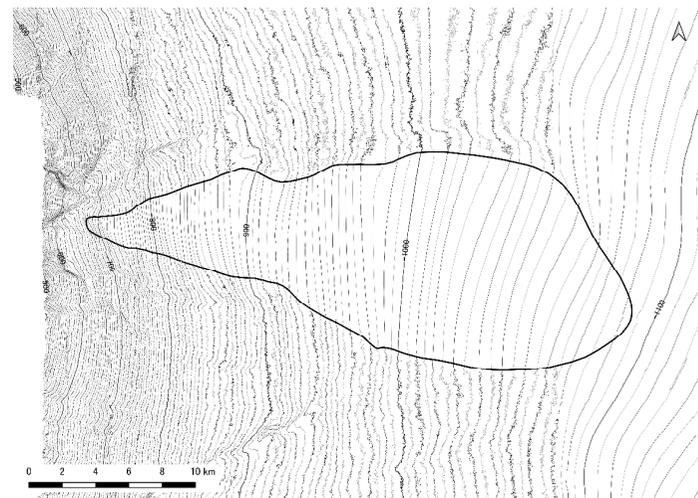
■海底地すべり地形(現地形)(A)



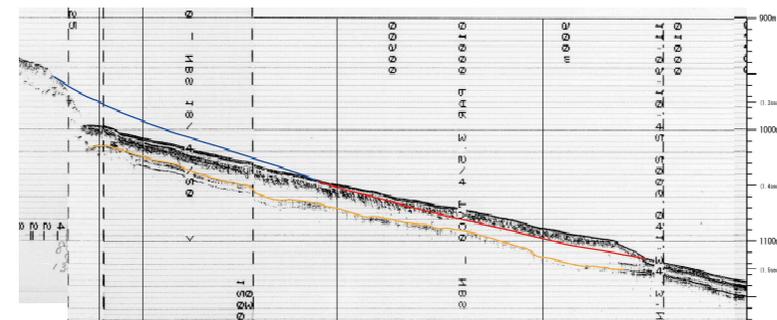
■比高変化分布(A-B)



■海底地すべり前の地形(復元地形)(B)



153測線



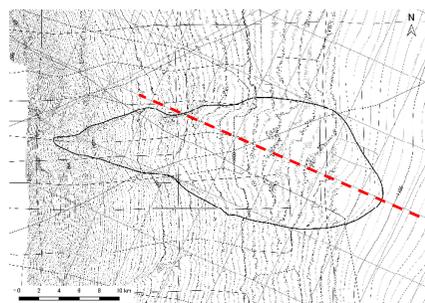
- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

3.2.3 影響検討解析:地すべりの伝播速度及びライズタイムの設定

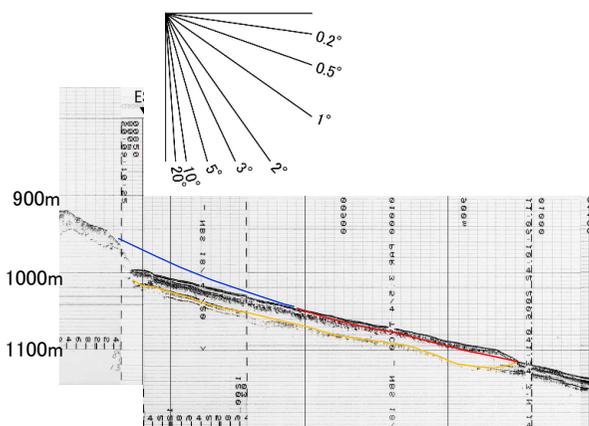
- ・ 尻屋崎沖及び浦河沖の海底地すべり地形(音波探査記録)の比較を以下に示す。
- ・ 地すべりの伝播速度及びライズタイムに影響を及ぼす崩壊域におけるすべり面の勾配について、浦河沖の勾配5~15° に対し、尻屋崎沖は0.2~0.3° 程度と極めて緩いととも、尻屋崎沖の地すべり土塊堆積(崩壊規模)は、浦河沖の1/2以下である。さらに、浦河沖は円弧すべり型であるのに対し、尻屋崎沖は並進すべり型であり、地すべりの伝播速度は浦河沖と比較して遅いと考えられる(Posamentier and Martinsen (2011))。
- ・ ただし、保守的に浦河沖の地すべり伝播速度6m/s, ライズタイム5分(300秒)*を用いて影響検討解析を実施する。

*:地すべり伝播速度及びライズタイム設定の詳細については、本資料「II. 地震以外に起因する津波の評価 1. 地すべり及び斜面崩壊 1.3 海底地すべりに起因する津波の評価」に記載

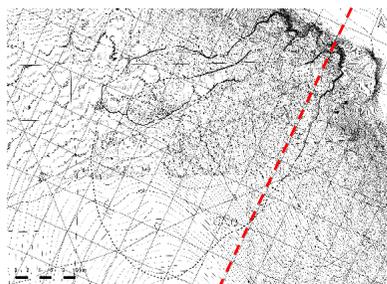
■ 尻屋崎沖の海底地すべり



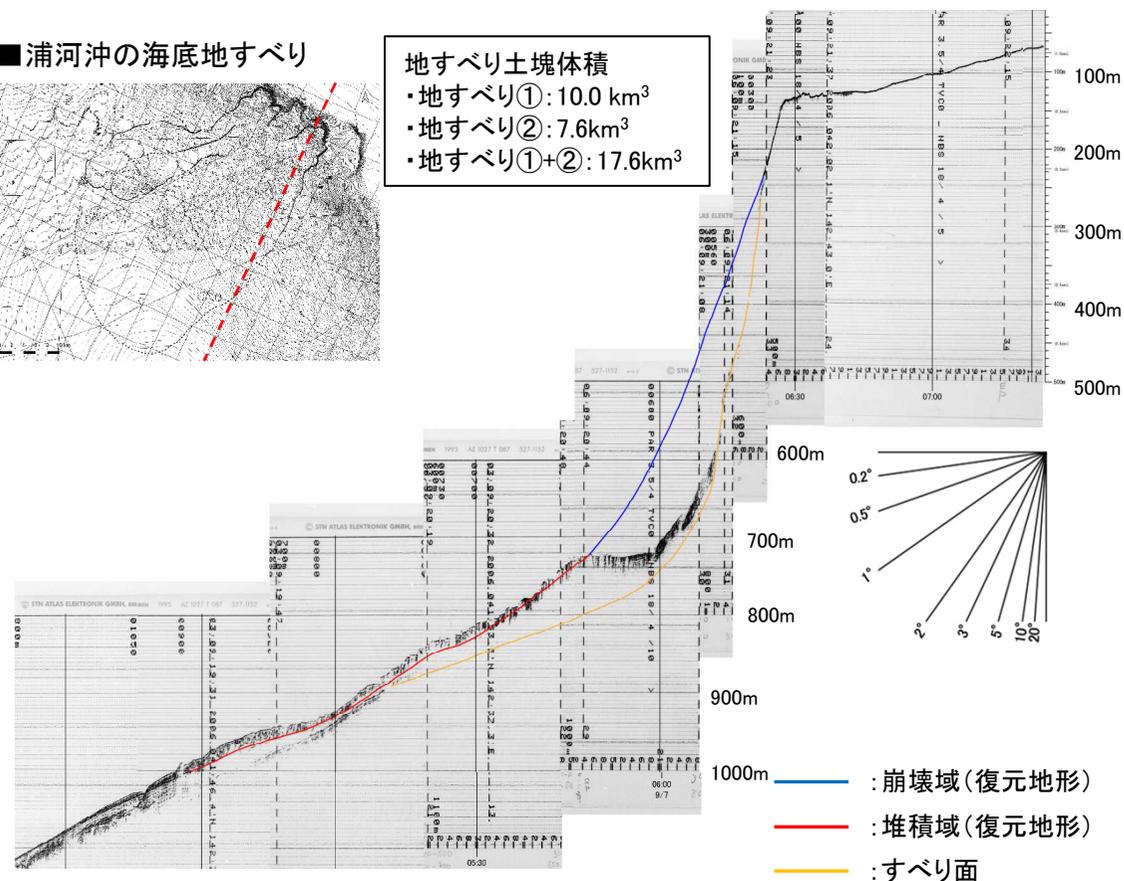
地すべり土塊体積: 6.5km³



■ 浦河沖の海底地すべり



地すべり土塊体積
 ・ 地すべり①: 10.0 km³
 ・ 地すべり②: 7.6 km³
 ・ 地すべり①+②: 17.6 km³



尻屋崎沖の海底地すべりの音波探査記録(153測線, 左)と浦河沖の海底地すべりの音波探査記録(1129測線, 右)の比較

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 影響検討解析: 尻屋崎沖単独の解析結果(1/2)

■最大水位上昇・下降量及び補機冷却海水系取水口敷高を下回る継続時間

- 尻屋崎沖の海底地すべり単独に伴う津波による最大水位上昇・下降量及び補機冷却海水系取水口敷高を下回る継続時間を以下に示す。
- 尻屋崎沖の海底地すべりの発生形態は並進すべり型で、厚さ15～25m程度の地すべり土塊が、水深約700～1100m、勾配0.2～0.3°程度の極めて緩やかに傾斜した層理面をすべり面として、繰り返しの移動により発生した可能性があることから、同海底地すべりに伴う津波はほとんど発生していないと考えられるが、保守的な条件を積み重ねて影響検討解析を実施した結果、敷地前面の最大水位上昇量は0.22mであり、発電所に与える影響は極めて小さいことを確認した。

【水位上昇側】

日高舟状海盆の 海底地すべり	最大水位上昇量(m)			
	敷地前面	取水口 前面	補機冷却海水 系取水口前面	放水路 護岸前面
尻屋崎沖単独	0.22 ^{※1}	0.20	0.20	— ^{※2}

※1: 敷地前面まで津波が到達しないため、敷地周辺での最大水位上昇量を記載

※2: 放水路護岸前面まで津波が到達しない。

【水位下降側】

日高舟状海盆の 海底地すべり	補機冷却海水系取水口前面	
	最大水位下降量(m)	取水口敷高 ^{※3} を下回る時間(分)
尻屋崎沖単独	-0.20	— ^{※4}

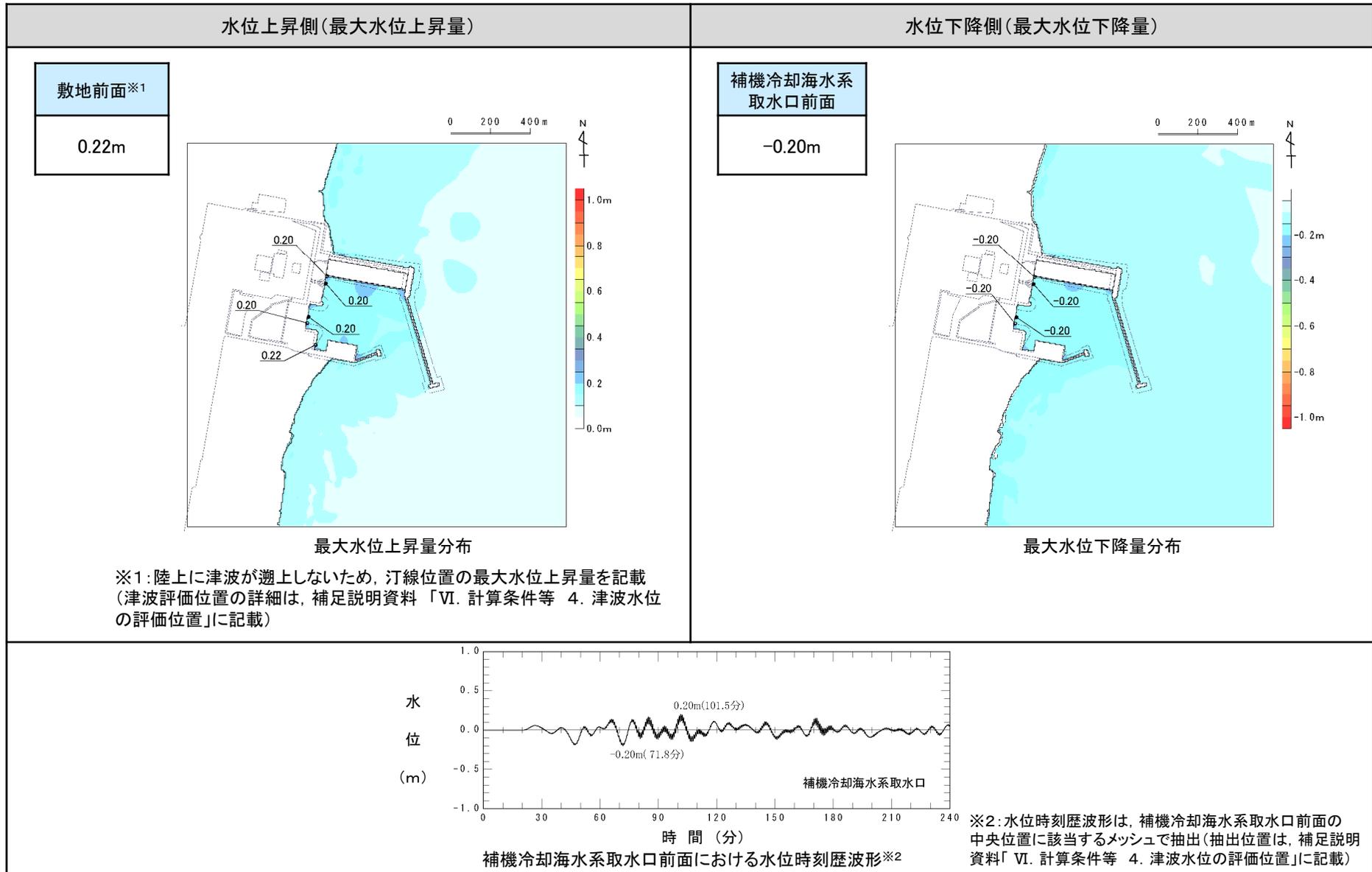
※3: 補機冷却海水系取水設備の詳細は、補足説明資料「VI. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置」に記載。

※4: 取水口敷高(T.P.-4.0m)を下回らない。

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 影響検討解析: 尻屋崎沖単独の解析結果(2/2)

■最大水位上昇量・下降量分布及び水位時刻歴波形



IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 影響検討解析: 浦河沖と尻屋崎沖の同時活動の解析結果(1/3)

■津波水位及び補機冷却海水系取水口敷高を下回る継続時間

- 浦河沖と尻屋崎沖の同時活動に伴う津波と、浦河沖単独の最大水位上昇量、最大水位下降量の比較を以下に示す。
- 両者の津波高さは同等であり、保守的な条件を積み重ねても尻屋崎沖の海底地すべりの影響はほとんどないことを確認した。
- 上記要因は、各海底地すべり発生位置の水位変化量について、浦河沖の海底地すべりは1.8mであるのに対し、尻屋崎沖では数cm程度であること、また、浦河沖の海底地すべりの移動方向は発電所方向であるのに対し、尻屋崎沖の海底地すべりは発電所から遠ざかる東方向に移動するため、浦河沖の津波と同時発生を考慮してもほとんど影響を及ぼさなかったものと考えられる。

【水位上昇側】

日高舟状海盆の 海底地すべり	最大水位上昇量 (m)			
	敷地前面	取水口 前面	補機冷却 海水系取 水口前面	放水路 護岸前面
浦河沖と尻屋崎沖の 同時活動	1.61※1	1.54	1.57	—※2
浦河沖単独	1.61※1	1.55	1.58	—※2

