

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

1. 本説明(コメント回答)の概要
2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価
 2. 1 評価フロー
 2. 2 地震規模の設定
 2. 3 基準断層モデルの設定
 2. 4 波源特性の不確かさの考慮
3. 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の評価結果との比較

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

1. 本説明(コメント回答)の概要

No.	コメント時期	コメント内容
S43	2016年8月26日 第394回審査会合	各断層モデルによる計算結果の比較から、プレート間地震は連動型地震に包含されるため、その位置付けを整理すること。

■プレート間地震の位置付けの変更

- 地震調査研究推進本部(2019)では、青森県東方沖及び岩手県沖北部の領域において、プレート間地震(M7.9)を評価していることを踏まえ、基準津波の評価対象地震の1つとして選定し、土木学会(2002, 2016)を参考に波源特性の不確かさを考慮して津波高さを評価した。
- ただし、プレート間地震の波源域及び地震規模は、十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震(Mw9.0)に包含されるとともに、連動型地震による基準津波策定位置及び敷地前面の津波高さと比較して十分小さいことを確認したことから、今回、影響検討用として位置付けを変更する。

【プレート間地震と十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震の比較】

- : プレート間地震(青森県東方沖及び岩手県沖北部)
- : 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震



波源域の比較

(地震調査研究推進本部(2017, 2019)に一部加筆)

主な諸元の比較

諸元	プレート間地震	連動型地震※1
モーメントマグニチュード (Mw)	8.45	9.04
断層面積(S)	16,485(km ²)	110,472(km ²)
地震モーメント(Mo)	5.96 × 10 ²¹	4.62 × 10 ²²
すべり量	平均すべり量	7.23(m)
	背景領域	—
	大すべり域	—
	超大すべり域	—
		8.37(m)※2
		5.12(m)
		16.37(m)
		32.75(m)

※1: 水位上昇側決定ケースの基準断層モデル①の諸元。

詳細は、本資料「4. 特性化モデルの設定」に記載。

※2: 平均応力降下量: 3(MPa), 断層面積から円形破壊面を仮定したスケール則から算定される平均すべり量は8.19m。

【プレート間地震の評価方法及び連動型地震の評価結果との比較方法】

プレート間地震の評価方法

- 地震調査研究推進本部(2019)の評価等を踏まえ基準断層モデルの地震規模を設定し、土木学会(2002, 2016)を参考に波源特性の不確かさを考慮する。

連動型地震の評価結果との比較方法

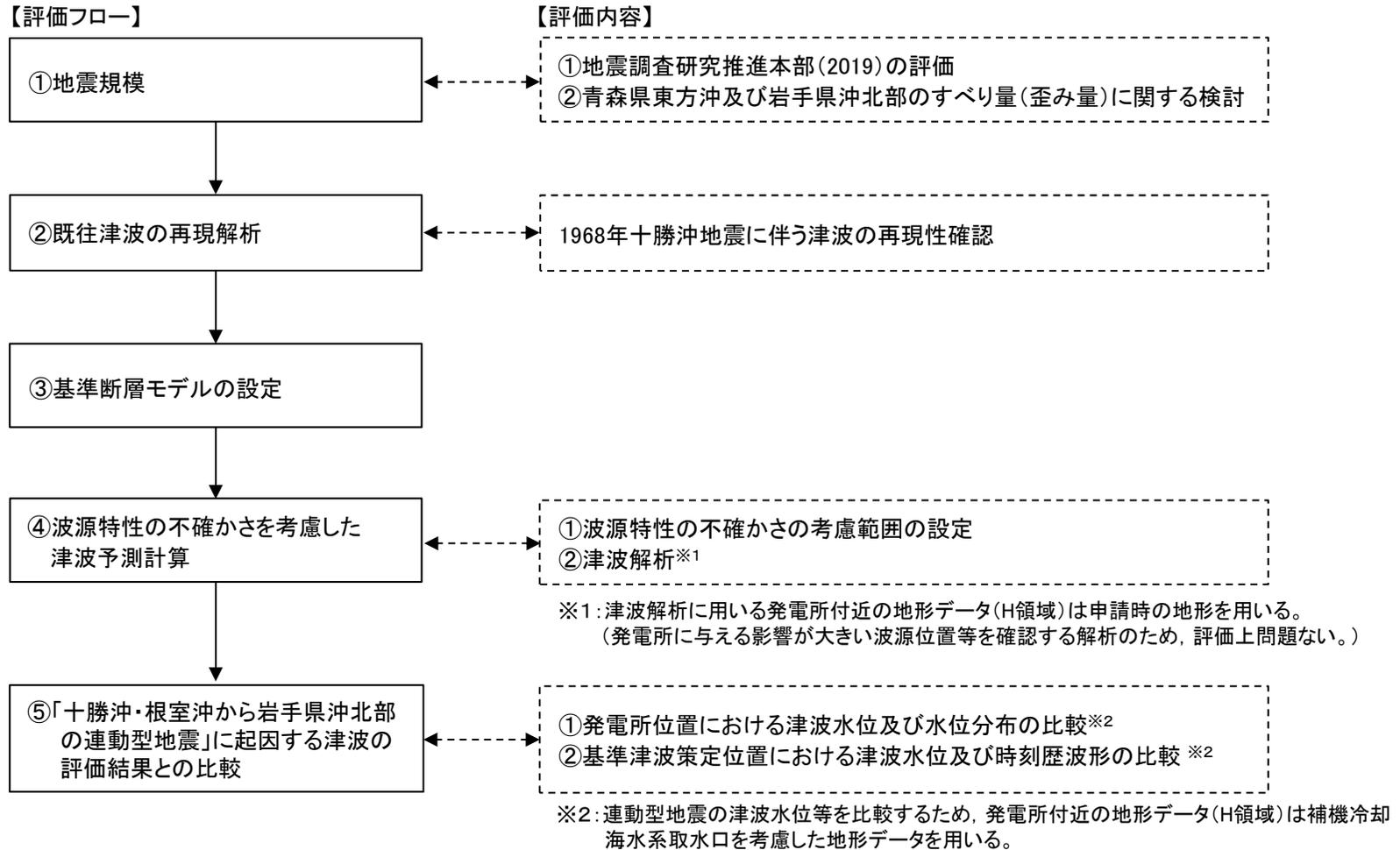
- 発電所位置における津波水位及び水位分布、施設からの反射波の影響が微小となる基準津波策定位置における津波水位及び時刻歴波形を比較する。

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.1 評価フロー

S43

・以下のフローに基づき評価を実施した。



Ⅱ.「プレート間地震」に起因する津波の評価 2.「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.2 地震規模の設定

S43

■地震調査研究推進本部(2019)の評価

- 地震調査研究推進本部(2019)では、次の地震の規模を過去に発生した地震(1677年・1763年・1856年・1968年)のMを参考にM7.9程度と評価している。ただし、海溝寄りまで破壊が及ぶ場合、規模が大きくなる可能性があるとしている。

次の青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間巨大地震の発生確率等
(地震調査研究推進本部(2019))

項目	将来の地震発生確率等 ^{注1,3}	地震後経過率(期末) ^{注5}	備考
今後10年以内の発生確率	0.001~3%	0.63	BPT分布モデルに平均発生間隔97.0年及び発生間隔のばらつき $\alpha=0.11$ (データから最尤法により求めた値)~0.24(陸域の活断層に対する値(地震調査委員会,2001))を適用して発生確率を算出した。 東北地方太平洋沖地震の余効すべりによる応力変化の影響で、当該地震が発生しやすくなったと考えられるため、発生確率はより高い可能性がある。
今後20年以内の発生確率	0.2~10%*	0.73	
今後30年以内の発生確率	5~30%*	0.83	
今後40年以内の発生確率	30~40%*	0.93	
今後50年以内の発生確率	60~70%*	1.04	
地震後経過率(2019年1月1日時点)	0.52		経過時間約50.6年を平均発生間隔97.0年で除した値。
次の地震の規模	M7.9程度 ^{注4}		過去の地震のMを参考にして判断した。ただし、海溝寄りまで破壊が及ぶ場合、規模が大きくなる可能性がある。

注4 この報告書では、Mの数値の推定のばらつきについて、「程度」及び「前後」を使用。「程度」は「前後」よりばらつきが大きい場合に使用した。

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.2 地震規模の設定

S43

■青森県東方沖及び岩手県沖北部のすべり量(歪み量)に関する検討(1/2)

- 1600年以降, M8クラスの地震が4回発生している(1677年, 1763年, 1856年, 1968年)。これら地震を, 地震調査研究推進本部(2019)は, 平均発生間隔約97.0年で繰り返し発生する地震として評価している。
- Yamanaka and Kikuchi(2004), 永井ほか(2001)は, アスペリティ分布の解析から, 三陸沖北部のアスペリティ(下右図:AとB)のうち, 1968年の地震と1994年の地震の共通アスペリティ(下右図:B)のカップリング率はほぼ100%であるとしている。また, 個々のアスペリティが単独で動けばM7クラスの地震(=1994年)を, 連動するとM8クラスの地震(=1968年)を引き起こすとしている。

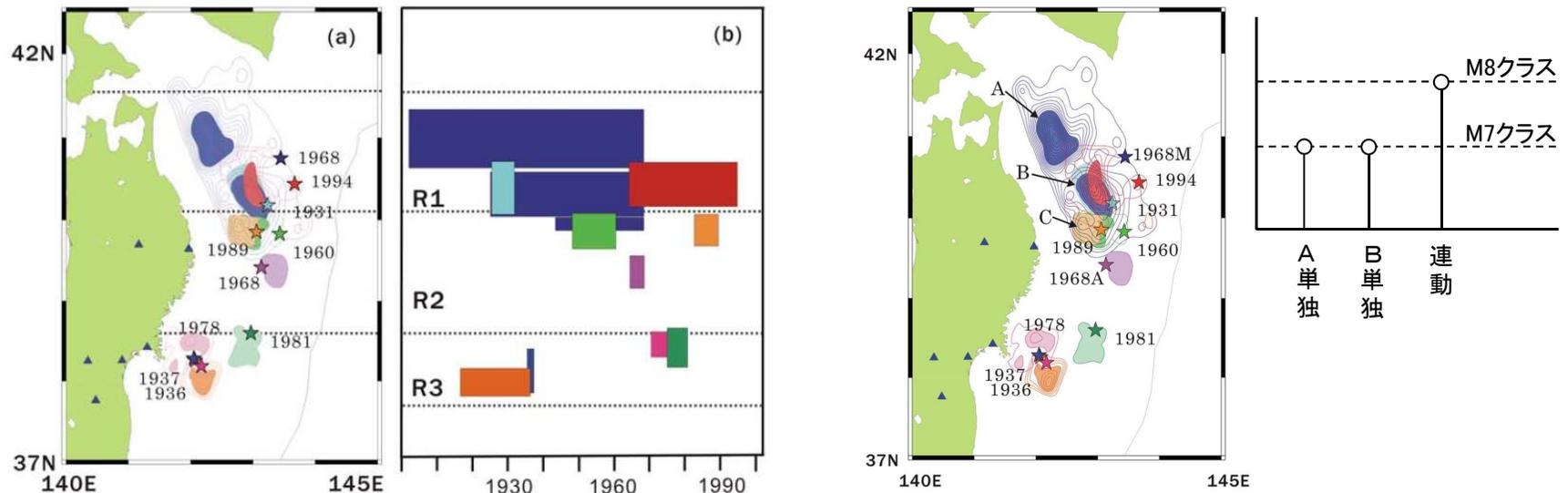


Figure 10. (a) Asperity map. (b) Space-time distribution of the seismic moment release based on the slip-predictable model. The width of the rectangle indicates the moment accumulation given by time D_a/V_{plate} , where D_a is the average seismic slip in asperities and $V_{plate} = 0.1 \text{ m yr}^{-1}$.

(Yamanaka and Kikuchi(2004))

アスペリティの活動パターンと地震規模の関係
(Yamanaka and Kikuchi(2004), 永井ほか(2001))

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.2 地震規模の設定

S43

■青森県東方沖及び岩手県沖北部のすべり量(歪み量)に関する検討(2/2)

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部で繰り返し発生するM8クラスの地震の平均発生間隔(A)・既往地震のすべり量(B)の関係と、プレートの沈み込み速度・カッピング係数から算定されるすべり(歪み)の蓄積量(C)を比較した結果、両者には調和的な関係がある。

【平均発生間隔(A)】

- 約97.0年

青森県東方沖及び岩手県沖北部の繰り返し発生するプレート間地震の発生間隔等(地震調査研究推進本部(2019))

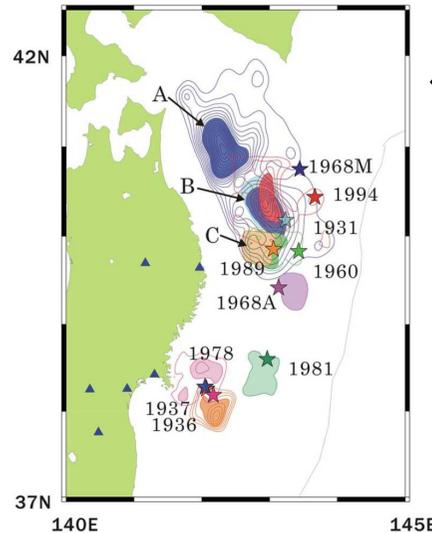
表3-2 青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間大地震の発生領域、震源域の形態、発生間隔等

項目	特性	根拠
(1)地震の発生領域の目安	図1の当該領域。	震源域は、1968年十勝沖地震についてのアスペリティモデル(永井・他, 2001)、過去のほかの震源モデル、余震分布等を参照して、総合的に判断した。
(2)震源域の形態	陸側のプレートと太平洋プレートの境界面。低角逆断層型。	
(3)震源域	深さは、約60km以浅。	
(4)震源断層面における平均的なすべりの向き	約N112°E (陸側のプレートの太平洋プレートに対するすべりの向き)	太平洋プレートの陸側のプレートに対する相対運動方向(DeMets et al. 2010)から推定した。
(5)発生間隔等	平均発生間隔 97.0年 (BPT分布モデルを仮定した場合におけるばらつき α は0.11) 最新発生時期(1968年5月16日)から2019年1月1日現在までの経過時間 約50.6年	1677年・1763年・1856年・1968年に当該領域において発生した、津波被害を伴った地震について、平均発生間隔を算術平均で求めた。

【1968年十勝沖地震のすべり量(B)】

各アスペリティのすべり量(永井ほか(2001))

- アスペリティA: 9.3m
- アスペリティB: 6.5m*

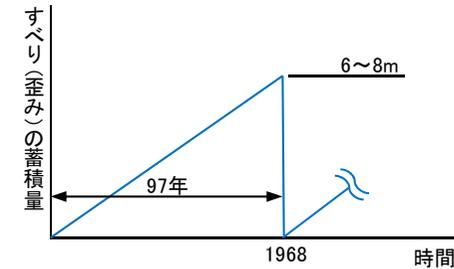


アスペリティ位置
(Yamanaka and Kikuchi(2004))



【すべり(歪み)の蓄積量(C)】

- プレートの沈み込み速度: 6.2-8.1cm/年 (McCaffrey(2008))
- カッピング係数: 1.0(地震学的) (Yamanaka and Kikuchi(2004))
- すべり(歪み)の蓄積量: ①(6.2-8.1cm/年) × 97年 × ②(=1) = 6~8m



※:アスペリティBは、1968年十勝沖地震以外の地震でもすべりを生じることからアスペリティAと比較して、すべり量が小さい。

以上から、青森県東方沖及び岩手県沖北部の固着域で蓄積する歪みの量には限度があると考えられ、青森県東方沖及び岩手県沖北部で繰り返し発生するM8クラスの地震のうち1968年十勝沖地震に伴うすべり量は最大規模と評価される。

Ⅱ.「プレート間地震」に起因する津波の評価 2.「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.2 地震規模の設定

S43

■まとめ

- 地震調査研究推進本部(2019)において次の地震の規模を過去に発生した地震の規模と評価していること,並びに青森県東方沖及び岩手県沖北部におけるすべり量(歪み量)に関する検討から1968年十勝沖地震に伴うすべり量は最大規模と評価されることを踏まえ,基準断層モデルの地震規模は,1968年十勝沖地震に伴う津波を再現するモデル(Mw8.41)を上回るMw8.45を考慮する。

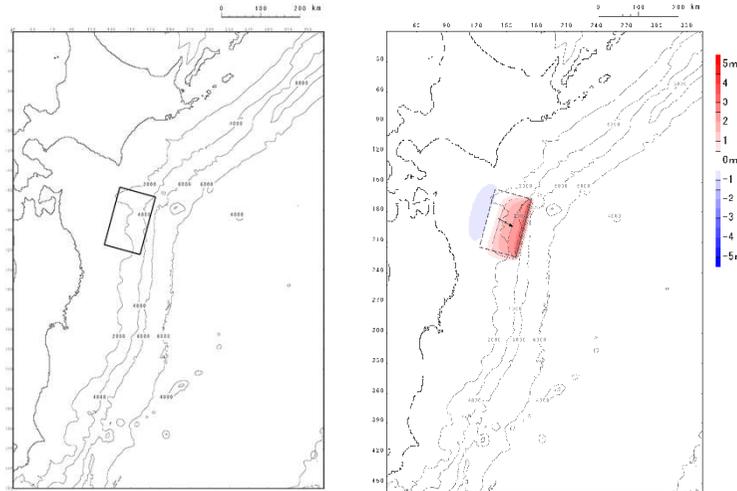
II. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.3 基準断層モデルの設定

■ 既往津波の再現解析

【再現モデルの設定】

- 土木学会(2016)等を参考として、1968年十勝沖地震に伴う津波の再現モデルを設定した。



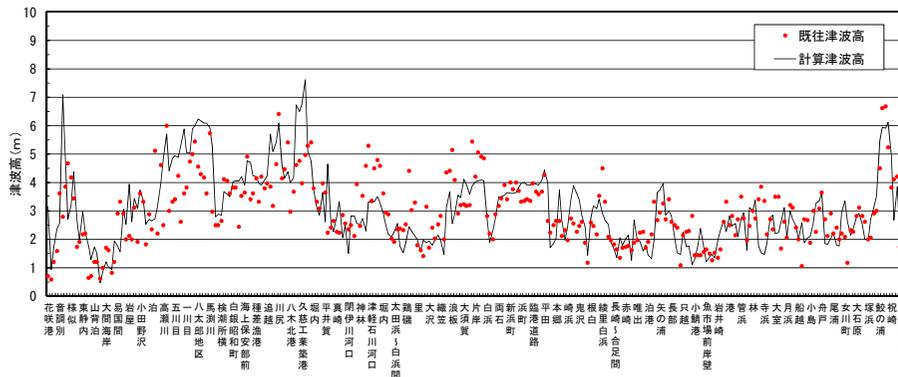
再現モデルの波源位置

地殻変動量分布

断層パラメータ		設定方法	設定値
モーメントマグニチュード	Mw	$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	8.41
長さ	L(km)	土木学会(2016)	150
幅	W(km)	土木学会(2016)	100
剛性率	μ (N/m ²)	土木学会(2016)	5.0×10^{10}
すべり量	D_{\max} (m)	土木学会(2016)を基本として、再現性が確認できるすべり量に補正。	6.90
地震モーメント	M_0 (N・m)	μ LWD	5.18×10^{21}
走向	θ (°)	土木学会(2002)を基本として、再現性が確認できる走向に補正。	195
断層上縁深さ	d(km)	土木学会(2002)	6
傾斜角	δ (°)	土木学会(2016)	20
すべり角	λ (°)	土木学会(2016)を基本として、再現性が確認できるすべり角に補正。	76
ライズタイム	τ (s)	相田(1986)	60