※1: 敷地前面まで津波が到達しないため、敷地周辺での最大水位上昇量を記載

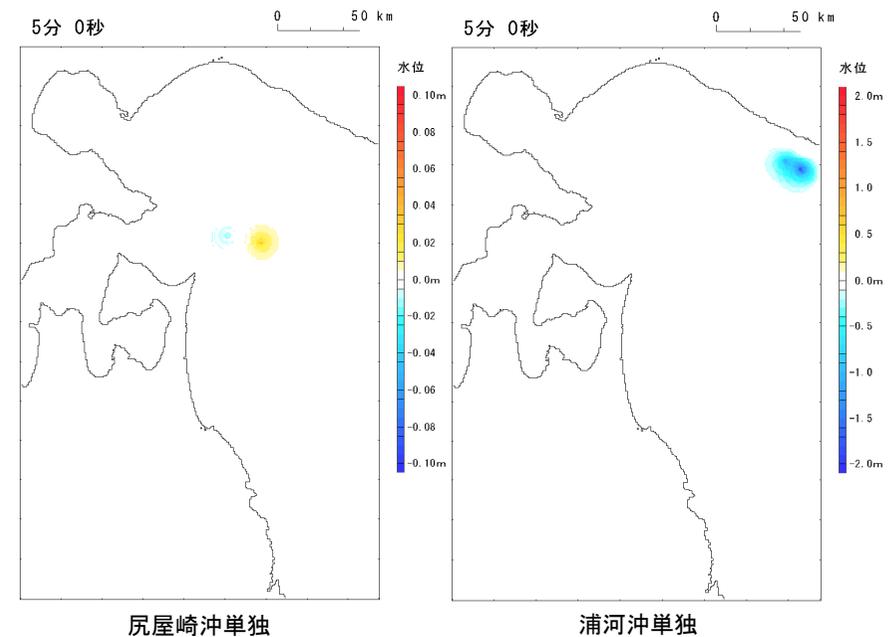
※2: 放水路護岸前面まで津波が到達しない。

【水位下降側】

日高舟状海盆の 海底地すべり	補機冷却海水系取水口前面	
	最大水位下降量 (m)	取水口敷高※3を下回る時 間 (分)
浦河沖と尻屋崎沖の 同時活動	-1.25	—※4
浦河沖単独	-1.24	—※4

※3: 補機冷却海水系取水設備の詳細は、補足説明資料「VI. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置」に記載。

※4: 取水口敷高 (T.P.-4.0m) を下回らない。

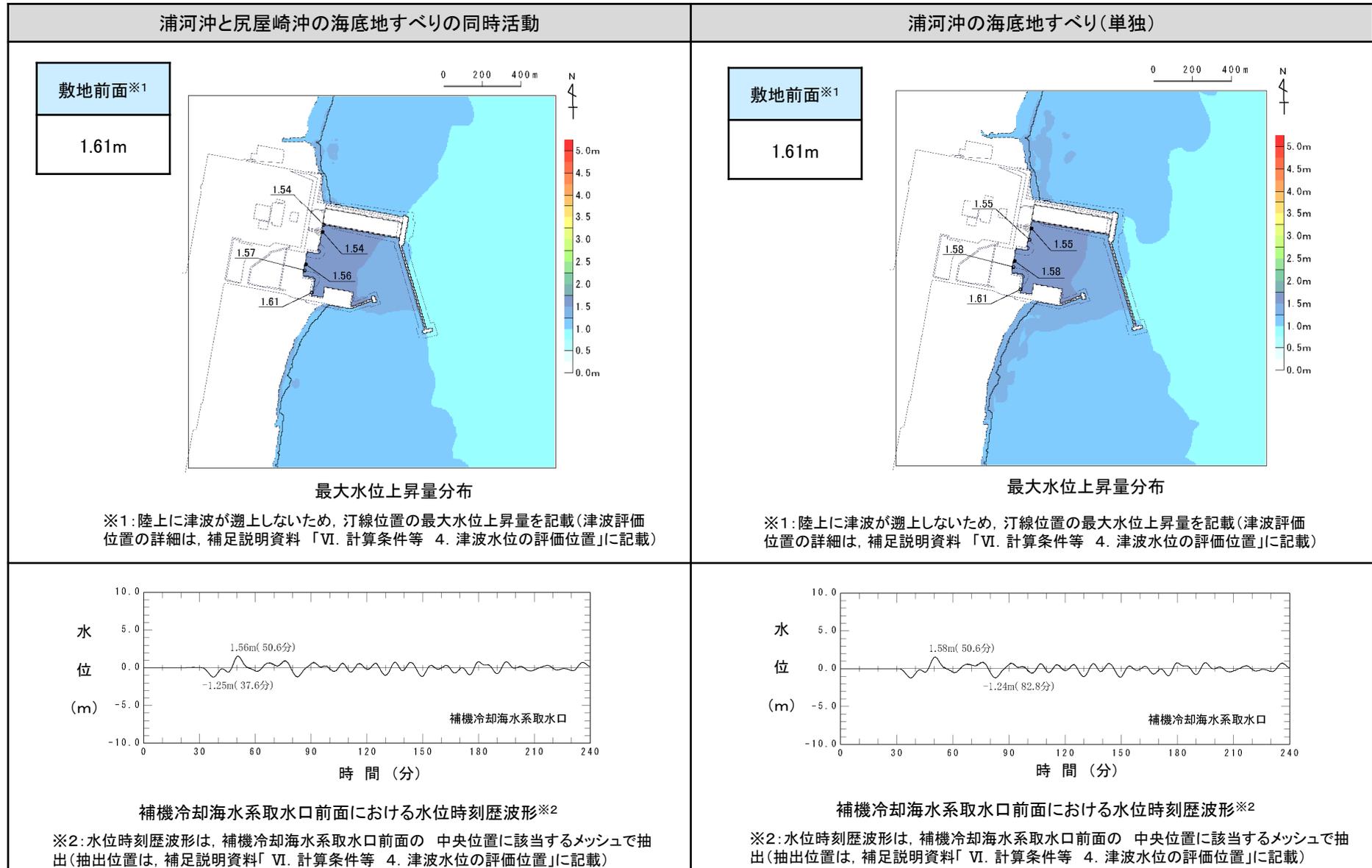


各海底地すべり(単独)発生位置の水位変化量
(海底地すべり発生5分後)

IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 影響検討解析: 浦河沖と尻屋崎沖の同時活動の解析結果(2/3)

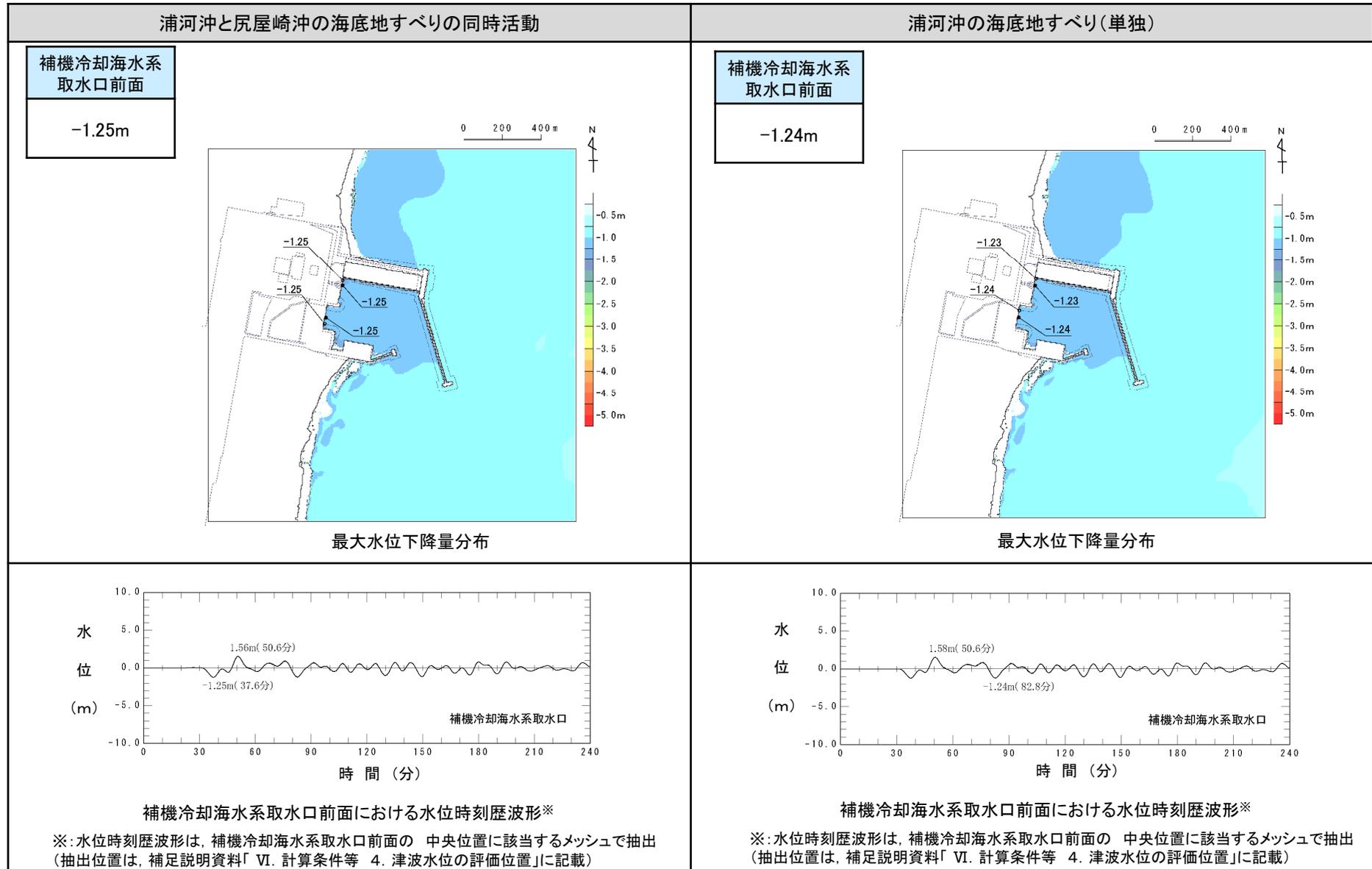
■最大水位上昇量分布及び水位時刻歴波形



IV. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 影響検討解析: 浦河沖と尻屋崎沖の同時活動の解析結果(3/3)

■最大水位下降量分布及び水位時刻歴波形



V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

1. プレート間地震とその他の地震が同時発生する津波評価上の関連性

1. 1 検討方針
1. 2 プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震(STEP1)
1. 3 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔(STEP2)
1. 4 まとめ

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 1. プレート間地震とその他の地震が同時発生する津波評価上の関連性

1.1 検討方針

- ・ プレート間地震とその他の地震の組合せ評価の要否について、プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震を確認した上で(STEP1)、国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔(STEP2)から検討する。
- ・ 検討フローを以下に示す。

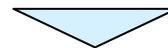
【検討フロー】

◆STEP1: プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震

- 2011年東北地方太平洋沖地震(以下、「3.11地震」という。)前後の地震発生状況
- 日本海溝・千島海溝沿いでプレート間地震後に発生したその他の地震の事例

◆STEP2: 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔

- 日本海溝・千島海溝沿い: 3.11地震
- 国外: 2004年スマトラ島沖地震, 1964年アラスカ地震, 1960年チリ地震, 1952年カムチャツカ地震



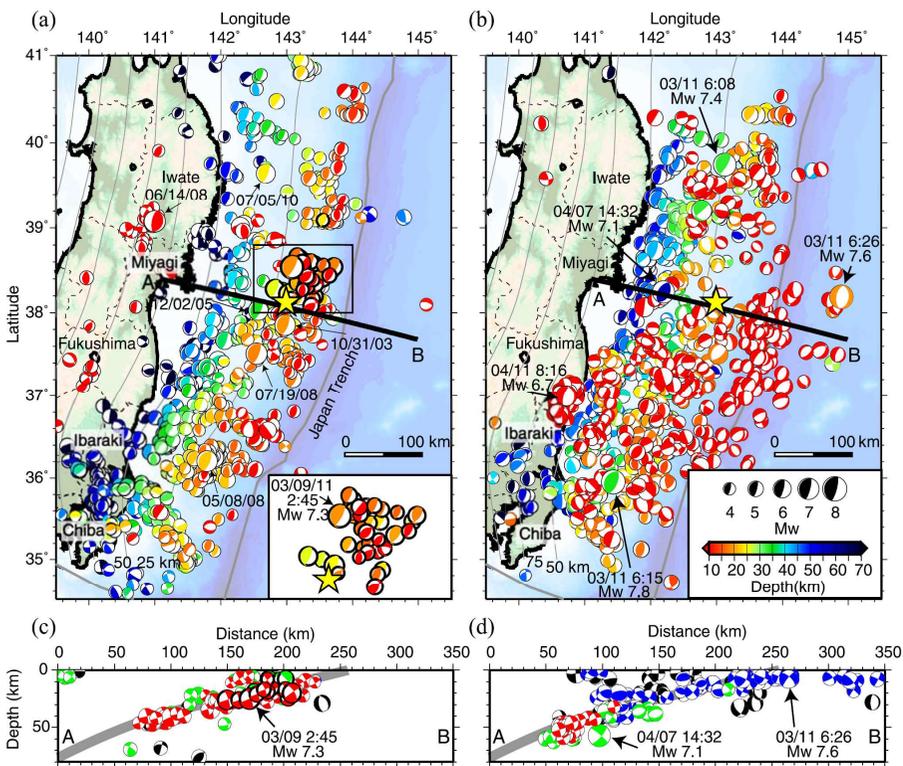
プレート間地震とその他の地震の組合せ評価の要否を検討

1.2 プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震(STEP1)

第1225回審査会合 (R6.2.9)
資料1-1-2 p291 再掲

■3.11地震前後の地震発生状況

- Asano et al.(2011)は、本震前後に発生した地震タイプについて、F-net, Hi-netにおいて2003年1月1日～2011年5月24日の期間に取得された地震記録を用いたCMT解を推定し、地震発生前は基本的にプレート境界型の地震が発生していたが、地震後は、すべりによる応力変化の影響により、上盤及び下盤プレートにおいて、正断層型の地震等が南北方向の広範囲で発生したことを示している。
- Hasegawa et al.(2012)は、本震(プレート間地震)の発生に伴う応力変化について、F-net, Hi-netにおいて2003年1月1日～2011年9月30日の期間に取得された地震の震源メカニズムの応力テンソルインバージョンから、圧縮場から伸張場に変化したことを示している。



(a)(c)3.11地震発生前のCMT解 [2003/1/1 ~ 2011/3/11 5:45(UTC)] (b)(d)3.11地震発生後のCMT解 [2011/3/11 5:46(UTC) ~ 2011/5/24]

(a)(b) 平面分布. CMT解のサイズはMwの大きさ. カラースケールは震源深さ. 黄色星は3.11地震の震源. 地震の発生時刻は協定世界時(UTC).
(c)(d) 断面図(測線AB). 発震機構のカラーについて、赤はプレート境界型. 緑は逆断層型. 青は正断層型. 黒はその他. 地震の発生時刻は協定世界時(UTC).

3.11地震前後に発生した地震のCMT解 [データ期間 2003/1/1 ~ 2011/5/24] (Asano et al.(2011))

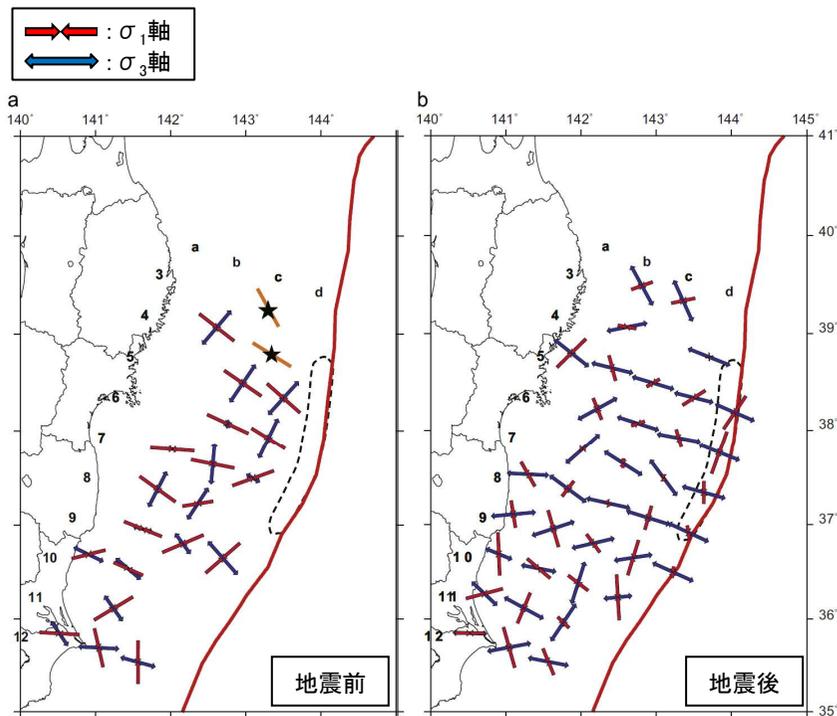


Fig. 6. Orientations of the best-fit σ_1 and σ_3 axes obtained by stress tensor inversions of upper plate events before (a) and after (b) the Tohoku-Oki earthquake. The σ_1 and σ_3 axes are indicated by red and blue arrows, respectively, at each grid node. The lengths of arrows correspond to the plunge of the principal stress axes. Orange bars with stars in (a) show the orientations of the maximum horizontal principal stress axis estimated from borehole breakout at two sites on ODP Leg 186 (Lin et al., 2011). The area of the estimated largest slip is enclosed by a dashed line near the trench axis.

応力テンソルインバージョンから得られた上盤プレートの応力場の変化 [データ期間 2003/1/1 ~ 2011/9/30] (Hasegawa et al.(2012)に一部加筆)

1.2 プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震 (STEP1)

■日本海溝・千島海溝沿いでプレート間地震後に発生した海洋プレート内地震: 沈み込む前の海洋プレート (海溝外縁隆起帯 (アウターライズ領域))

- 日本海溝沿いの岩手県沖南部では1896年明治三陸地震の約37年後に1933年昭和三陸地震, 千島海溝沿いでは2006年千島列島沖地震の約2か月後に2007年千島列島沖地震が発生している (Lay et al. (2011))。
- 上記事例に対し, Lay et al. (2011) は, プレート間地震の発生に伴う応力変化が周辺地殻の断層に影響し, 稀ではあるが, アウターライズ領域において大規模な地震の発生に繋がることがあるとしている。また, 3.11地震の発生により宮城県沖～福島県沖で応力変化が見られたことから, 将来, 同海域のアウターライズ領域で大規模な海洋プレート内地震の発生可能性を指摘しているが, これまでに1933年昭和三陸地震と同規模の地震は発生していない (2024年1月時点で約13年経過)。

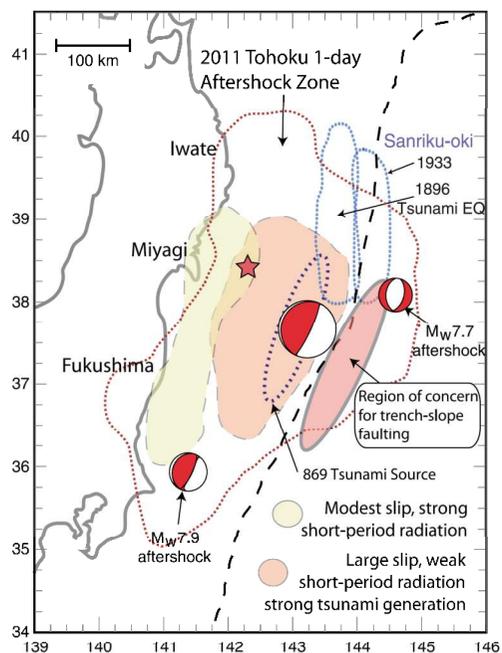
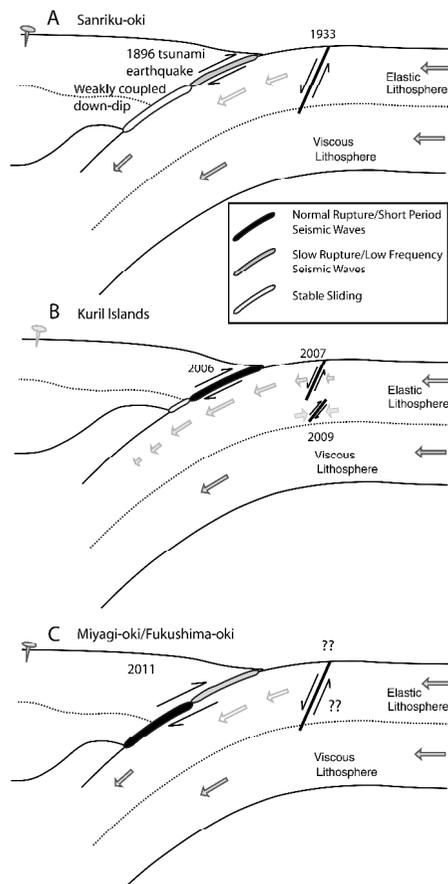


Fig. 1. Map of the 2011 Tohoku rupture attributes and historic large earthquakes along the up-dip region of the Japan subduction zone. The long dashed curve indicates the position of the trench. The red star is the USGS epicentral location. Frequency-dependent attributes of the 2011 mainshock rupture inferred from short-period and broadband seismic and geodetic analyses are indicated (Koper et al., 2011). The 1 day aftershock zone for the 2011 event is delimited by the red dotted curve with the global centroid moment tensor focal mechanisms for the mainshock, the 11 March 2011 M_w 7.9 thrust aftershock and the large 11 March 2011 M_w 7.7 outer rise aftershock being shown. The pink ellipse indicates the trench slope environment for which there is concern about future tsunamigenic normal faulting.

3.11地震の破壊特性と日本海溝沿いで発生した既往地震
(Lay et al. (2011))



	プレート間地震	時間間隔	海洋プレート内地震
日本海溝	1896年6月15日 明治三陸地震 ($M \sim 8.5$)	約37年後	1933年3月3日 昭和三陸地震 ($M_w 8.6$)
千島海溝	2006年11月15日 千島列島沖地震 ($M_w 8.4$)	約2か月後	2007年1月13日 千島列島沖地震 ($M_w 8.1$)

(Lay et al. (2011))に基づき作成)

A: 日本海溝 (三陸沖)
B: 千島海溝
C: 日本海溝 (宮城県沖～福島県沖)

Fig. 4. Schematic cross-sections of the A) Sanriku-oki, B) Kuril and C) Miyagi-oki subduction zones where great interplate thrust events have been followed by great trench slope or outer rise extensional events (in the first two cases) and concern about that happening in the case of the 2011 event.

日本海溝・千島海溝の沈み込み帯と既往地震※ (Lay et al. (2011))

※: 宮城県沖～福島県沖のアウターライズ領域では, 過去に大規模な海洋プレート内地震 (正断層型) が発生した記録はない。

1.2 プレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により発生する地震(STEP1)

第1225回審査会合 (R6.2.9)
資料1-1-2 p293 再掲

■日本海溝・千島海溝沿いでプレート間地震後に発生した海洋プレート内地震: 沈み込んだ海洋プレート内

- 日本海溝沿いの青森県東方沖及び岩手県沖北部では、1968年十勝沖地震本震の約10時間後、沈み込んだ海洋プレート内で正断層型の地震が発生している(地震調査研究推進本部(2019), Izutani(2011))。
- Hatori(1969)は、同地震では津波も伴ったが、本震による津波と明確に区別することは出来ないとしている。

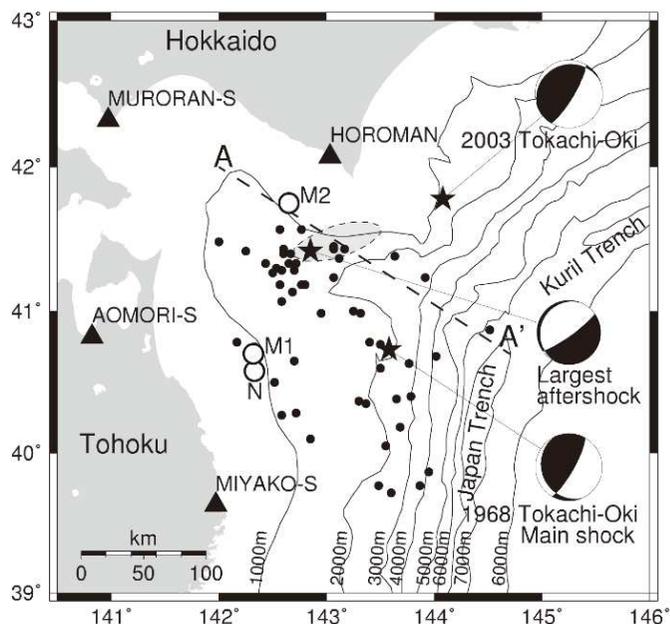


Fig. 1. Epicenters (solid stars) and focal mechanism solutions of the 1968 Tokachi-Oki earthquake, its largest aftershock, and the 2003 Tokachi-Oki earthquake. The solid triangles indicate strong motion observation stations. The solid circles show epicenters of aftershocks within 24 hours after the 1968 Tokachi-Oki earthquake. The open circle with 'N' indicates the epicenter of I-phase determined by Nagamune (1971), and those with 'M1' and 'M2' are the locations of subevents by Mori and Shimazaki (1984). The thick broken line marked with A and A' is approximately parallel to the direction of motion of the Pacific plate. The shaded ellipse indicated by a broken line indicates the fault plane of the largest aftershock derived in the present study.

1968年十勝沖地震の本震と最大余震の震央位置とメカニズム解 (Izutani(2011))

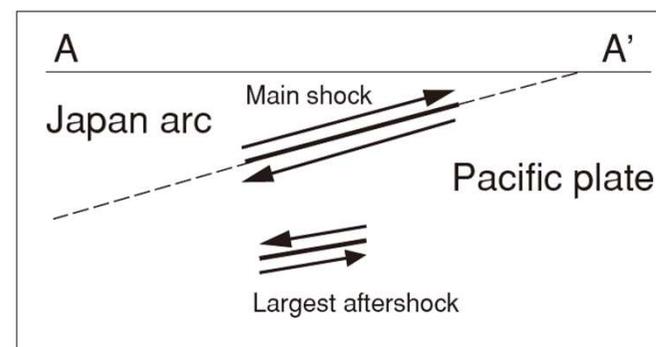


Fig. 5. Schematic illustration of the slip vectors for the main shock and the largest aftershock projected on the vertical section along A-A' in Fig. 1. The thick solid lines and the arrows indicates the fault planes and the slip vectors. The broken line indicates the boundary between the Pacific plate and the Japan arc.

1968年十勝沖地震の本震と最大余震のスリップベクトル(模式図) (Izutani(2011))

	プレート間地震	時間間隔	海洋プレート内地震
日本海溝 (青森県東方沖及び 岩手県沖北部)	1968年5月16日9時48分 十勝沖地震 (M7.9)	約10時間後	1968年5月16日19時39分頃 十勝沖地震(余震) (M7.5)

(地震調査研究推進本部(2019)に基づき作成)

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 1. プレート間地震とその他の地震が同時発生する津波評価上の関連性

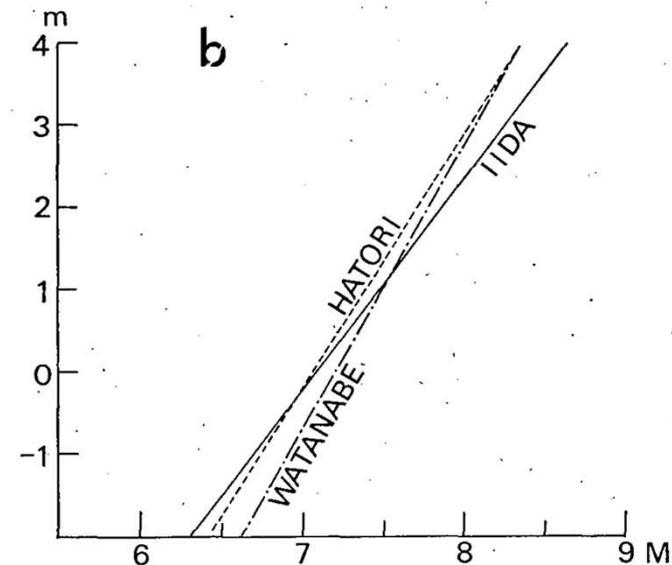
1.3 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔(STEP2)

- 日本海溝・千島海溝沿いでは、過去にプレート間地震の発生に伴う応力変化の影響により、上盤及び下盤プレートにおいて正断層型の地震等が発生していることを踏まえ、国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔を確認する。
- 対象とする地震の規模(M)について、安全側に津波マグニチュード(m) - 1を上回る規模のM7以上とする。また、検討期間については、プレート間地震発生後10年間(10年間で一度も発生していない場合は10年後以降で最も早く発生したM7以上の地震)とする。

津波マグニチュード(m)(今村・飯田の津波規模階級)と
津波の高さ及び被害程度の関係
(Iida(1958))

規模階級(m)	津波の高さ(H)	被害程度
-1	50cm以下	なし
0	1m程度	非常にわずかの被害
1	2m程度	海岸および舟(船)の被害
2	4~6m程度	若干の内陸までの被害や人的損失
3	10~20m程度	400km以上の海岸線に顕著な被害
4	30m以上	500km以上の海岸線に顕著な被害

(表は、渡辺(1998)に基づき作成)



IIDA: 沿岸の最大津波高と災害程度の間数(Iida(1958))
WATANABE: 津波波源の全振幅の間数(渡辺(1963))
HATORI: 津波の初動振幅または最大振幅、および震央距離または津波の伝播距離の間数(Hatori(1973))

津波マグニチュード(m)とマグニチュード(M)の関係
(渡辺(1973))

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

1. プレート間地震とその他の地震が同時発生する津波評価上の関連性

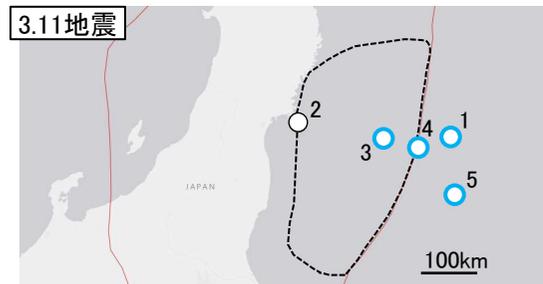
1.3 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に発生した地震の時間間隔(STEP2)