【再現性の確認結果※】

- 土木学会(2016)の目安 ($0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$) を満足しており、各断層パラメータの設定値が妥当であることを確認した。



既往津波	K	κ	n	既往津波高
1968年十勝沖地震に伴う津波	0.97	1.39	297	岸(1969)

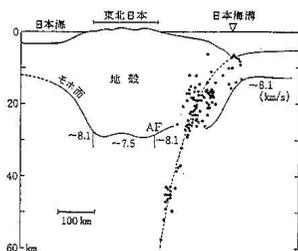
※: 再現性の確認に用いた計算条件等の詳細は、補足説明資料「VI. 計算条件等 3. 既往津波の再現解析」に記載。

II. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

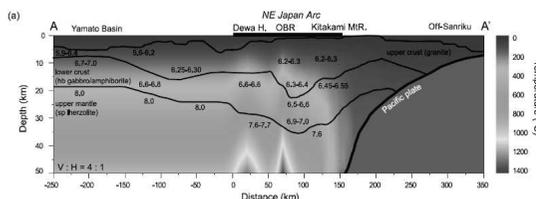
2.3 基準断層モデルの設定

■ 既往津波の再現解析：剛性率の設定

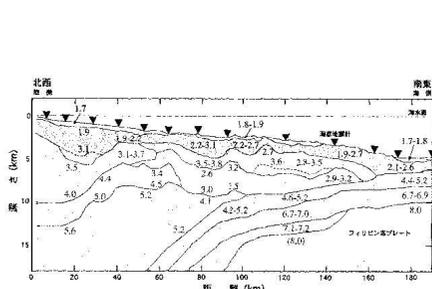
- 土木学会 (2016) 等を参考として、 $5.0 \times 10^{10} (\text{N/m}^2)$ とした。



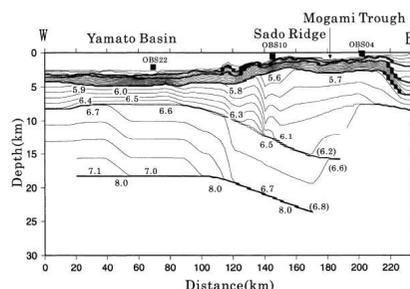
(a) 東北日本周辺 (吉井, 1977)



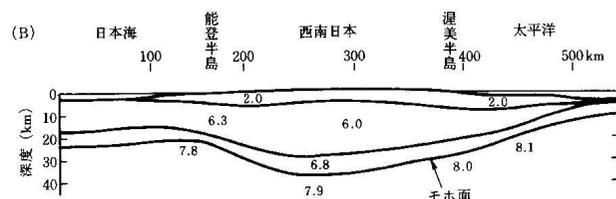
(b) 東北日本周辺 (武藤・大園, 2012) © 日本地質学会)



(c) 日向灘沖 (宮町・後藤, 1999)



(d) 秋田沖日本海東縁部 (西坂ほか, 2001)



(e) 西南日本周辺 (周藤・牛来, 1997)

P波速度構造に関する既往研究例(土木学会(2016))

V_p/V_s比に関する既往研究例(伊藤・大東(1996))

地域	上部地殻	下部地殻	上部マントル	文献・備考
近畿	1.67		1.78	Yoshiyama(1957)
西南日本	1.68		1.75~1.79	角田(1968)
紀伊半島	1.716±0.021			渡辺・黒磯(1967)
東北			1.77	宇津(1969)
中国	1.70~1.71	1.73		Hashizume(1970)
東北	1.66	1.75	1.70~1.75 1.75~1.80	堀内ら(1977) マンツルの値は火山フロントの東西
近畿北部	1.70			黒磯・渡辺(1977)
函館群発	(1.66)			高波ら(1980) 表層の値
中部東海	1.68±0.02	1.75~1.81	1.77	Ukawa and Fukao(1981) 真のV _p , V _s から求めた値
四国	(1.58-1.65) 1.73	1.75	1.73	岡野・木村(1983) ()内は表層の値
飛騨周辺	1.67±0.01			
長野県	1.69±0.01			
北関東	1.71±0.01			橋田・鶴川(1995)
甲府周辺	1.69±0.01			
富士箱根	1.69~1.78			
甲府周辺	1.66~1.71			
日光付近	1.682±0.016	1.686*	1.90	大東・伊藤(1995)
長野県西部	1.700±0.053	1.686*		*は真のV _p , V _s から求めた値
兵庫県南部	1.680±0.023	1.76*	1.76*	

震源付近の媒質の剛性率(土木学会(2016))

海域	根拠	剛性率
<ul style="list-style-type: none"> 西南日本陸側プレート内 日本海東縁部 プレート境界浅部 (断層面全体が深さ20km以浅に存在する場合) 	$V_p=6.0\text{km/s}$ $V_p/V_s=1.6\sim 1.7$ $\rho=2.7\sim 2.8\text{g/cm}^3$ とすれば, $\mu=3.36\times 10^{10}\sim 3.94\times 10^{10}\text{N/m}^2$ となる。この中間的値とする。	$3.5\times 10^{10}\text{N/m}^2$ $(3.5\times 10^{11}\text{dyne/cm}^2)$
<ul style="list-style-type: none"> 海洋プレート内 プレート境界深部 (断層面全体が深さ20km以深に存在する場合) 	$V_p=8.0\sim 8.1\text{km/s}$ $V_p/V_s=1.75\sim 1.80$ $\rho=3.2\sim 3.5\text{g/cm}^3$ とすれば, $\mu=6.31\times 10^{10}\sim 7.50\times 10^{10}\text{N/m}^2$ となる。この中間的値とする。	$7.0\times 10^{10}\text{N/m}^2$ $(7.0\times 10^{11}\text{dyne/cm}^2)$
<ul style="list-style-type: none"> プレート境界中央部 (断層面が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合) 	浅部と深部の中間的値とする。	$5.0\times 10^{10}\text{N/m}^2$ $(5.0\times 10^{11}\text{dyne/cm}^2)$

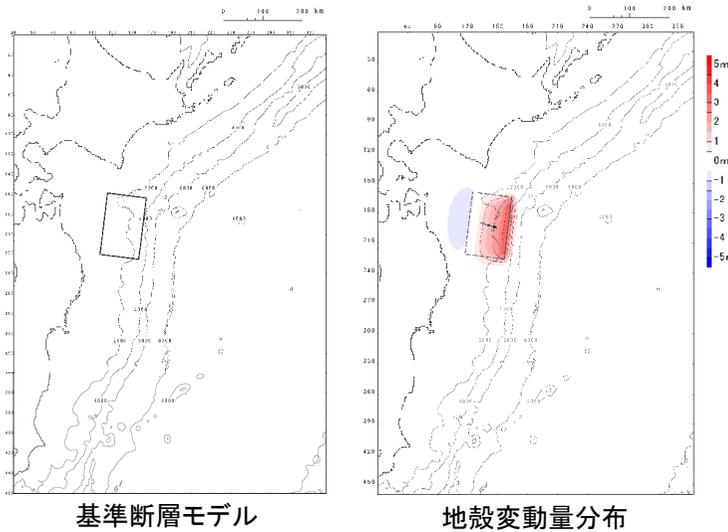
Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.3 基準断層モデルの設定

S43

■ 基準断層モデルの設定

- 基準断層モデルの地震規模(Mw)は、地震調査研究推進本部(2019)の評価、並びに三陸沖北部におけるすべり量(歪み量)に関する検討結果を踏まえ、1968年十勝沖地震に伴う津波を再現するモデル(Mw8.41)を基本として、これを上回るよう土木学会(2016)を参考にMw8.45にスケールアップして設定した。
- 波源位置は、活動域(青森県東方沖及び岩手県沖北部)の中央位置に設定した。



諸元

断層パラメータ		設定方法	設定値
モーメントマグニチュード	Mw	$(\log M_0 - 9.1) / 1.5$	8.45
長さ	L(km)	既往津波の痕跡高を再現できる断層モデルに、Mwに関連する断層パラメータのスケールアップ則(長さ・幅の限界なし)を適用して設定。	157
幅	W(km)		105
すべり量	D(m)		7.23
剛性率	μ (N/m ²)	既往津波再現モデルに基づき設定。	5.0×10^{10}
地震モーメント	M ₀ (N・m)	μ LWD	5.96×10^{21}
走向	θ (°)	日本海溝の形状に合わせて設定。	195
断層上縁深さ	d(km)	プレート境界面の深さに合わせて設定。	12
傾斜角	δ (°)	既往津波再現モデルに基づき設定。	20
すべり角	λ (°)	走向とすべり方向に基づき設定。	80
ライズタイム	τ (s)	既往津波再現モデルに基づき設定。	60

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.4 波源特性の不確かさの考慮

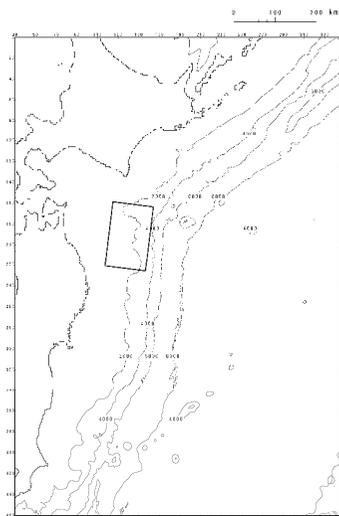
S43

■基本方針

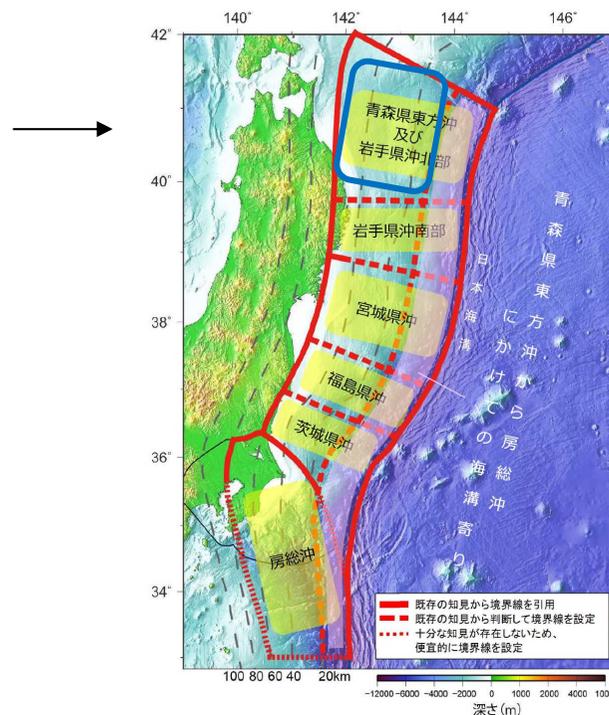
- ・ 土木学会(2016)を参考として、断層モデルの諸条件のうちプレート間地震の特性上不確実性が存在する断層パラメータの不確かさを考慮する。
- ・ 波源位置は、青森県東方沖及び岩手県沖北部の領域のうちプレート境界浅部(津波地震発生領域)以外のどこでも発生するものとして設定する。

【波源位置の不確かさを考慮する領域】

【各断層パラメータの不確かさ考慮】



基準断層モデル



地震調査研究推進本部(2019)に一部加筆

【概略パラメータスタディ】

項目	変動範囲
位置	南北方向: 基準, 北へ21.5km, 南へ21.5km移動 東西方向: 基準, 東へ33km, 西へ33km移動
走向	基準, 基準±10°

【詳細パラメータスタディ】

項目	変動範囲
傾斜角	基準, 基準±5°
すべり角	基準, 基準±10°

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

2. 4 波源特性の不確かさの考慮

■概略・詳細パラメータスタディ

- 土木学会(2016)を参考として、位置及び走向を変動させた概略パラメータスタディを実施し、各評価位置で水位上昇量及び水位下降量が最大となるケースについて、傾斜角及びすべり角を変動させた詳細パラメータスタディを実施した。
- 各パラメータの変動範囲については、土木学会(2002)を参考に設定[※]した。

※:土木学会(2002)では、プレート間逆断層地震のハーバードCMTIによる発震機構解(1976.1~2000.1に発生したMw6.0以上、深さ60km以下の地震)及び既往の断層モデルのばらつきから変動範囲を設定。

【概略パラメータスタディ】

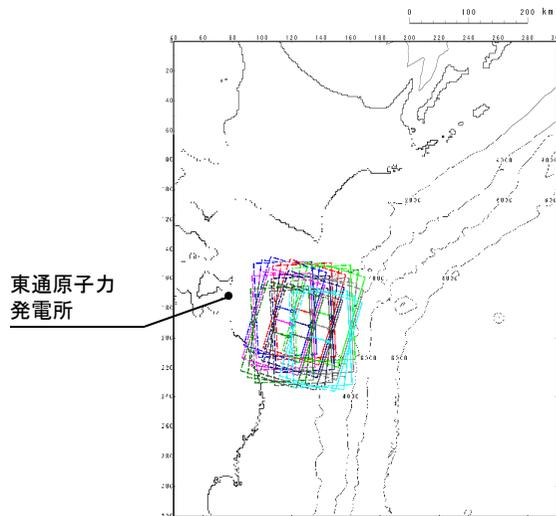
項目	変動範囲
位置	南北方向:基準, 北へ21.5km, 南へ21.5km移動 東西方向:基準, 東へ33km, 西へ33km移動
走向	基準, 基準±10°

最大水位上昇量・
下降量決定ケース



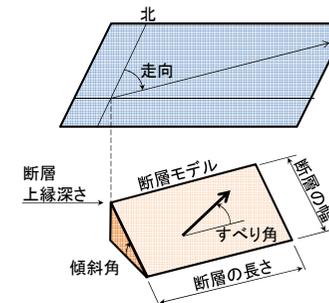
【詳細パラメータスタディ】

項目	変動範囲
傾斜角	基準, 基準±5°
すべり角	基準, 基準±10°



概略パラメータスタディ

(参考)断層パラメータ



Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価 2. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.4 波源特性の不確かさの考慮

■概略パラメータスタディ結果

- 各評価位置における最大水位上昇量, 最大水位下降量を以下に示す。

【水位上昇側】

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)		備考
位置	走向	敷地前面		
南北: 北へ21.5km 東西: 西へ33km	基準-10°	4.14		
	基準	4.24		
	基準+10°	3.80		
南北: 北へ21.5km 東西: 基準	基準-10°	4.04		
	基準	4.10		
	基準+10°	3.95		
南北: 北へ21.5km 東西: 東へ33km	基準-10°	4.53		
	基準	4.61		
	基準+10°	4.58		
南北: 基準 東西: 西へ33km	基準-10°	3.50		
	基準	3.60		
	基準+10°	3.59		
南北: 基準 東西: 基準	基準-10°	3.57		
	基準	3.55		
	基準+10°	3.57		
南北: 基準 東西: 東へ33km	基準-10°	4.40		
	基準	4.40		
	基準+10°	4.33		
南北: 南へ21.5km 東西: 西へ33km	基準-10°	2.96		
	基準	2.98		
	基準+10°	2.91		
南北: 南へ21.5km 東西: 基準	基準-10°	3.08		
	基準	3.02		
	基準+10°	3.05		
南北: 南へ21.5km 東西: 東へ33km	基準-10°	4.16		
	基準	4.14		
	基準+10°	4.21		

【水位下降側】

パラメータの変動範囲		最大水位下降量(m)		備考
位置	走向	取水口前面		
南北: 北へ21.5km 東西: 西へ33km	基準-10°	-3.19		
	基準	-3.48		
	基準+10°	-3.82		
南北: 北へ21.5km 東西: 基準	基準-10°	-3.97		
	基準	-4.06		
	基準+10°	-4.11		
南北: 北へ21.5km 東西: 東へ33km	基準-10°	-4.39		
	基準	-4.38		
	基準+10°	-4.31		
南北: 基準 東西: 西へ33km	基準-10°	-3.33		
	基準	-3.61		
	基準+10°	-3.79		
南北: 基準 東西: 基準	基準-10°	-4.16		
	基準	-4.31		
	基準+10°	-4.27		
南北: 基準 東西: 東へ33km	基準-10°	-4.63		
	基準	-4.58		
	基準+10°	-4.54		
南北: 南へ21.5km 東西: 西へ33km	基準-10°	-3.54		
	基準	-3.82		
	基準+10°	-3.92		
南北: 南へ21.5km 東西: 基準	基準-10°	-4.04		
	基準	-4.22		
	基準+10°	-4.24		
南北: 南へ21.5km 東西: 東へ33km	基準-10°	-4.43		
	基準	-4.48		
	基準+10°	-4.55		

Ⅱ.「プレート間地震」に起因する津波の評価 2.「プレート間地震」に起因する津波の評価

2.4 波源特性の不確かさの考慮

■詳細パラメータスタディ結果

- 各評価位置における最大水位上昇量, 最大水位下降量を以下に示す。

【水位上昇側】

パラメータの変動範囲				最大水位上昇量(m)		備考	
位置	走向	傾斜角	すべり角	敷地前面			
南北:北へ21.5km 東西:東へ33km	基準	基準-5°	基準-10°	4.68	決定ケース		
			基準	4.72			
			基準+10°	4.63			
		基準	基準-10°	4.55			
			基準	4.61			
			基準+10°	4.54			
		基準+5°	基準-10°	4.57			
			基準	4.50			
			基準+10°	4.45			

【水位下降側】

パラメータの変動範囲				最大水位下降量(m)		備考	
位置	走向	傾斜角	すべり角	取水口前面			
南北:基準 東西:東へ33km	基準-10°	基準-5°	基準-10°	-4.18			
			基準	-4.30			
			基準+10°	-4.34			
		基準	基準-10°	-4.51			
			基準	-4.63			
			基準+10°	-4.67			
		基準+5°	基準-10°	-4.72			
			基準	-4.82			
			基準+10°	-4.87			

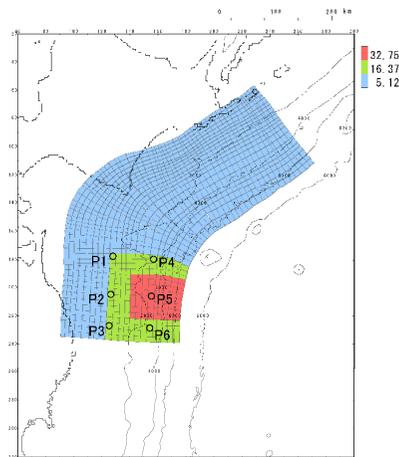
Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

3. 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の評価結果との比較

■ 検討方針

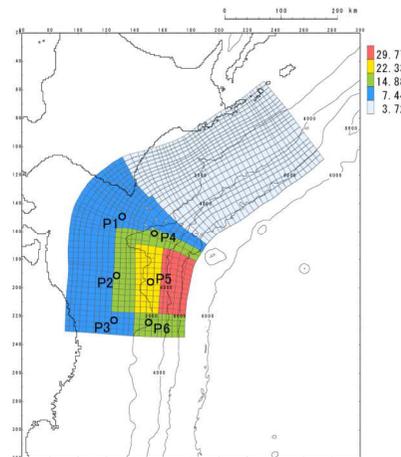
- プレート間地震と比較する「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波は、水位上昇側決定ケースの基準断層モデル①、水位下降側決定ケースの基準断層モデル③とした。
- 上記比較は、①発電所位置における津波水位及び水位分布、②施設からの反射波の影響が微小となる基準津波策定位置における津波水位及び時刻歴波形を比較する。