- 国内外で発生したM9クラスのプレート間地震の波源域周辺において、プレート間地震後に上盤及び下盤プレートで発生したM7以上の地震の発生状況*1を以下に示す。
- M7以上の地震は、プレート間地震発生後10年間でそれぞれ数個(0~5個)発生しており、本震後に最も早く発生した地震との時間間隔は、3.11地震の事例で約40分(プレート間地震による津波が沿岸付近に到達する程度の時間)、国外の事例では数か月~数十年の間がある。

※1: 整理方法について

- 地震記録はUSGS地震カタログに基づき、本震と関連している可能性の有無に関わらず対象となる地震を抽出した。1950~60年代の地震については、発生時期が古く、M7以上の地震種別を判断できる記載がないことから、プレート間地震の可能性のあるものを含めて抽出した。
- 津波高については、NOAA津波データベースを基本とし、3.11地震については気象庁のデータも含めて整理した。

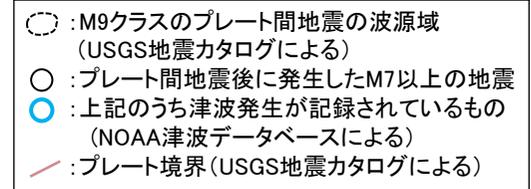
【国内外で発生したM9クラスのプレート間地震の波源域周辺における上盤及び下盤プレートのM7以上の地震の発生状況】



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	2011-03-11 05:46	9.1	29	39.26
1	2011-03-11 06:25	7.7	19	不明 ^{※2,3}
2	2011-04-07 14:32	7.1	42	
3	2011-07-10 00:57	7.0	23	0.12 ^{※2}
4	2012-12-07 08:18	7.3	31	0.98 ^{※2}
5	2013-10-25 17:10	7.1	35	0.36 ^{※2}



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	2004-12-26 00:58	9.1	30	50.9
1	2005-07-24 15:42	7.2	16	
2	2009-08-10 19:55	7.5	24	
3	2012-01-10 18:36	7.2	19	
4	2012-04-11 08:38	8.6	20	1.08
5	2012-04-11 10:43	8.2	25	記録なし



■地震データ

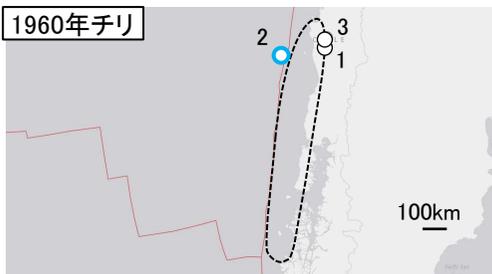
- 発生日時は協定世界時(UTC)で表示
- 地震規模M=M_w(モーメントマグニチュード)として抽出
- 本震以降の地震のMのうち、最大規模の地震は**太字**で表示
- 本震発生から最短の地震までの時間差を**青字**で表示

※2: 気象庁(2021)による。

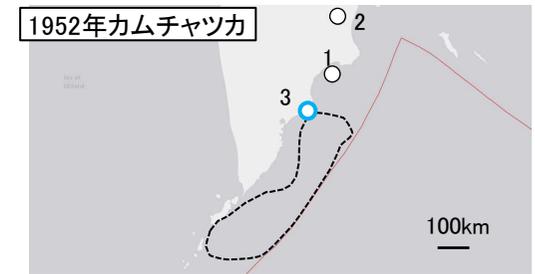
※3: 本震による津波が非常に大きかったため、観測記録からは確認できないが、地震の規模等を考えると、津波を発生させた可能性がある(気象庁(2021))。



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	1964-03-28 03:36	9.2	25	51.8
1	1987-11-30 19:23	7.9	10	0.43



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	1960-05-22 19:11	9.5	25	25
1	1960-06-20 02:01	7.0	25	
2	1960-11-01 08:45	7.4	20	記録なし
3	1962-02-14 06:36	7.1	30	



No.	発生日時	Mw	深さ(km)	最大津波高(m)
本震	1952-11-04 16:58	9.0	22	23
1	1955-03-18 00:06	7.2	59	
2	1957-10-27 22:32	7.6	148	
3	1959-05-04 07:15	7.9	55	0.2

約40分後

約7か月後

約23年後

約1か月後

約2年後

1.4 まとめ

- 日本海溝・千島海溝沿いでは、過去にプレート間地震の発生に伴う応力変化(圧縮場→伸張場)の影響により、上盤及び下盤プレートにおいて正断層型の地震等が発生していることを踏まえ、国内外で発生したM9クラスのプレート間地震と地震後に上盤及び下盤プレートで発生したM7以上※¹の地震の時間間隔を確認した。
- 確認の結果、応力変化の影響により大規模な海洋プレート内地震等が発生する時間間隔は、十分な期間があることを確認した。
- また、3.11地震の事例では、プレート間地震による津波が沿岸付近に到達する程度の約40分後にMw7クラスの海洋プレート内地震が発生したが※²、プレート間地震の地震動継続時間(数分間程度)よりも長いことを確認した。
- 以上から、プレート間地震とその他の地震の組合せは、評価対象外とする。

※1: 津波マグニチュード(m)-1 (津波の高さ: 50cm以下, 被害程度: なし)を上回る規模の地震。

※2: 本震による津波が非常に大きかったため、津波は観測記録からは確認できないが、地震の規模等を考えると、津波を発生させた可能性がある(気象庁(2021))。

国内外で発生したプレート間地震とその他の地震の時間間隔

		プレート間地震	時間間隔	その他の地震	備考	
国内	日本海溝	青森県東方沖及び岩手県沖北部	1968年5月16日9時48分 十勝沖地震(M7.9)	約10時間後	1968年5月16日19時39分頃 十勝沖地震(余震)(M7.5)	本震による津波と明確に区別することは出来ない
		岩手県沖南部	1896年6月15日 明治三陸地震(M ~8.5)	約37年後	1933年3月3日 昭和三陸地震(Mw8.6)	
		宮城県沖～福島県沖	2011年3月11日14時46分 3.11地震(Mw9.1)	2024年1月時点で 約13年経過	1933年昭和三陸地震規模の地震は発生していない (2024年1月時点)	約40分後(プレート間地震による津波が沿岸付近に到達する程度の時間)に海洋プレート内地震が発生したが、プレート間地震の地震動継続時間(数分間程度)よりも長い
	千島海溝	2006年11月15日 千島列島沖地震(Mw8.4)	約2か月後	2007年1月13日 千島列島沖地震(Mw8.1)		
国外	2004年スマトラ島沖	2004年12月26日(UTC) (Mw9.1)	約7か月後	2005年7月24日(UTC) (Mw7.2)	その他の地震による津波は発生していない	
	1964年アラスカ	1964年3月28日(UTC) (Mw9.2)	約23年後	1987年11月30日(UTC) (Mw7.9)		
	1960年チリ	1960年5月22日(UTC) (Mw9.5)	約1か月後	1960年6月20日(UTC) (Mw7.0)	その他の地震による津波は発生していない	
	1952年カムチャツカ	1952年11月4日(UTC) (Mw9.0)	約2年後	1955年3月18日(UTC) (Mw7.2)	その他の地震による津波は発生していない	

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

2. 下北海底地すべりと連動型地震の線形足し合わせによる津波水位

- 2. 1 海底地すべりが発生する時間範囲の算定
- 2. 2 線形足し合わせによる水位変動量

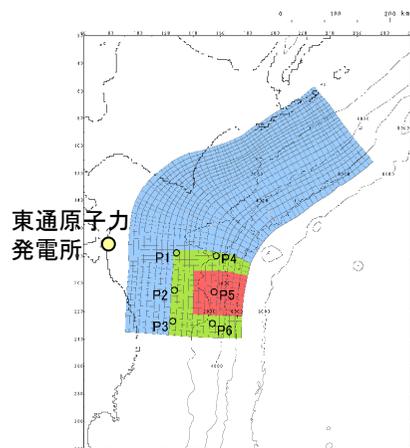
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 2. 下北海道地すべりと連動型地震の線形足し合わせによる津波水位

2.1 海底地すべりが発生する時間範囲の算定

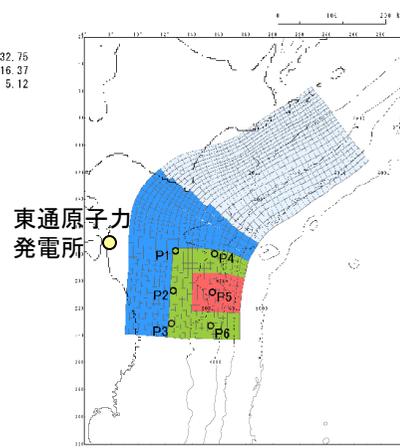
■地震動の到達時間(T_s)の算定

- 各地震の破壊開始点から海底地すべり頂部までの距離(=震源距離)とS波速度(3.4km/s(地震調査研究推進本部(2009)))から、海底地すべり位置に地震動が到達する時間(T_s)を以下のとおり算定した。

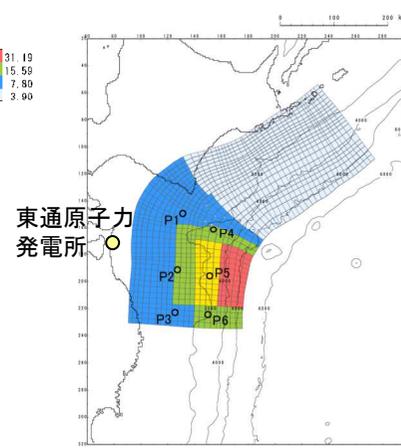
区分	波源モデル	破壊開始点位置	海底地すべり	地震の破壊開始点から海底地すべり頂部までの距離(X)	S波速度	地震動到達時間(T_s)
水位上昇側	基準断層モデル① 基準断層モデル②	P6	下北海道地すべり(SLS-2)	243.6(km)	3.4(km/s)	71.6(s)
水位下降側	基準断層モデル③	P4	下北海道地すべり(SLS-2)	191.5(km)	3.4(km/s)	56.3(s)
	基準断層モデル④	P1	下北海道地すべり(SLS-2)	130.1(km)	3.4(km/s)	38.3(s)



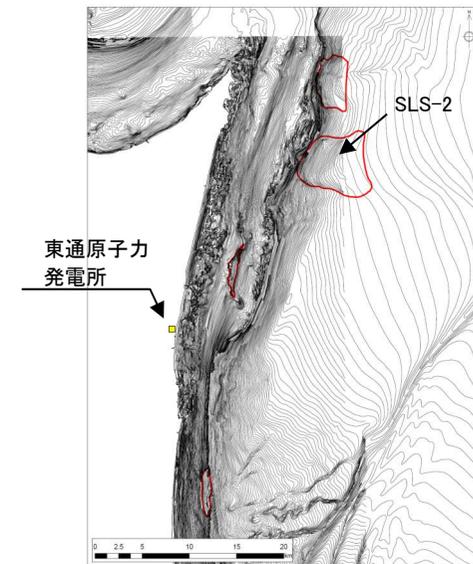
基準断層モデル①
基準断層モデル②
破壊開始点:P6



基準断層モデル③
破壊開始点:P4



基準断層モデル④
破壊開始点:P1



下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり(SLS-2)

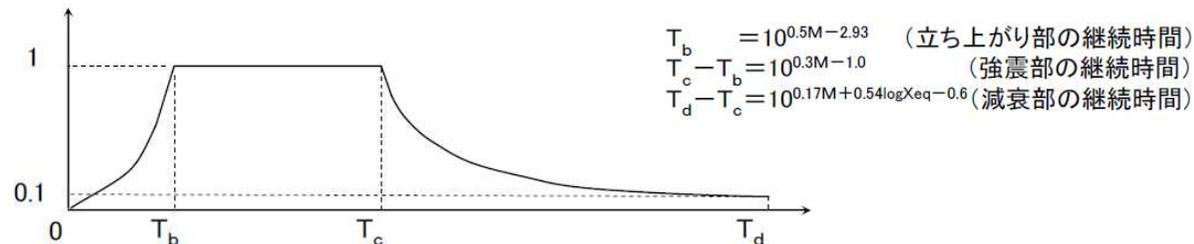
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 2. 下北海底地すべりと連動型地震の線形足し合わせによる津波水位

2.1 海底地すべりが発生する時間範囲の算定

■地震動継続時間(T_d)の算定

- Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性を参考として、海底地すべり位置での地震動継続時間(T_d)を以下のとおり算定した。

区分	波源モデル	破壊開始点	地震規模	各地震の破壊開始点から海底地すべり頂部までの距離(=震源距離)	振幅包絡線の経時特性		
					T_b	T_c	T_d
水位上昇側	基準断層モデル①	P6	9.04	243.6(km)	38.9(s)	90.4(s)	258.5(s)
	基準断層モデル②						
水位下降側	基準断層モデル③	P4	9.05	191.5(km)	39.4(s)	91.2(s)	239.4(s)
	基準断層モデル④	P1	9.04	130.1(km)	38.9(s)	90.4(s)	210.2(s)



Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性

■海底地すべりが発生する時間範囲の算定

- 海底地すべり位置に地震動が到達する時間(T_s)と地震動継続時間(T_d)から、海底地すべりが発生する時間範囲を以下のとおり算定した。

区分	波源モデル	破壊開始点	地震動到達時間(T_s)	地震動継続時間(T_d)	海底地すべりが発生する時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)
水位上昇側	基準断層モデル①	P6	71.6(s)	258.6(s)	71.6(s) ~ 330.2(s)
	基準断層モデル②				
水位下降側	基準断層モデル③	P4	56.3(s)	239.5(s)	56.3(s) ~ 295.8(s)
	基準断層モデル④	P1	38.3(s)	210.2(s)	38.3(s) ~ 248.5(s)

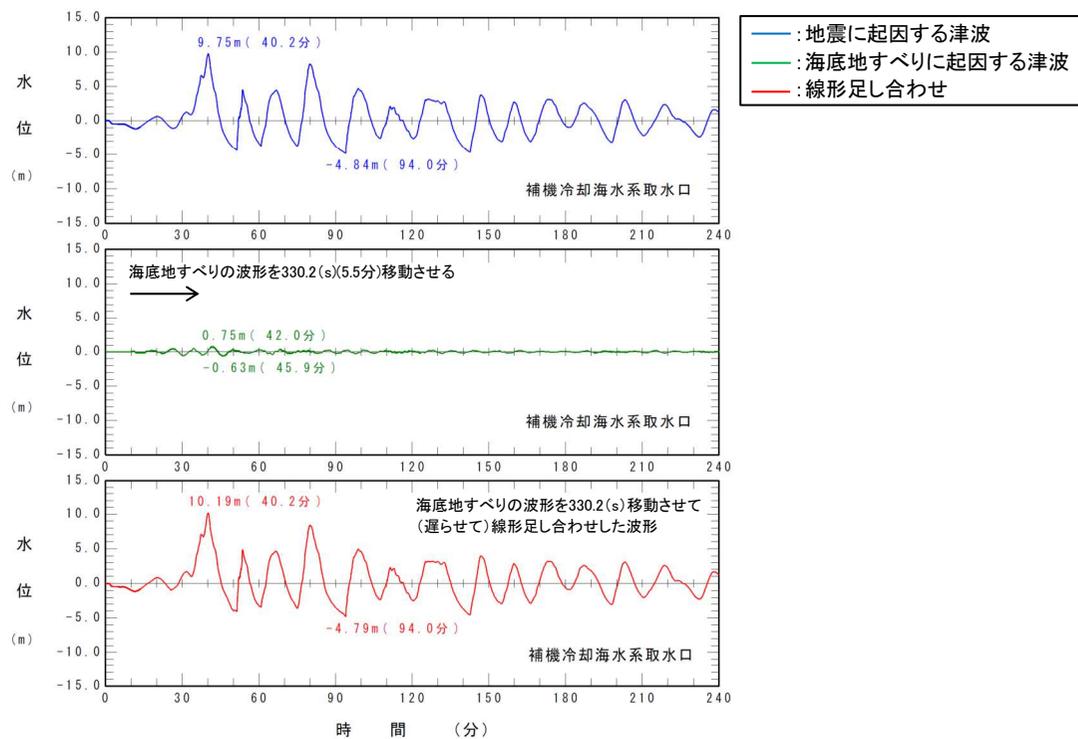
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 2. 下北海道地すべりと連動型地震の線形足し合わせによる津波水位