【十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震】に起因する津波】



基準断層モデル①

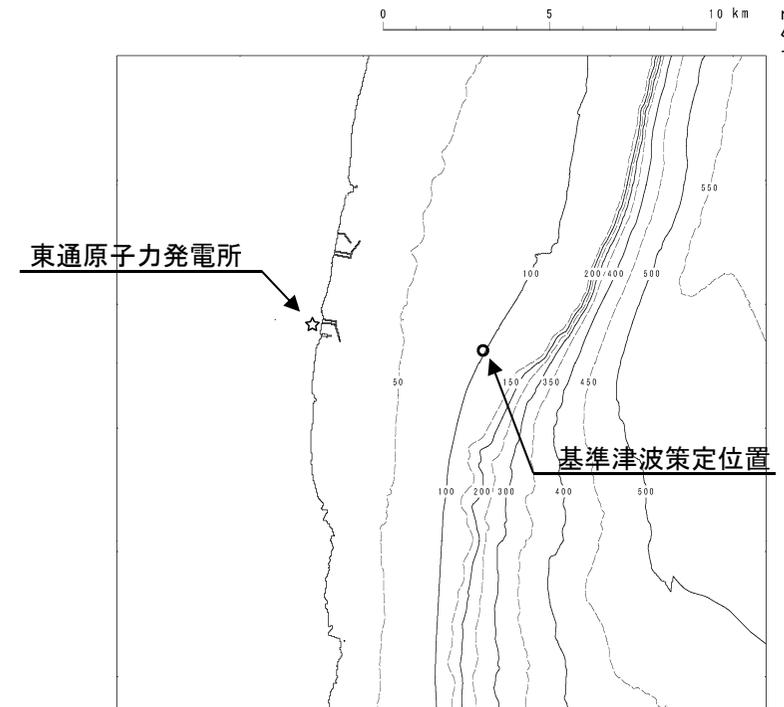
- ・破壊開始点位置:P6
- ・破壊伝播速度:2.0(km/s)
- ・ライズタイム:60(s)



基準断層モデル③

- ・破壊開始点位置:P1
- ・破壊伝播速度:1.0(km/s)
- ・ライズタイム:60(s)

【基準津波の策定位置】



Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

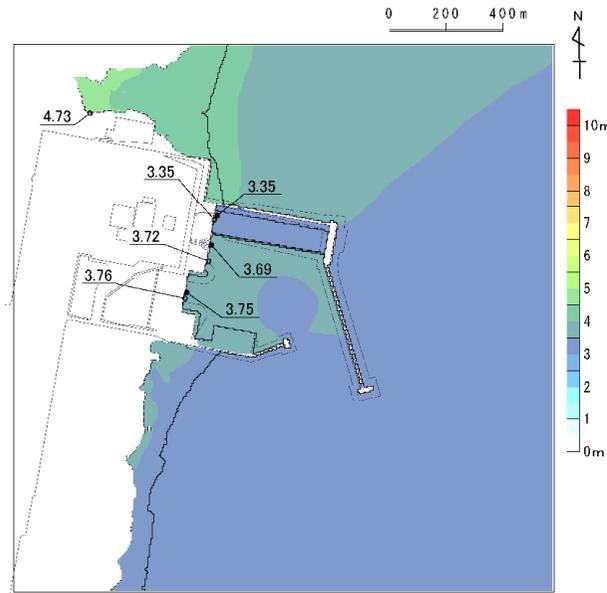
3. 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の評価結果との比較

■ 発電所位置における比較結果: 水位上昇側

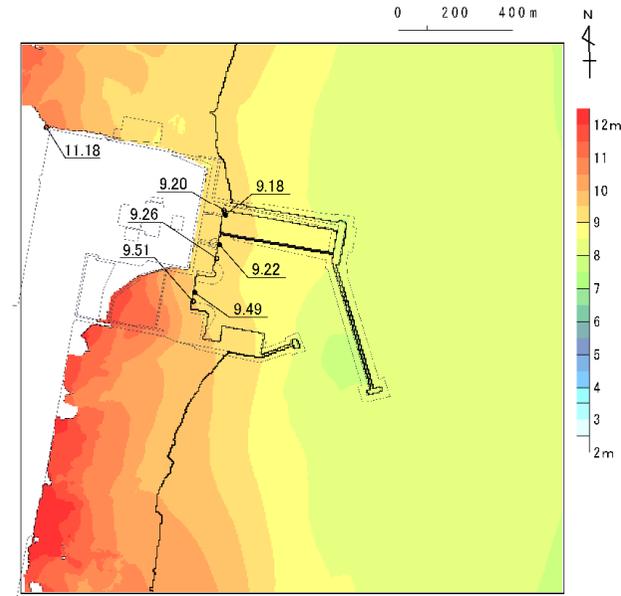
- 発電所位置におけるプレート間地震の津波水位は、「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の津波水位よりも小さく、同連動型地震の評価に包含されることを確認した。

	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
プレート間地震	4.73	3.72	3.76	3.35
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)	11.18	9.26	9.51	9.20

【最大水位上昇量分布】



プレート間地震



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)

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

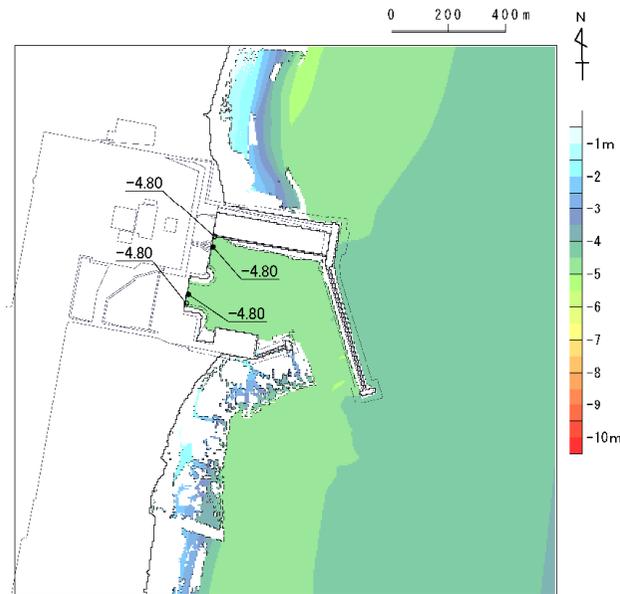
3. 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の評価結果との比較

■ 発電所位置における比較結果: 水位下降側

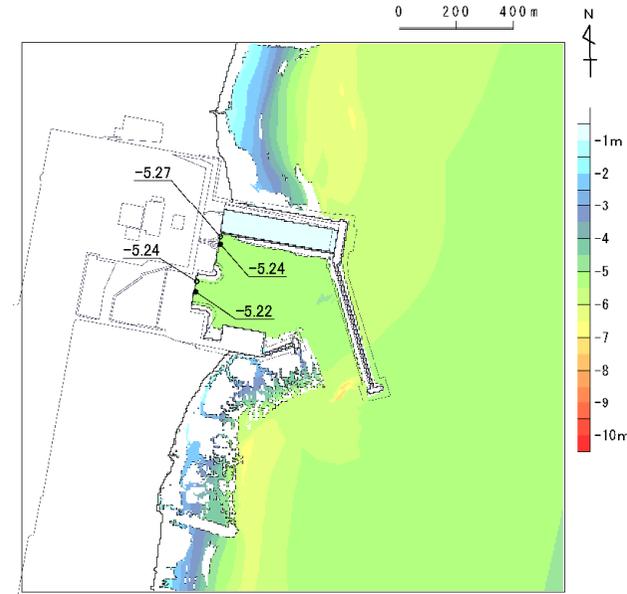
- 発電所位置におけるプレート間地震の津波水位は、「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の津波水位よりも小さく、同連動型地震の評価に包含されることを確認した。

	最大水位下降量(m)
	補機冷却海水系取水口前面
プレート間地震	-4.80
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③)	-5.24

【最大水位下降量分布】



プレート間地震



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③)

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

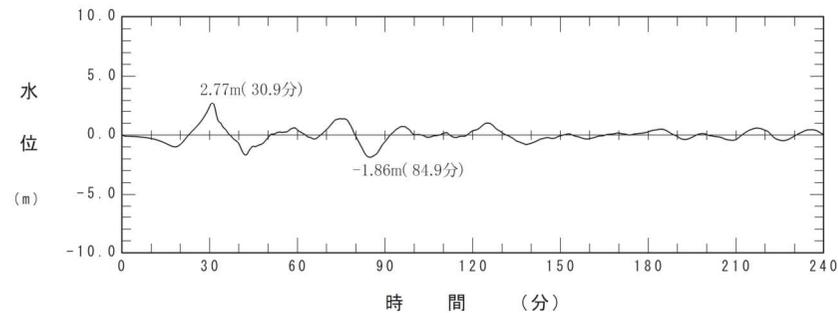
3. 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の評価結果との比較

■ 基準津波策定位置における比較結果

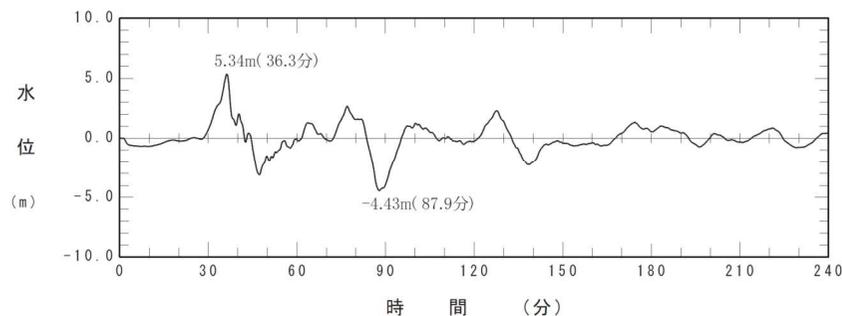
- 基準津波策定位置におけるプレート間地震の津波水位は、「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の津波水位よりも小さく、同連動型地震の評価に包含されることを確認した。

【水位上昇側】

	最大水位上昇量(m)
プレート間地震	2.77
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)	5.34