2.2 線形足し合わせによる水位変動量

■水位上昇側(1/2)

- 連動型地震(基準断層モデル①)と下北海道地すべりの線形足し合わせによる最大水位上昇量を以下に示す。

十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震	海底地すべり	海底地すべりが発生する時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)	補機冷却海水系取水口前面	
			組合せ時間(T_{max})	線形足し合わせによる最大水位上昇量
基準断層モデル①	下北太平洋側大陸棚外縁 SLS-2(二層流モデル)	71.6(s)~330.2(s)	330.2(s)	10.19 (m)



補機冷却海水系取水口前面

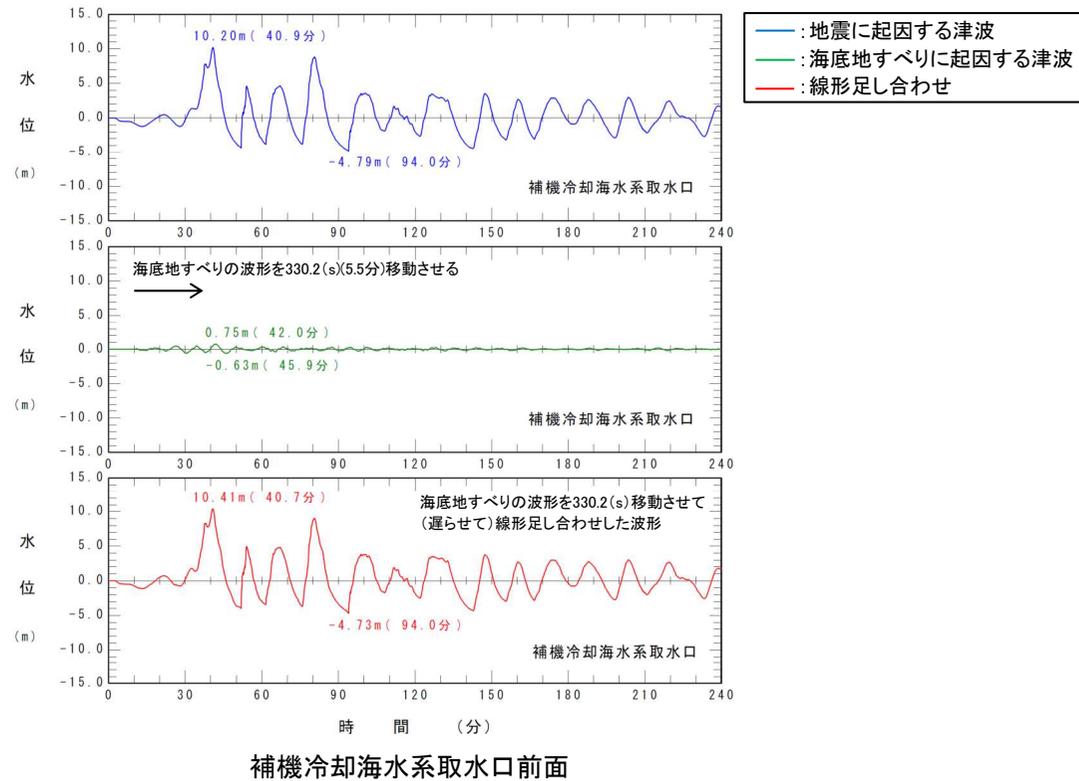
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 2. 下北海道地すべりと連動型地震の線形足し合わせによる津波水位

2.2 線形足し合わせによる水位変動量

■水位上昇側(2/2)

- 連動型地震(基準断層モデル②)と下北海道地すべりの線形足し合わせによる最大水位上昇量を以下に示す。

十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震	海底地すべり	海底地すべりが発生する時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)	補機冷却海水系取水口前面	
			組合せ時間(T_{max})	線形足し合わせによる最大水位上昇量
基準断層モデル②	下北太平洋側大陸棚外縁 SLS-2(二層流モデル)	71.6(s)~330.2(s)	330.2(s)	10.41 (m)



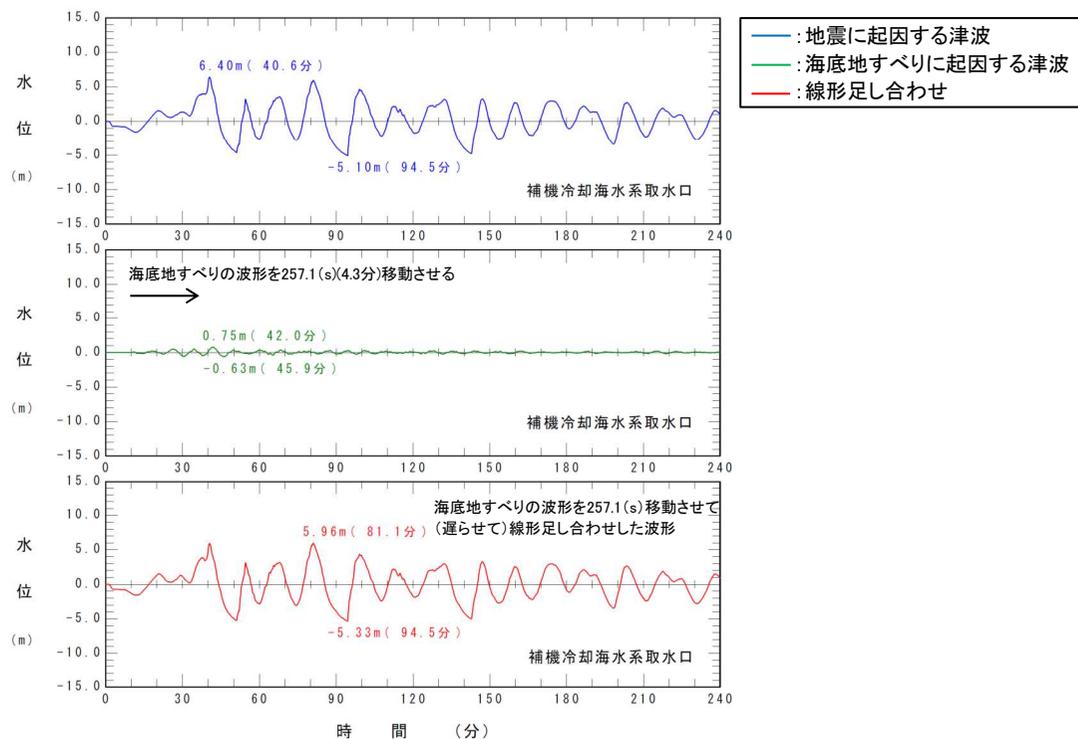
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 2. 下北海道地すべりと連動型地震の線形足し合わせによる津波水位

2.2 線形足し合わせによる水位変動量

■水位下降側(1/2)

- 連動型地震(基準断層モデル③)と下北海道地すべりの線形足し合わせによる最大水位下降量を以下に示す。

十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震	海底地すべり	海底地すべりが発生する時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)	補機冷却海水系取水口前面	
			組合せ時間(T_{max})	線形足し合わせによる最大水位下降量
基準断層モデル③	下北太平洋側大陸棚外縁 SLS-2(二層流モデル)	56.3(s)~295.8(s)	257.1 (s)	-5.33 (m)



補機冷却海水系取水口前面

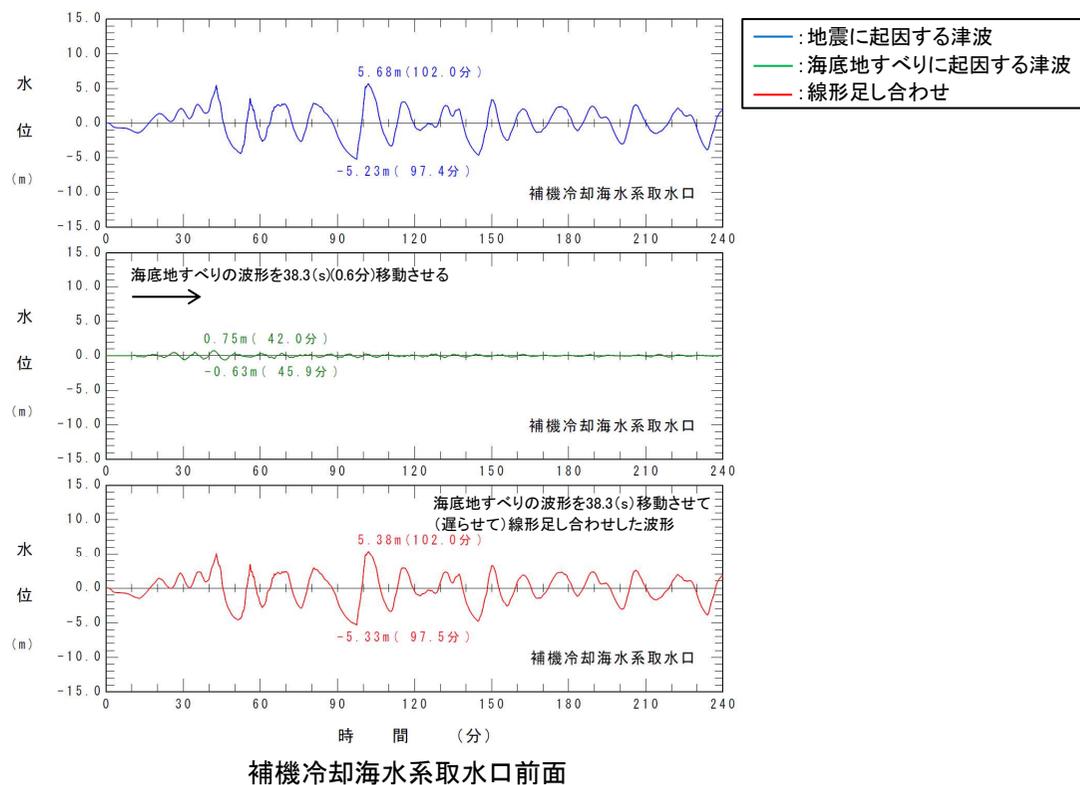
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 2. 下北海底地すべりと連動型地震の線形足し合わせによる津波水位

2.2 線形足し合わせによる水位変動量

■水位下降側(2/2)

- 連動型地震(基準断層モデル④)と下北海底地すべりの線形足し合わせによる最大水位下降量を以下に示す。

十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震	海底地すべり	海底地すべりが発生する時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)	補機冷却海水系取水口前面	
			組合せ時間(T_{max})	線形足し合わせによる最大水位下降量
基準断層モデル④	下北太平洋側大陸棚外縁 SLS-2(二層流モデル)	38.3(s)~248.5(s)	38.3(s)	-5.33(m)



V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

3. 海底地すべりの発生を想定する時間範囲の合理性

- 3. 1 検討方針
- 3. 2 海底地すべりの発生メカニズム
- 3. 3 2018年インドネシア・スラウェシ島の地震と海底地すべりに伴う津波
- 3. 4 まとめ

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

3. 海底地すべりの発生を想定する時間範囲の合理性

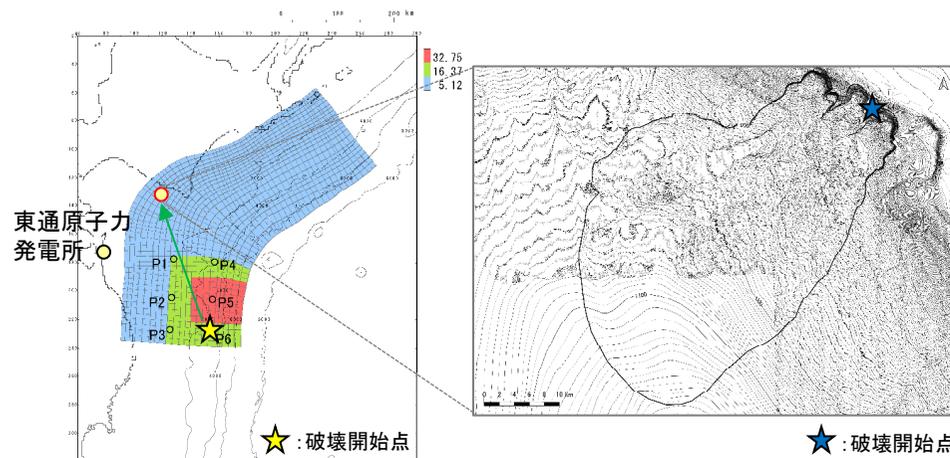
3.1 検討方針

- 地震による地震動が海底地すべり位置に到達する時間(T_s)から, Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性から得られる地震動継続時間(T_d)の範囲($T_s \sim T_s + T_d$)で海底地すべりの発生を想定することの合理性について, 海底地すべりの発生メカニズムに関する知見及び2018年インドネシア・スラウェシ島で発生した地震と海底地すべりに伴う津波の事例から確認する。

■ 海底地すべりが発生する時間範囲の設定方法

① 地震動の到達時間(T_s)の算定

- 地震の破壊開始点から海底地すべり頂部までの距離(=震源距離)とS波速度(3.4km/s(地震調査研究推進本部(2009)))から, 海底地すべり位置に地震動が到達する時間(T_s)を算定する。

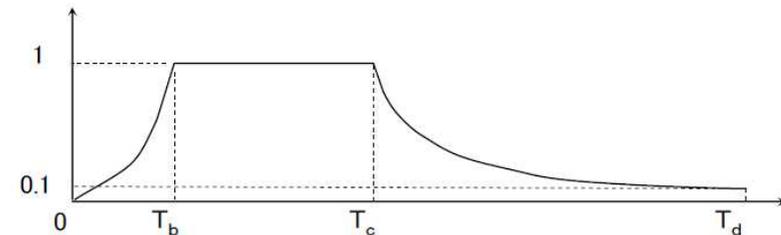


十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震
水位上昇量決定ケース
(破壊開始点:P6)

日高舟状海盆の海底地すべり
(浦河沖の海底地すべり)

② 海底地すべり位置での地震動継続時間($T_s \sim T_s + T_d$)の算定

- Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性から海底地すべり位置での地震動継続時間($T_s \sim T_s + T_d$)を算定する。



$$T_b = 10^{0.5M - 2.93} \quad (\text{立ち上がり部の継続時間})$$

$$T_c - T_b = 10^{0.3M - 1.0} \quad (\text{強震部の継続時間})$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M + 0.54 \log X_{eq} - 0.6} \quad (\text{減衰部の継続時間})$$