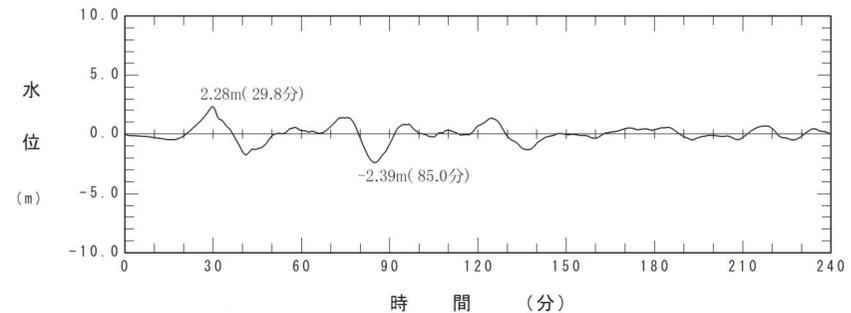
プレート間地震



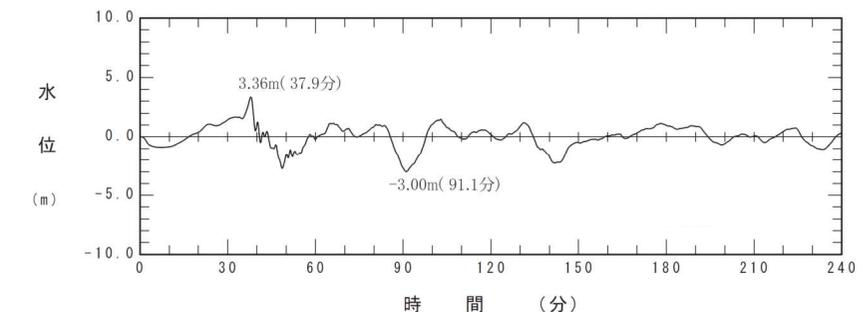
十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型
(基準断層モデル①)

【水位下降側】

	最大水位下降量(m)
プレート間地震	-2.39
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③)	-3.00



プレート間地震



十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型
(基準断層モデル③)

Ⅱ. 「プレート間地震」に起因する津波の評価

3. 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の評価結果との比較

■まとめ

- ・ 以上より、プレート間地震の津波水位は「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波の津波水位よりも小さく、同連動型地震の評価に包含されることを確認したことから、影響検討用として位置付けを変更する。

Ⅲ. 「津波地震」に起因する津波の評価

1. 阿部(2003)及び M_t と M_w の関係
2. 概略パラメータスタディ結果

Ⅲ. 「津波地震」に起因する津波の評価

1. 阿部(2003)及びMtとMwの関係: 阿部(2003)の知見

- 阿部(2003)は、1896年明治三陸地震津波のMtに係る既往知見を次のとおり再整理した。

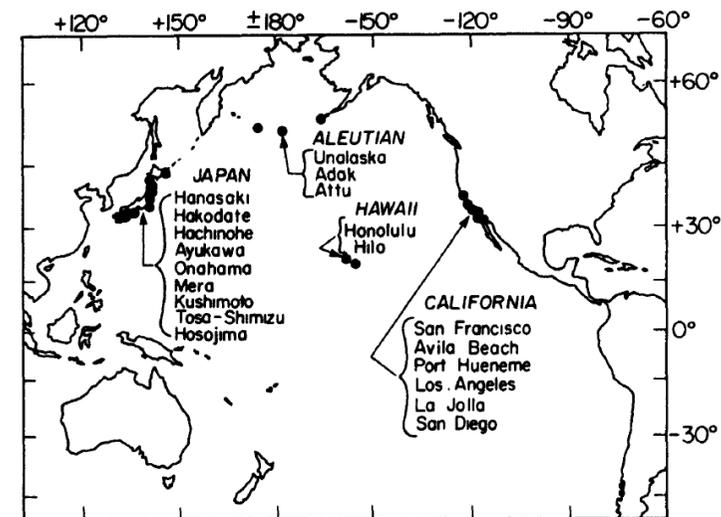
- 1896年明治三陸地震津波のMtは従来8.2と求められていたが(阿部(1988)), 用いたデータの少なさ^{※1}や遡上高からみると過小評価されているように見える。
- 遡上高の平均値に阿部(1999)のMt決定法を適用すると9.0が求められるが、この値は過大評価気味である。
- そこで今後は、環太平洋の計器観測(検潮儀記録)を重視して、Abe(1979)により海外のデータから求められた8.6を採用する。

※1: 計算に使用されたデータは、花咲・鮎川・銚子の検潮記録であるが、検潮儀の特性からみると、非常に大きな津波が波源近くで線形に記録されていないことも十分に考えられる。

日本周辺の特に顕著な津波地震(1498年~2002年)^{※2}
(阿部(2003)に一部加筆)

年.月.日	緯度	経度	地域	M_t	M_s
1596.9.4	33.3	131.6	別府湾	8.0	(7.0)
1605.2.3	33.5	138.5	慶長東海南海	8.2	(7.9)
1611.12.2	39.0	144.0	三陸沖	8.4	(8.1)
1677.11.4	35.0	141.5	房総沖	8.0	(8.0)
1741.8.29	41.6	139.4	渡島半島沖	8.4	-
1771.4.24	24.0	124.3	八重山諸島	8.5	(7.4)
1792.5.21	32.8	130.3	島原湾	7.5	(6.4)
1896.6.15	39.5	144.0	岩手県沖	8.6	7.2
1975.6.10	42.8	148.2	色丹島沖	7.9	6.8
1984.6.13	31.4	139.8	鳥島近海	7.3	5.4
1996.9.5	31.4	140.0	鳥島近海	7.5	5.7

※2: 出典は、Abe(1985)、阿部(1999)及び本稿(阿部(2003))。カッコ内は宇津(1999)による値。



環太平洋の計器観測位置
(Abe(1979))

Ⅲ. 「津波地震」に起因する津波の評価

1. 阿部(2003)及びMtとMwの関係: MtとMwの関係

- 津波マグニチュード(Mt)は、地震の規模を表すマグニチュード(M)の決定式にならって、検潮儀で観測された津波の最大振幅(または痕跡高)と、観測点から震央までの距離(伝播距離)から算定される津波の大きさを表す指標であり、国内外で発生した数多くの津波に対して、モーメントマグニチュード(Mw)と合致する(Abe(1979, 1981, 1985), 阿部(1988, 1999))。
- ただし、津波地震は地震規模の割に異常に大きな津波を引き起こす地震であり(Kanamori(1972)), MtからMwを推定することはできない(阿部(1999))。

1. 検潮儀記録を用いた定義式

(1) 近地津波の観測記録を対象とした定義式(Abe(1981))

$$M_t = \log H + \log \Delta + 5.80$$

$$M_t = \log H_2 + \log \Delta + 5.55$$

H : 検潮儀記録に基づく津波の最大片振幅(m)

H₂ : 検潮儀記録に基づく津波の最大全振幅(m)

Δ : 震央から観測点までの海洋上最短距離(km)

(2) 太平洋地域の津波の観測記録を対象とした定義式(Abe(1979))

$$M_t = \log H + 9.1 + \Delta C$$

H : 検潮儀記録に基づく津波の最大片振幅(m)

ΔC : 津波の発生場所と観測点との組合せで決定する補正值

ΔCの値(Abe(1979))

Source Region	ΔC				
	Honolulu	Hilo	California	Japan	Aleutian
A: Peru, Chile	+0.2	-0.6	+0.2	0.0	+0.2
B: Alaska, Aleutian	+0.1	0.0	+0.2	+0.3	...
C: Kamchatka, Kurile, Japan	0.0	-0.4	+0.1	-0.2*	-0.2
Whole Region	+0.1	-0.3	+0.2	0.0	0.0

M_t = log H + C + ΔC (H is in meters, C = 9.1).

*Except for Japan region.

2. 痕跡高を用いた定義式(阿部(1999))

$$M_t = 2 \log H_m + 6.6$$

$$M_t = 2 \log H_{\max} + 6.0$$

H_m : 区間平均高の最大値(最大区画平均高)(m)

H_{max} : 全域の最大津波高(m)

3. MtとMwの関係※

※: 津波地震は除く。

$$M_t = M_w$$

(太平洋側, Abe(1985))

$$M_t = M_w + 0.2$$

(日本海側, 検潮儀記録を用いてMtを求めた場合, Abe(1985))

$$M_t = M_w + 0.4$$

(日本海側, 痕跡高を用いてMtを求めた場合, 阿部(1999))

Ⅲ. 「津波地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

S39 S40

■ 日本海溝沿い

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口前面
基準 (日本海溝北端)	基準-5°	6.37	-4.05
	基準	6.66	-4.09
	基準+5°	7.25	-4.13
	基準+10°	8.00	-4.16
南へ10km 移動	基準-5°	6.10	-4.07
	基準	6.53	-4.08
	基準+5°	6.75	-4.11
	基準+10°	7.38	-4.11
南へ20km 移動	基準-5°	5.72	-4.05
	基準	6.37	-4.03
	基準+5°	6.47	-4.05
	基準+10°	6.97	-4.05
南へ30km 移動	基準-5°	5.41	-3.93
	基準	6.10	-3.98
	基準+5°	6.22	-4.00
	基準+10°	6.62	-3.98

Ⅲ. 「津波地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

S39 S40

■ 日本海溝～千島海溝沿い(1/2)

 : 概略パラメータスタディ最大ケース

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口前面
日本海溝北端 から北東へ10km	基準-5°	6.42	-4.06
	基準	6.86	-4.11
	基準+5°	7.58	-4.16
	基準+10°	9.23	-4.18
日本海溝北端 から北東へ20km	基準-5°	6.43	-4.11
	基準	6.90	-4.15
	基準+5°	7.83	-4.19
	基準+10°	9.43	-4.237
日本海溝北端 から北東へ30km	基準-5°	6.45	-4.18
	基準	6.91	-4.18
	基準+5°	7.89	-4.18
	基準+10°	9.41	-4.25
日本海溝北端 から北東へ40km	基準-5°	6.44	-4.17
	基準	6.88	-4.18
	基準+5°	7.88	-4.19
	基準+10°	9.25	-4.24
日本海溝北端 から北東へ50km	基準-5°	6.45	-4.19
	基準	6.89	-4.17
	基準+5°	7.89	-4.18
	基準+10°	9.16	-4.21
日本海溝北端 から北東へ60km	基準-5°	6.46	-4.19
	基準	6.89	-4.17
	基準+5°	7.84	-4.20
	基準+10°	9.19	-4.19
日本海溝北端 から北東へ70km	基準-5°	6.47	-4.18
	基準	6.88	-4.16
	基準+5°	7.88	-4.19
	基準+10°	9.21	-4.17
日本海溝北端 から北東へ80km	基準-5°	6.48	-4.14
	基準	6.91	-4.16
	基準+5°	7.88	-4.15
	基準+10°	9.25	-4.13

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口前面
日本海溝北端 から北東へ90km	基準-5°	6.50	-4.06
	基準	6.98	-4.10
	基準+5°	7.94	-4.09
	基準+10°	9.33	-4.08
日本海溝北端 から北東へ100km	基準-5°	6.53	-4.05
	基準	7.06	-4.04
	基準+5°	8.03	-4.06
	基準+10°	9.39	-4.03
日本海溝北端 から北東へ110km	基準-5°	6.57	-4.00
	基準	7.13	-4.02
	基準+5°	8.14	-4.00
	基準+10°	9.52	-3.99
日本海溝北端 から北東へ120km	基準-5°	6.63	-3.95
	基準	7.29	-3.95
	基準+5°	8.33	-3.97
	基準+10°	9.62	-3.96
日本海溝北端 から北東へ130km	基準-5°	6.71	-3.99
	基準	7.44	-4.01
	基準+5°	8.44	-3.98
	基準+10°	9.57	-3.95
日本海溝北端 から北東へ140km	基準-5°	7.11	-4.01
	基準	7.62	-4.00
	基準+5°	8.42	-3.94
	基準+10°	9.16	-3.91
日本海溝北端 から北東へ150km	基準-5°	7.12	-4.01
	基準	7.56	-4.08
	基準+5°	8.12	-3.97
	基準+10°	8.79	-3.90
日本海溝北端 から北東へ160km	基準-5°	6.87	-4.00
	基準	7.25	-3.98
	基準+5°	7.66	-3.94
	基準+10°	8.01	-3.84

Ⅲ. 「津波地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

S39 S40

■ 日本海溝～千島海溝沿い(2/2)

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量 (m)	最大水位下降量 (m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口前面
日本海溝北端 から北東へ170km	基準-5°	6.73	-3.84
	基準	6.79	-3.86
	基準+5°	6.92	-3.81
	基準+10°	7.12	-3.76
日本海溝北端 から北東へ180km	基準-5°	6.47	-3.65
	基準	6.46	-3.65
	基準+5°	6.49	-3.64
	基準+10°	6.50	-3.59
日本海溝北端 から北東へ190km	基準-5°	5.93	-3.56
	基準	5.89	-3.57
	基準+5°	5.92	-3.54
	基準+10°	5.91	-3.48
日本海溝北端 から北東へ200km	基準-5°	5.29	-3.43
	基準	5.36	-3.43
	基準+5°	5.39	-3.40
	基準+10°	5.35	-3.37
日本海溝北端 から北東へ210km	基準-5°	4.22	-3.24
	基準	4.57	-3.25
	基準+5°	4.57	-3.23
	基準+10°	4.57	-3.17
日本海溝北端 から北東へ220km	基準-5°	3.74	-2.84
	基準	3.80	-2.89
	基準+5°	3.84	-2.91
	基準+10°	3.89	-2.85
日本海溝北端 から北東へ230km	基準-5°	3.10	-2.49
	基準	3.07	-2.53
	基準+5°	3.17	-2.49
	基準+10°	3.30	-2.44
日本海溝北端 から北東へ240km	基準-5°	2.93	-2.15
	基準	2.36	-2.14
	基準+5°	2.54	-2.08
	基準+10°	2.75	-1.96

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量 (m)	最大水位下降量 (m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口前面
日本海溝北端 から北東へ250km	基準-5°	2.42	-1.85
	基準	2.37	-1.95
	基準+5°	2.05	-1.83
	基準+10°	2.30	-1.70
日本海溝北端 から北東へ260km	基準-5°	2.15	-1.97
	基準	2.09	-2.04
	基準+5°	2.16	-1.91
	基準+10°	2.45	-1.56

Ⅲ. 「津波地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

S39

S40

■ 千島海溝沿い

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口
千島海溝 南西端	基準-5°	2.48	-2.05
	基準	2.63	-2.04
	基準+5°	2.82	-1.85
	基準+10°	2.88	-1.46
北東へ 10km移動	基準-5°	2.57	-1.92
	基準	2.65	-1.84
	基準+5°	2.80	-1.63
	基準+10°	2.83	-1.62
北東へ 20km移動	基準-5°	2.56	-1.68
	基準	2.67	-1.63
	基準+5°	2.79	-1.73
	基準+10°	2.72	-1.71
北東へ 30km移動	基準-5°	2.48	-1.60
	基準	2.65	-1.69
	基準+5°	2.76	-1.79
	基準+10°	2.67	-1.73
北東へ 40km移動	基準-5°	2.40	-1.64
	基準	2.63	-1.75
	基準+5°	2.72	-1.81
	基準+10°	2.62	-1.73
北東へ 50km移動	基準-5°	2.28	-1.69
	基準	2.55	-1.77
	基準+5°	2.64	-1.83
	基準+10°	2.51	-1.74

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

1. 断層上縁深さの設定及び不確かさの考慮方法
2. 概略パラメータスタディ結果

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価 1. 断層上縁深さの設定及び不確かさの考慮方法

1.1 土木学会(2002, 2016)の設定方法

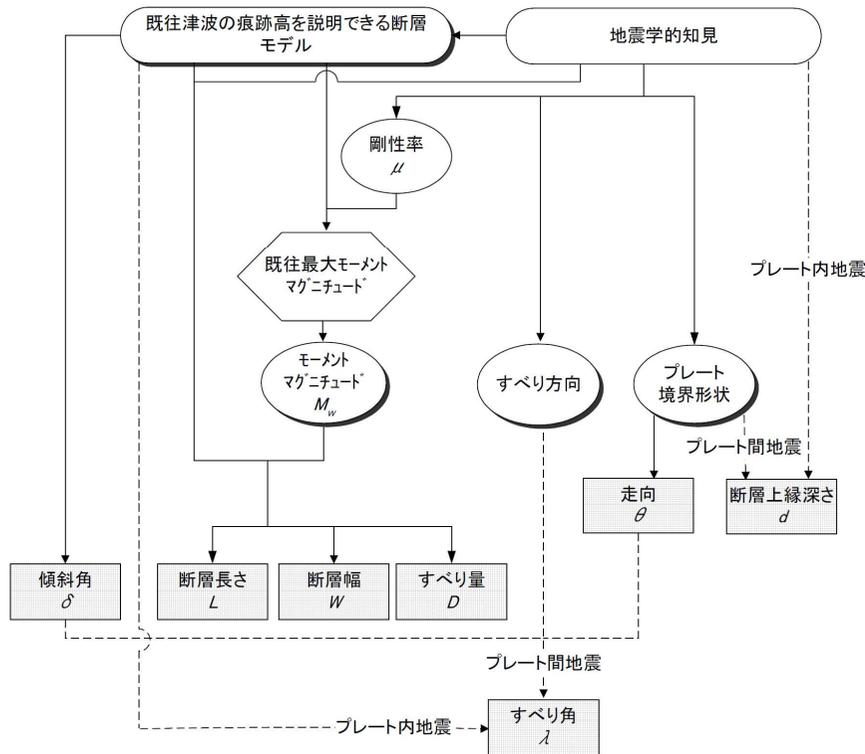
■ 基準断層モデルの設定方針

- 土木学会(2016)は、「日本海溝沿い及び千島海溝(南部)沿い海域では、過去に繰り返し津波が発生しており、また、プレート境界形状等に関する知見が比較的豊富であるため、これらの知見を活用し基準断層モデルを設定する。」としている。

■ 日本海溝沿い及び千島海溝(南部)沿いにおける基準断層モデルのパラメータ設定方法

- 土木学会(2002, 2016)は、既往津波の痕跡高を最もよく説明する断層モデル(断層パラメータ)をもとに、既往最大Mwを考慮し、地震発生様式を反映した適切なスケールリング則を適用して基準断層モデルのパラメータを設定するとしている。土木学会(2016)による設定フローを左図に示す。
- また、土木学会(2016)では基準断層モデルのパラメータ設定方法の例を示しており(右表)、断層上縁深さの設定方法について、「プレート内地震はゼロとする。」としている。

【基準断層モデルのパラメータの設定フロー(土木学会(2016))】



【基準断層モデルのパラメータ設定方法の例(土木学会(2016)に一部加筆)】

	典型的なプレート間逆断層地震	津波地震	プレート内正断層地震
スケールリング則	幅に上限あり		
断層長さ	想定位置近傍に設定された、既往津波の痕跡高を説明できる断層モデルにスケールリング則を適用する。		
幅	想定位置近傍に設定された、既往津波の痕跡高を説明できる断層モデルにスケールリング則を適用する。	深さ 50km に達する場合、幅に制限を設ける。	幅 50km を上限とする。
すべり量	想定位置近傍に設定された、既往津波の痕跡高を説明できる断層モデルにスケールリング則を適用する。		
上縁深さ	太平洋プレート上面の深さに基づき、水深を考慮して設定する。		ゼロとする。
走向	太平洋プレート上面(海溝)の等深線の走向に基づき設定する。		
傾斜角	想定位置近傍に設定された、既往津波の痕跡高を説明できる断層モデルと同じとする。		
すべり角	走向とすべり方向に基づき設定する		想定位置近傍に設定された、既往津波の痕跡高を説明できる断層モデルと同じとする
剛性率	深さ 20km 未満では 3.5×10^{10} N/m ² とする 深さ 20km 以上では 7.0×10^{10} N/m ² とする 上記 2 領域にまたがる場合、 5.0×10^{10} N/m ² とする		