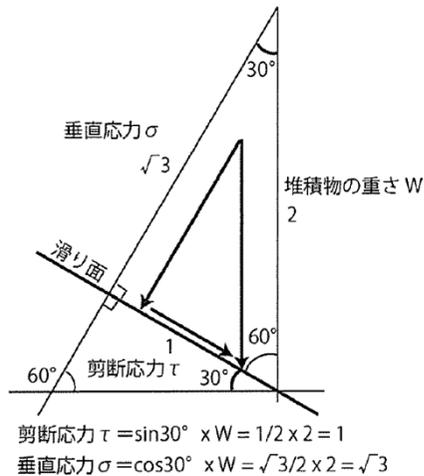
Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

3. 海底地すべりの発生を想定する時間範囲の合理性

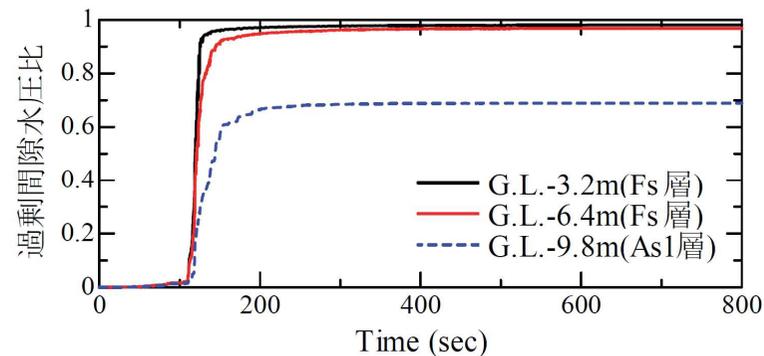
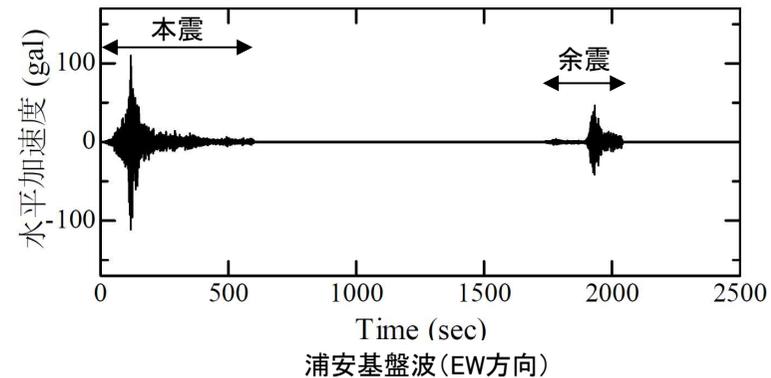
3.2 海底地すべりの発生メカニズム

- 川村(2022)は、海底地すべりの発生原因について、陸上でも海底でも斜面で地すべりが起きるのは斜面の安定性が失われる(土のせん断強度がせん断応力を下回る)ことが原因であるとし、その要因については、地震動によるせん断応力の増加や液状化によるせん断強度の低下などがあるとしている。
- 上田ほか(2014)は、2011年東北地方太平洋沖地震において液状化が発生した浦安市高洲地区を対象に、同地区の地盤情報に基づく地盤モデル、観測記録※を用いた地震応答解析を実施し、地震動(本震)の継続時間中に過剰間隙水圧比が上昇し、液状化が発生していたことを示している。
※:K-NET浦安で得られた観測記録(EW方向)を等価線形化法を用いて基盤面まで引き戻した波形。



せん断強度 = $\tan \phi \times \cos \theta$
 \times (上載圧 W - 間隙水圧) + 粘着力
 せん断応力 = $\sin \theta \times$ 上載圧 W

応力バランスの模式図
(川村(2022))



過剰間隙水圧比の時刻歴(非排水解析)(本震のみ考慮)

2011年東北地方太平洋沖地震における浦安市の地震応答解析結果
(上田ほか(2014)に一部加筆)

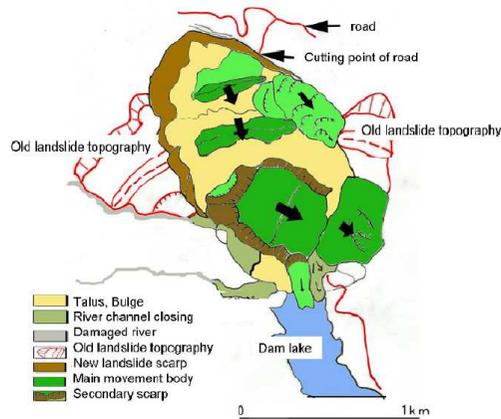
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

3. 海底地すべりの発生を想定する時間範囲の合理性

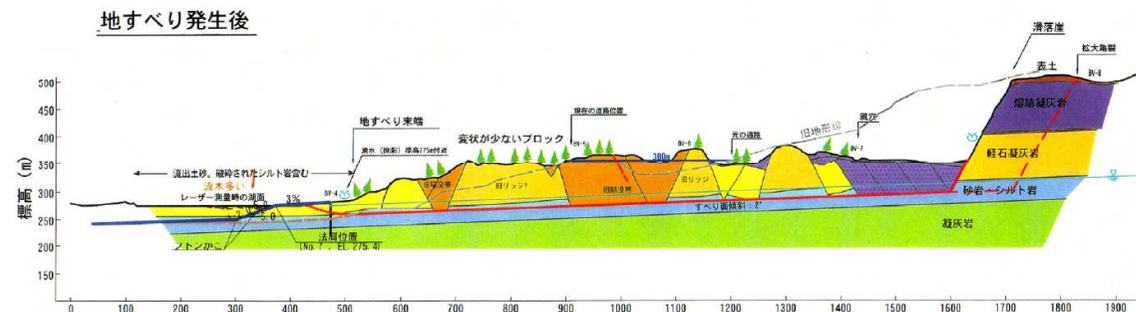
3.2 海底地すべりの発生メカニズム

- 風間ほか(2011)は、2008年岩手・宮城内陸地震において、荒砥沢ダム上流部で発生した巨大地すべり(最大幅約900m, 最大長さ約1300m, 最大移動距離約320m)の発生メカニズムについて、ダムサイトで観測された強振動記録を基にした滑動解析から、地震動による繰り返しせん断による有効応力の低下(過剰間隙水圧の上昇)が主因であった可能性を指摘している。

■ 荒砥沢ダム上流部で発生した巨大地すべり

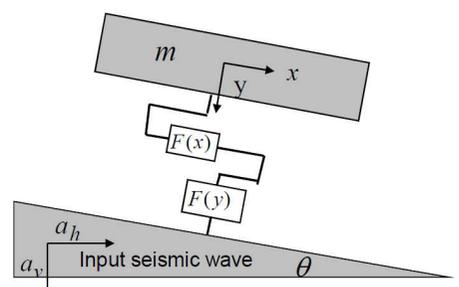


平面図

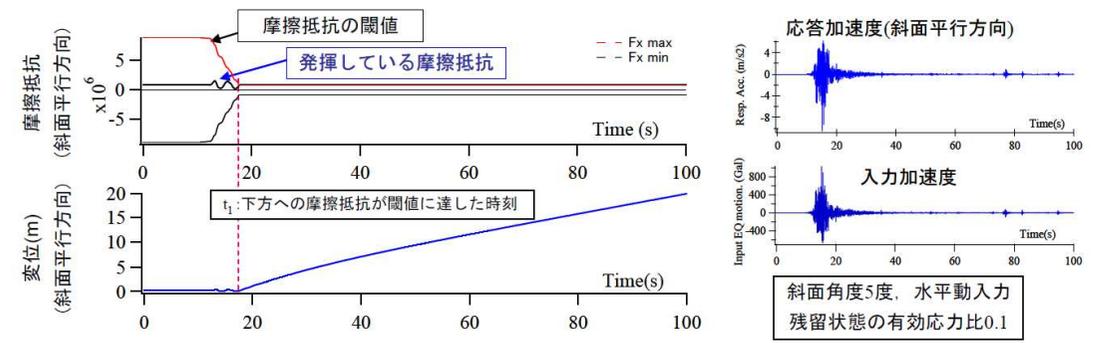


断面図

■ 有効応力の低下を考慮した滑動解析



すべりモデル(1質点モデル)※



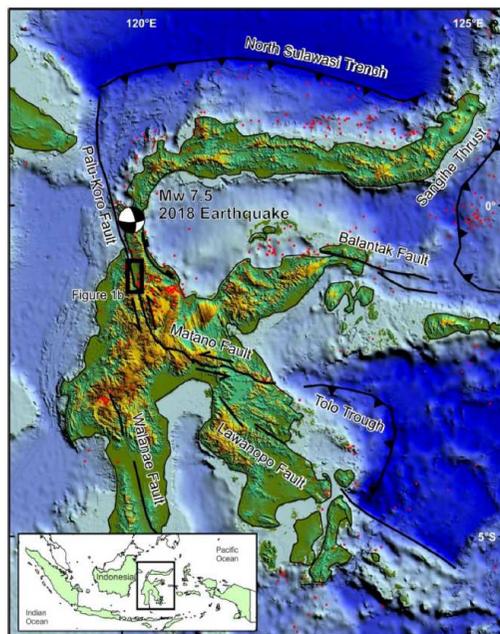
解析結果

※: 主すべり土塊を角度θの基礎地盤に設置し、斜面直交方向・平行方向にばねとダッシュポットを連結。さらに、スライダを設置。

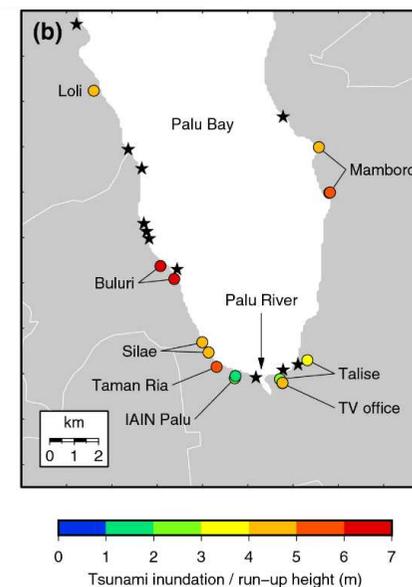
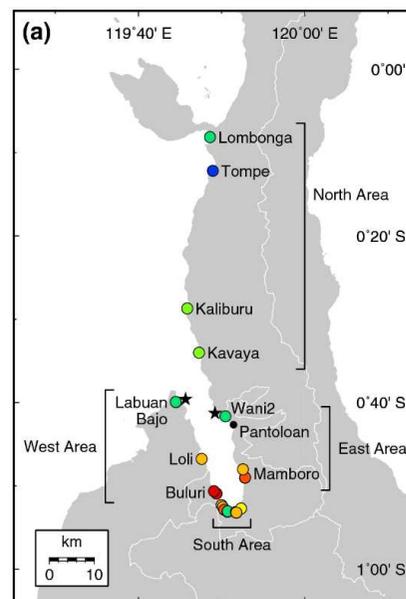
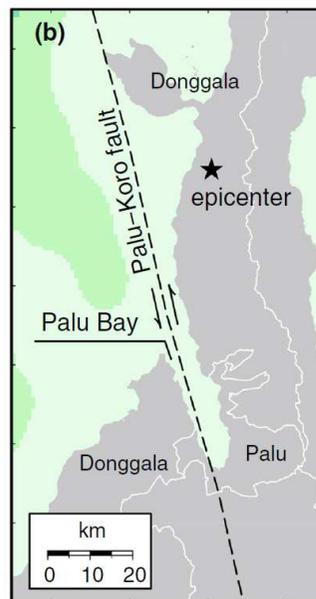
3.3 2018年インドネシア・スラウェシ島の地震と海底地すべりに伴う津波

■津波の概要

- ・ インドネシア・スラウェシ島は、太平洋プレート、オーストラリアプレート、ユーラシアプレートが衝突する三重会合点に位置する。スラウェシ島中央部には主要な活断層であるパル・コロ断層が横断しており、同断層の活動は左横ずれの傾向がある。2018年の地震は、パル・コロ断層の活動により発生した地震(左横ずれ)であり、その地震規模はMw7.5とされる(Patria and Purna(2020))。
- ・ 2018年の地震では津波も発生し、震源付近の北部地域(Kavaya~Lomboka)の浸水・遡上高は3m未満であったのに対し、震源の南に位置するパル湾内の遡上高は5mを上回り、湾奥では10mを上回る遡上高も確認されている(Mikami et al.(2019), Widiyanto et al.(2019))。
- ・ 震源付近の北部地域と比較して、パル湾内の遡上高が大きくなった要因について、地震により発生した海底地すべりに伴う津波とする知見(Mikami et al.(2019), Liu et al.(2020), Chatuphorn et al.(2022))の他に、地震と海底地すべりの組合せ津波とする知見(Shambach et al.(2021))もある。
- ・ Liu et al.(2020), Shambach et al.(2021)は、パル湾内における地震前の深浅測量データは十分な解像度が無いため、津波発生要因の議論には、不確実性があるとしている。



インドネシア・スラウェシ島付近の断層帯及び
2018年の地震の震源位置 (Patria and Purna(2020))



2018年の地震の震源付近及びパル湾内における浸水・遡上高の分布
(Mikami et al.(2019))

パル湾内で確認された痕跡高、検潮記録、目撃証言等を再現するモデルに係る知見から、同湾内の遡上高が大きくなった要因は、海底地すべりに伴う津波の影響が大きいと考えられることから、海底地すべりに関する知見を用いて以降考察する。

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

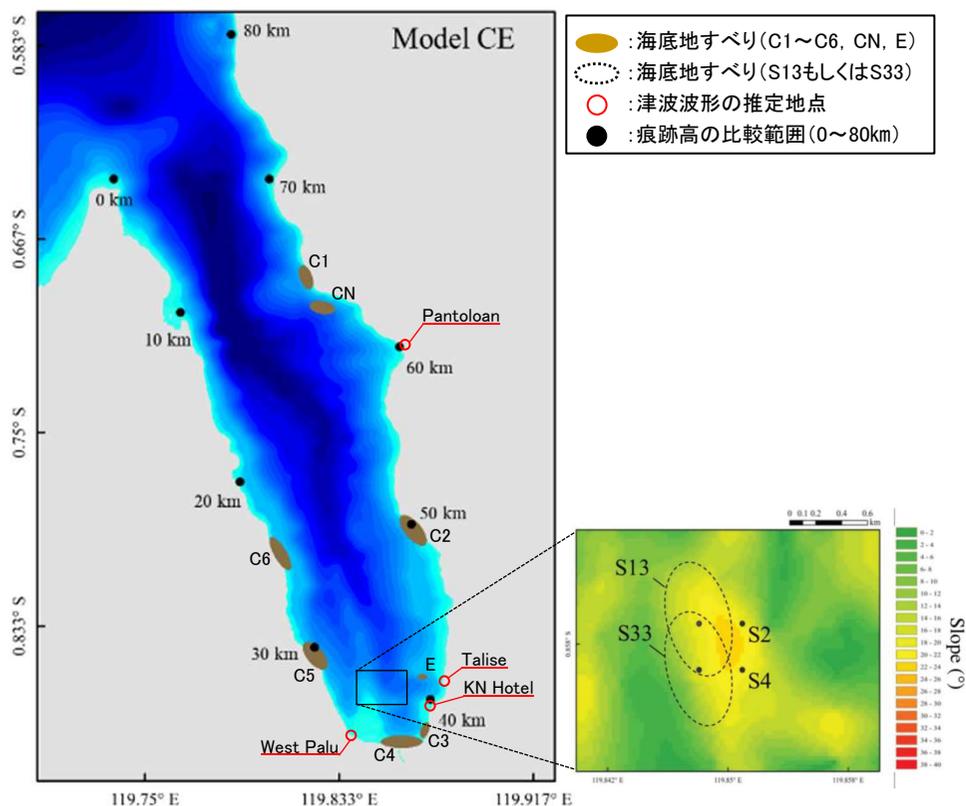
3. 海底地すべりの発生を想定する時間範囲の合理性

3.3 2018年インドネシア・スラウェシ島の地震と海底地すべりに伴う津波

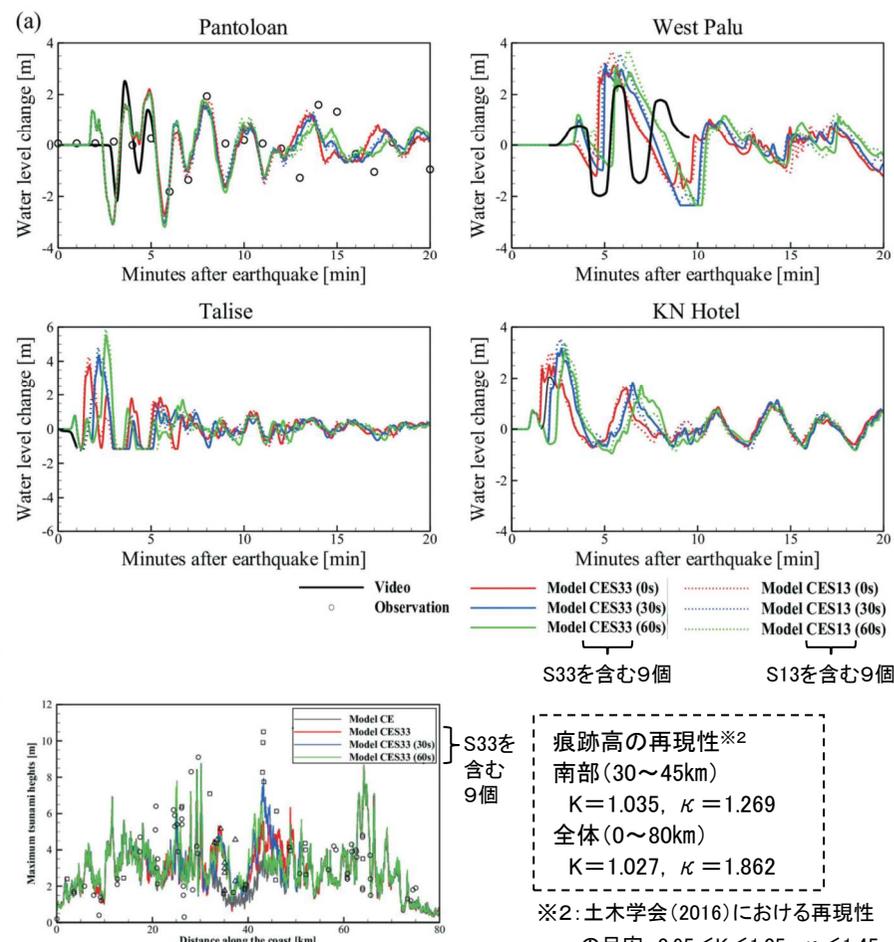
■津波波形及び痕跡高の再現シミュレーション

- Nagai et al.(2021)は、既往研究による海底地形調査、同研究での海底斜面勾配分析に基づき設定した複数の海底地すべり(C1~C6, CN, E, S13もしくはS33※1, 全9個)を対象に、ビデオ画像から推定された津波波形及びパル湾周辺で確認された痕跡高の再現シミュレーション(二層流モデル)を実施。
- 地震と同時に海底地すべりが発生することを基本としたうえで、海底地すべりS33の発生を約60秒遅らせると、他の海底地すべりによる津波と重なり合い、パル湾南部のWest Palu, Talise, KN Hotelの津波波形及びパル湾南部(30km~45km)の痕跡高の再現性が向上するとしている。

※1 : Danny et al.(2021)が海底地形調査から推定した海底地すべりを基に、海底斜面勾配分析から海底地すべりS13, S33を推定し、両地すべりを対象に津波シミュレーションを実施。



海底地すべり位置、津波波形の推定地点及び痕跡高の比較範囲 (Nagai et al.(2021))に一部加筆)



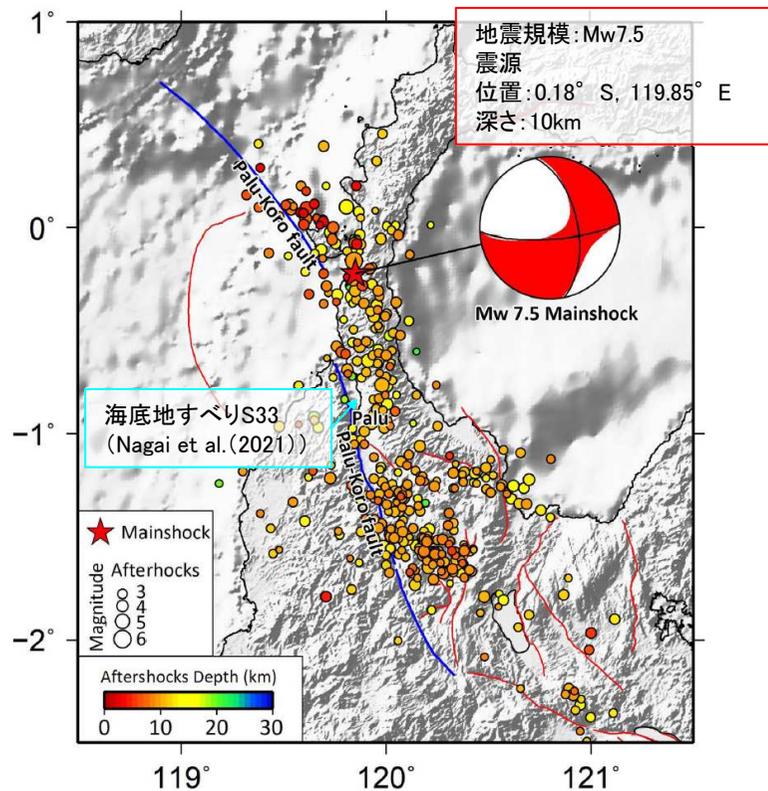
津波波形及び痕跡高の再現シミュレーション結果(Nagai et al.(2021))

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価
3. 海底地すべりの発生を想定する時間範囲の合理性

3.3 2018年インドネシア・スラウェシ島の地震と海底地すべりに伴う津波

■海底地すべりの発生タイミングに関する考察

- Nagai et al.(2021)による地震発生60秒後に発生した海底地すべりS33が、パル・コロ断層の活動により発生した地震動継続時間中に発生したものを確認するため、Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性から得られる地震動継続時間と比較した。
- 海底地すべりS33位置での地震動継続時間は地震発生後22.4秒～95.9秒であることから、海底地すべりS33は地震動継続時間中に発生したものと考えられる。



2018年インドネシア・スラウェシ島で発生した地震の震源と海底地すべりのS33位置 (Pepen et al.(2019)に一部加筆)

【海底地すべりS33位置への地震動到達時間(T_s)の算定】

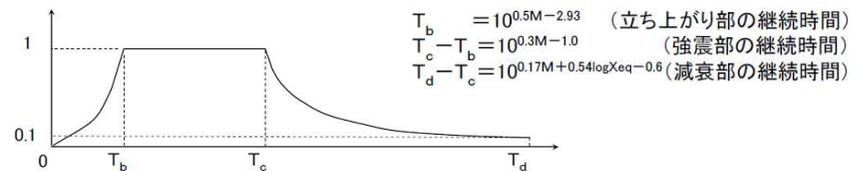
震源距離	S波速度	地震動到達時間(T_s)
76.1 (km)	3.4 (km/s)	22.4 (s)

【Noda et al.(2002)から得られる地震動継続時間(T_d)の算定】

地震規模 (Mw)	震源距離 (X_{eq})	振幅包絡線の経時特性		
		T_b	T_c	T_d
7.5	76.1 (km)	6.6 (s)	24.4 (s)	73.5 (s)

【海底地すべりS33位置での地震動継続時間($T_s \sim T_s + T_d$)】

地震動到達時間 (T_s)	地震動継続時間 (T_d)	海底地すべり位置での地震動継続時間 ($T_s \sim T_s + T_d$)
22.4 (s)	73.5 (s)	22.4 (s) ~ 95.9 (s)



海底地すべりS33位置での地震動継続時間の算定

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

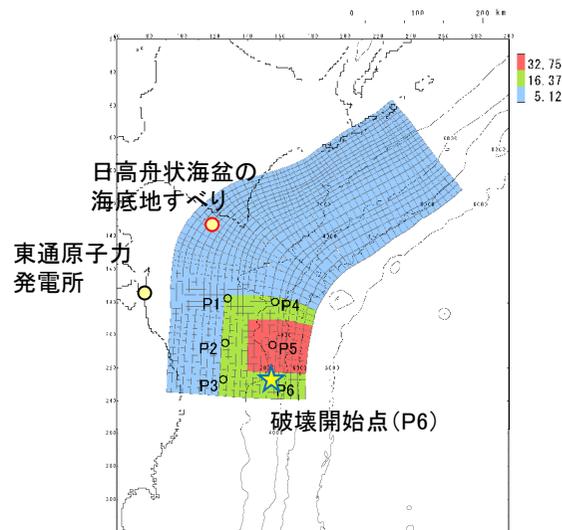
3. 海底地すべりの発生を想定する時間範囲の合理性

3.4 まとめ

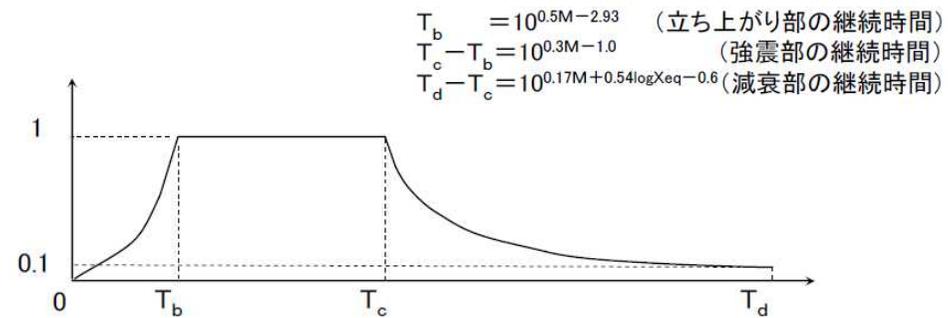
- 海底地すべりの発生メカニズムに関する知見及び2018年インドネシア・スラウェシ島の地震 (Mw7.5) と海底地すべりに伴う津波の事例から、Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性から得られる地震動継続時間の範囲で海底地すべりの発生を想定することは合理的である。

■連動型地震(基準断層モデル①)の地震動継続時間(T_d)

区分	波源モデル	破壊開始点	地震規模	地震の破壊開始点から海底地すべり頂部までの距離(=震源距離)	振幅包絡線の経時特性		
					T _b	T _c	T _d
水位上昇側	基準断層モデル①	P6	9.04	258.3(km)	38.9(s)	90.4(s)	263.9(s)



十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震(基準断層モデル①)



Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

4. 組合せ時間算定位置の妥当性

- 4. 1 検討方針
- 4. 2 連動型地震の津波特性
- 4. 3 まとめ

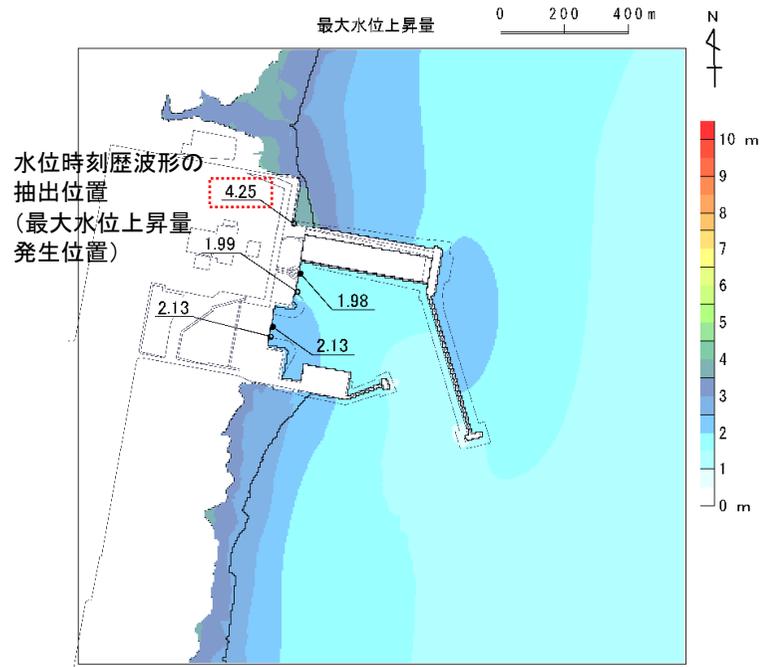
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 4. 組合せ時間算定位置の妥当性

4.1 検討方針

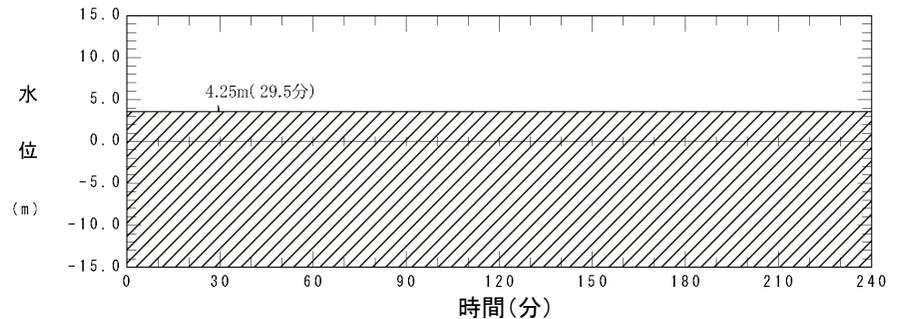
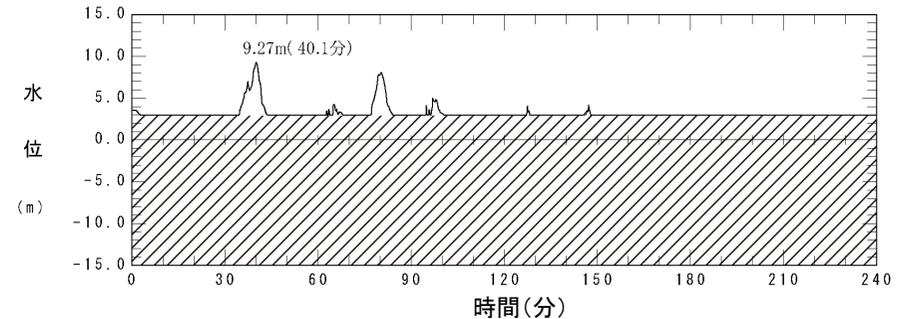
- 補機冷却海水系取水口前面及び取水口前面を組合せ時間の算定位置として代表させることの妥当性について、連動型地震に起因する津波の津波特性（周期、波長）及び発電所周辺への津波来襲特性から確認する。

【組合せ時間算定位置の選定】

- 敷地前面（遡上域）の組合せ時間算定位置は、連動型地震と日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の最大水位上昇量分布の比較から、日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の最大水位上昇量発生位置を代表地点に選定。
- 日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波は、連動型地震に伴う津波よりも早く敷地前面（遡上域）に到達するとともに、第1波のみしか陸域に遡上しないことから、海底地すべりが発生する時間範囲：76.0s～339.9sでは、連動型地震に伴う津波の水位上昇に影響しないことを確認。
- 放水路護岸前面については、日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の津波水位は、放水路導流堤（T.P.+3.1m）より小さく、同位置に津波は到達しない。
- 以上から、連動型地震と日高舟状海盆の海底地すべりととの組合せ時間算定位置は、補機冷却海水系取水口前面及び取水口前面位置の2点とした。



水位時刻歴波形の抽出位置
(日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の最大水位上昇量分布)

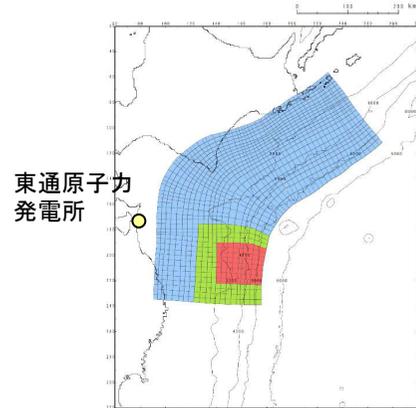


日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波※
※: 図中斜線部は水位抽出点の地盤の標高を示す

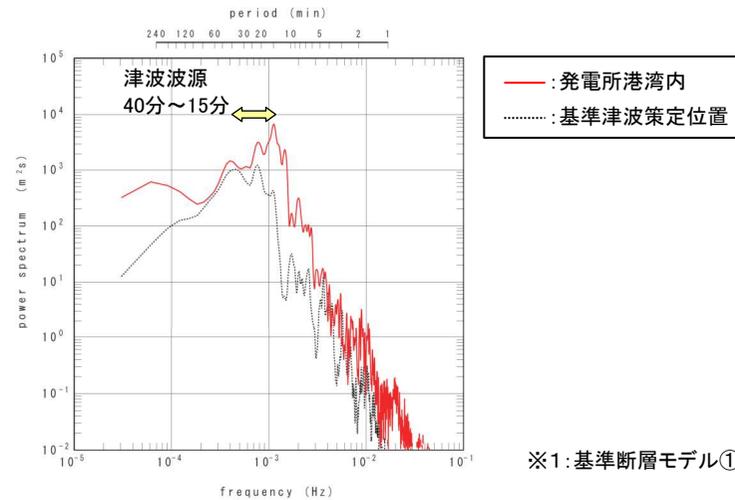
4.2 連動型地震の津波特性

- 連動型地震の周期は15分～40分程度の長周期成分が卓越し、最高水位を決定する第1波の波長は基準津波策定位置で70km程度、発電所周辺で40km程度と長い。
- また、発電所地点の津波高さは10m程度と高いことから、発電所港湾施設や発電所周辺の微地形の影響は小さい。

■周期特性(特性化モデル②※1)

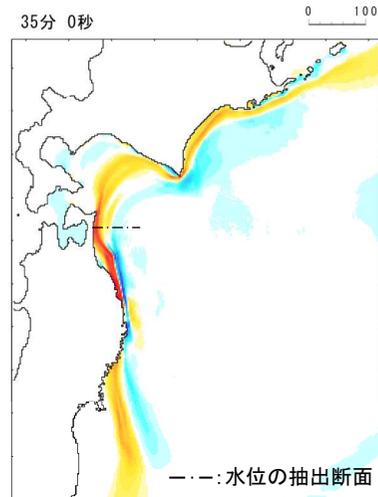


特性化モデル②※1
(大すべり域位置:南へ約100km移動)

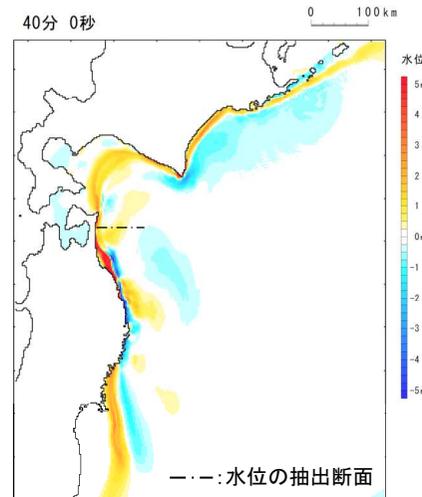


※1: 基準断層モデル①のベースモデル(概略パラメータスタディ決定ケース)

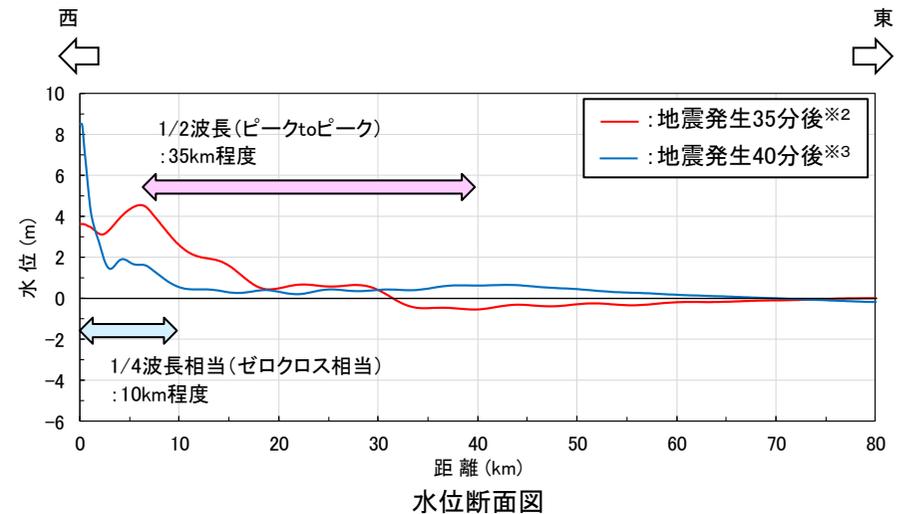
■波長(特性化モデル②)



地震発生35分後※2



地震発生40分後※3



※2: 基準津波策定位置における最高水位発生時間付近
※3: 発電所地点における最高水位発生時間付近

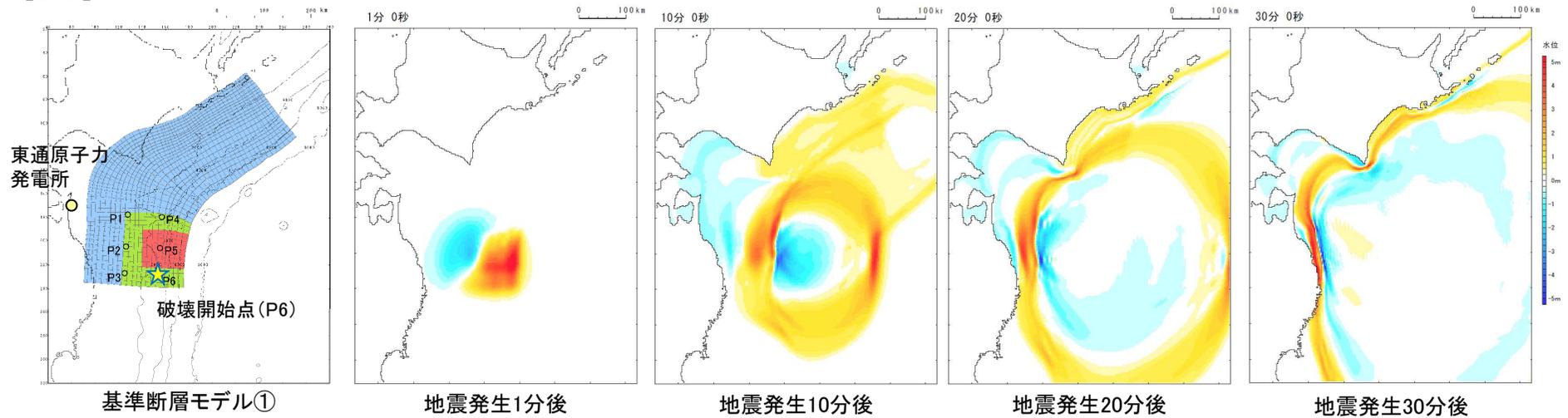
V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 4. 組合せ時間算定位置の妥当性

4.2 連動型地震の津波特性

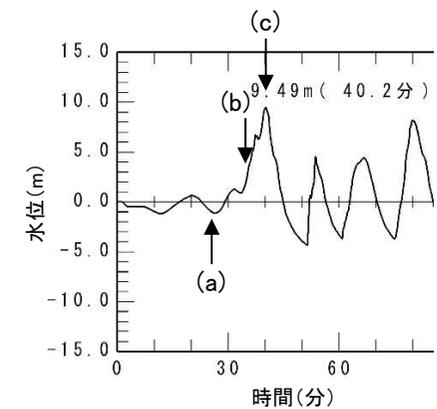
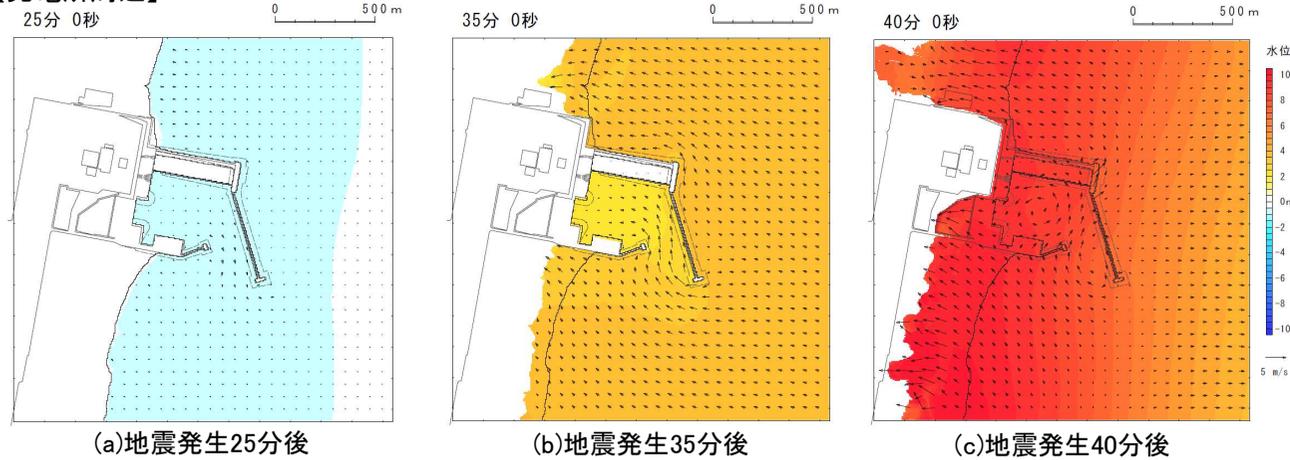
- 連動型地震の周期は15分～40分程度、波長は40km程度と長いことから、遡上域を含む発電所周辺には同じ高さの津波が同じタイミングで来襲する。

■津波伝播特性(基準断層モデル①)

【広域】



【発電所周辺】



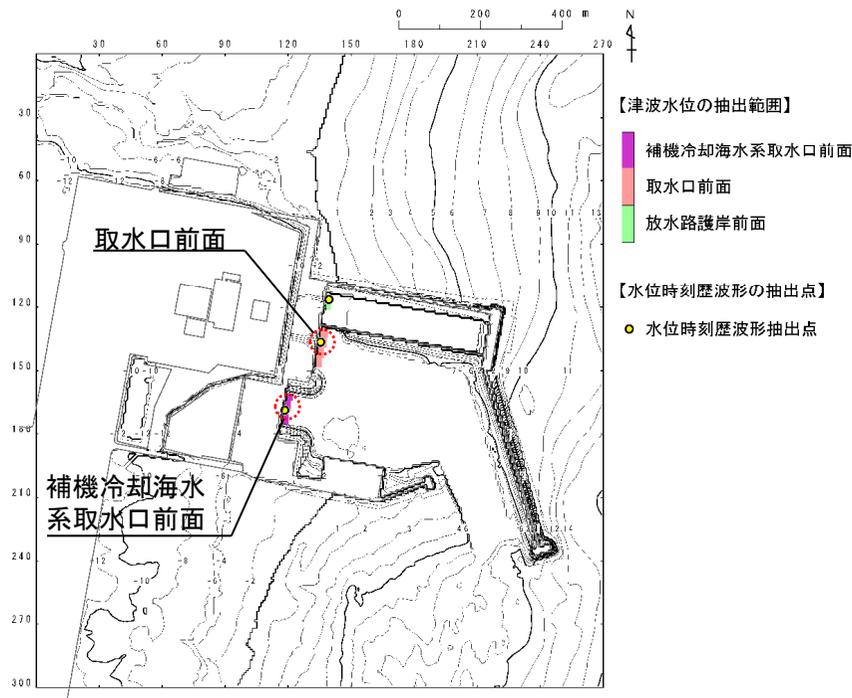
補機冷却海水系取水口前面水位時刻歴波形

V. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価 4. 組合せ時間算定位置の妥当性

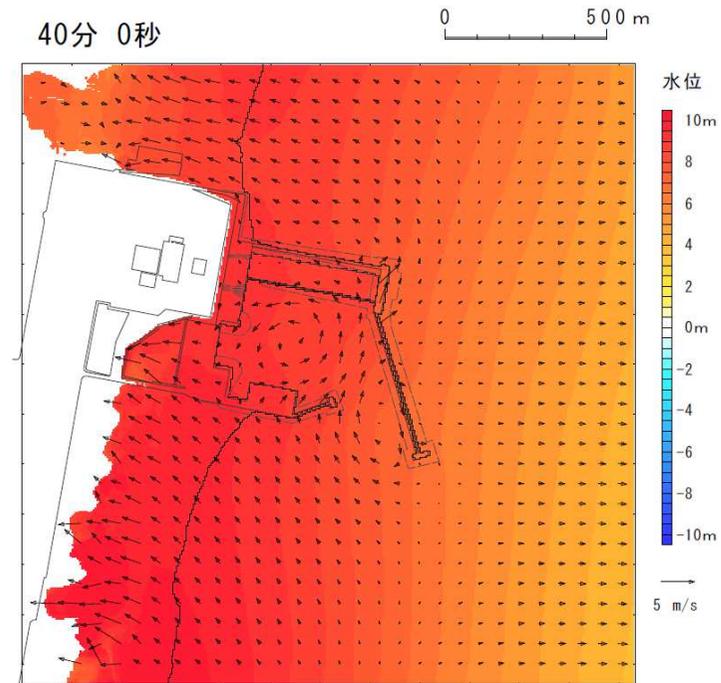
4.3 まとめ

- 連動型地震の周期は15分～40分程度の長周期成分が卓越するとともに、最高水位を決定する第1波の波長は発電所周辺で40km程度と長いことから、遡上域を含む発電所周辺には、同じ高さの津波が同じタイミングで来襲する。
- 以上の連動型地震の津波特性から、敷地前面(遡上域)を含めて、補機冷却海水系取水口前面及び取水口前面を組合せ時間の算定位置として代表させることは妥当である。

■ 海域における組合せ時間算定位置



■ 連動型地震の津波来襲特性



地震発生40分後
(最高水位到達時間付近)