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価 1. 断層上縁深さの設定及び不確かさの考慮方法

1.1 土木学会(2002, 2016)の設定方法

■ 既往津波の痕跡高を説明できる断層モデル

- 土木学会(2002)では、1933年昭和三陸地震津波を再現する断層モデルの断層上縁深さを「1km」に設定して、痕跡高の再現性を確認している。

津波痕跡高との比較を実施している断層モデル(日本海溝沿い及び千島海溝(南部)沿い海域)
(土木学会(2002)に一部加筆)

海域 小区分	対象津波	M_w モデル	S (km^2)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ ($^\circ$)	δ ($^\circ$)	λ ($^\circ$)	μ ($\times 10^{10}$ N/m^2)	すべり方 向($^\circ$)	データ 数	K	κ	備考	タイプ
千島 海溝 沿い	1952年十勝沖	8.17	13000	130	100	3.5	1	220	20	76	5.0	144.86	25	1.236	1.462	(参考)七省庁, Aida(1978)モデル	プレート間逆断層地震
	1973年根室半島沖	7.81	6000	60	100	2.2	2.3	230	27	101	5.0	127.69	検潮	1.01	1.18	(参考)電力, 補正	プレート間逆断層地震
	1994年 北海道東方沖	8.41	12800	160	80	5.78	10	230	77	128	7.0	66.06	14	0.752	1.454	(参考)七省庁, 高橋智幸ら(1995)モ デル	プレート内逆断層地震
日本 海溝 沿い	1611年豊長三陸沖	8.58	12250	245	50	10.7	1	180	45	270	7.0	270.00	11	1.003	1.368	補正相田(1977)	プレート内正断層地震
	同上	8.32	10500	210	50	10.3	1	190	20	75	3.5	115.92	11	1.003	1.416	本体系化原案	プレート間津波地震
	1677年房総沖	8.17	10000	200	50	6.5	1	210	20	90	3.5	120.00	15	1.00	1.41	電力, 独自モデル	プレート間津波地震
	1793年宮城県沖	8.246	14700	210	70	4.0	10	205	15	90	5.0	115.00	33	0.997	1.479	本体系化原案	プレート間逆断層地震
	1856年十勝沖	8.28	8400	120	70	7.8	26	205	20	90	5.0	115.00	20	1.001	1.362	本体系化原案	プレート間逆断層地震
	1896年明治三陸沖	8.30	10500	210	50	9.7	1	195	20	90	3.5	105.00	100	1.00	1.544	補正Tanioka and Satake(1996)	プレート間津波地震
	1933年昭和三陸沖	8.354	9250	185	50	6.6	1	180	45	270	7.0	270.00	571	0.95	1.39	電力, 相田(1977)モ デル	プレート内正断層地震
	1968年十勝沖	8.36	5000	50	100	5.9	16	195	20	76	5.0	119.86	273	1.019	1.405	本体系化原案	プレート間逆断層地震
			5000	50	100	5.9	8	195	20	76	5.0	119.86					
			5000	50	100	5.9	3	195	20	76	5.0	119.86					
	1897年三陸沖	7.80	3600	120	30	3.5	1	205	20	90	5.0	115.00	13:間接	-	1.6	(参考)相田(1977)	プレート間逆断層地震
	1931年青森県東方沖	7.39	3000	100	30	0.74	50	192	20	90	7.0	102.00	検潮	-	-	(参考)相田(1977)	プレート間逆断層地震
	1938年塩屋沖II	7.72	6000	100	60	1.6	30	200	10	95	5.0	284.92	検潮	0.84	1.32	(参考)電力, 修正 Abe(1977)	プレート間逆断層地震
	1938年塩屋沖IV	7.753	3825	85	45	2.0	20	190	80	270	7.0	280.00	検潮	0.62	1.95	(参考)電力, 補正 Abe(1977)	プレート内正断層地震
	1938年塩屋沖V	7.70	4275	95	45	1.5	20	190	80	270	7.0	280.00	1	0.419	-	(参考)七省庁, Abe(1977)モデル	プレート内正断層地震
1968年岩手県沖	7.60	3500	70	50	1.8	1	151	30	31	5.0	123.51	検潮	0.99 0.82	1.48 1.66	(参考)Aida(1978)	プレート間逆断層地震	
1978年宮城県沖	7.516	1690	26	65	2	25	190	20	85	7.0	105.32	検潮	-	-	(参考)相田(1978b)	プレート間逆断層地震	
1994年 三陸はるか沖	7.66	1800	60	30	0.75	35.4	200	10	90	5.0	110.00	検潮	-	-	(参考)Tanioka et al.(1996) (7セグメント; 負のす べり除外)	プレート間逆断層地震	
		1350	30	45	0.65	27.1	200	10	90	5.0	110.00						
		1350	30	45	0.93	27.1	200	10	90	5.0	110.00						
		1350	30	45	0.73	19.1	200	10	90	5.0	110.00						
		1350	30	45	1.71	19.1	200	10	90	5.0	110.00						
1800	60	30	0.56	13.4	200	10	90	5.0	110.00								

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価 1. 断層上縁深さの設定及び不確かさの考慮方法

1. 1 土木学会(2002, 2016)の設定方法

■日本海溝沿い及び千島海溝(南部)沿いの評価事例: 基本断層モデルの設定, 断層上縁深さの不確かさの考慮方法

- ・ 基準断層モデルの断層上縁深さの設定について, 土木学会(2016)では1933年昭和三陸地震津波を再現する断層モデルのパラメータを基本として, 「1km」に設定している。
- ・ また, 断層上縁深さの不確かさの考慮方法について, 「0, 1km, 2km」と変化させたパラメータスタディを実施している。

【基準断層モデルの設定(土木学会(2016)に一部加筆)】

表 6. 4. 2-1 基本断層モデルの諸元

パラメータ	津波地震	正断層地震
モーメントマグニチュード M_w	8.3	8.6
断層長さ L (km)	210	283
断層幅 W (km)	50	50
上縁深さ d (km)	1	1
平均すべり量 D (m)	9.7	10.1
傾斜角 δ (度)	20	45
走向 θ (度)	188	188
すべり角 λ (度)	75	270
領域に対応する既往最大地震津波	1896年	1933年, 1611年

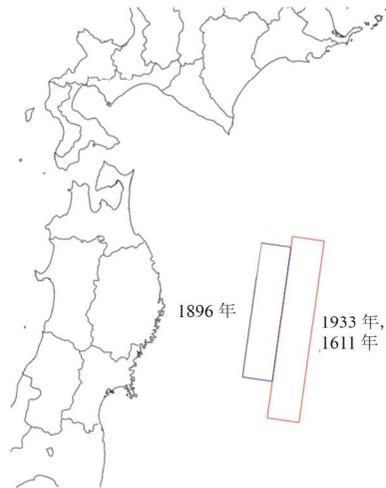


図 6. 4. 2-1 既往津波に対応する基本断層モデルの位置

【断層上縁深さの不確かさの考慮方法(土木学会(2016)に一部加筆)】

6. 4. 4 詳細パラメータスタディ

(1) 詳細パラメータスタディの設定

基本断層モデルを位置移動した概略パラメータスタディでの計算ケースのうち, 以下の3波源を詳細パラメータスタディの基本断層モデルとした(図 6. 4. 3-1 参照)。

- (i) プレート内正断層を最も南に配置したケース
(岩手県南部～宮城県北部で最大水位上昇量)
- (ii) 津波地震の断層を最も北に配置したケース
(北海道南部～岩手県北部で最大水位上昇量)
- (iii) 津波地震の断層を南から2番目に配置したケース
(宮城県北部で最大水位上昇量)

上記基本断層モデルについて, 同位置で以下のように断層パラメータを変化させた計算を実施した。

○プレート内正断層地震

- ・ 断層上縁深さ : 0km, 1km, 2km
- ・ 傾斜角 δ : 基本, 基本±5度
- ・ 走向 θ : 基本, 基本±10度

○津波地震

- ・ 傾斜角 δ : 基本, 基本±5度
- ・ 走向 θ : 基本, 基本±10度
- ・ すべり方向 : 基本, 基本±10度

(すべり角はすべり方向を満足するよう変動する)

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価 1. 断層上縁深さの設定及び不確かさの考慮方法

1. 2 まとめ:土木学会(2002, 2016)の知見の反映

■土木学会(2002, 2016)の設定方法

- ・ 日本海溝沿い及び千島海溝(南部)沿いの海域における基準断層モデルについて、既往津波の痕跡高を説明できる断層モデルにスケーリング則を適用して設定することを基本としている。
- ・ 上記海域の評価例で設定している基準断層モデルの断層上縁深さの設定について、1933年昭和三陸地震津波の痕跡高を再現するモデルの断層上縁深さ「1km」を採用している。
- ・ 断層上縁深さの不確かさの考慮方法について、「0km, 1km, 2km」と変化させたパラメータスタディを実施している。



■まとめ:既往津波の再現モデル, 基準断層モデルの設定値への反映

- ・ 既往津波(1933年昭和三陸地震津波)の再現モデルの断層上縁深さについて、土木学会(2002, 2016)の設定方法を踏まえ「1km」に設定し、痕跡高の再現性を確認する。
- ・ 基準断層モデルの断層上縁深さは、上記既往津波の再現モデルと同様の設定値を採用する。
- ・ 断層上縁深さの不確かさの考慮方法については、土木学会(2016)と同様に、「0km, 1km, 2km」と変化させたパラメータスタディを実施する。

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

■海溝軸方向: 日本海溝沿い

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口前面
基準 (日本海溝北端)	基準-10°	5.41	-3.58
	基準	5.12	-3.67
	基準+10°	5.62	-3.57
南へ10km 移動	基準-10°	5.47	-3.55
	基準	4.85	-3.66
	基準+10°	5.17	-3.55
南へ20km 移動	基準-10°	5.18	-3.51
	基準	4.59	-3.65
	基準+10°	4.82	-3.55
南へ30km 移動	基準-10°	4.23	-3.46
	基準	4.25	-3.62
	基準+10°	5.06	-3.58

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

■ 海溝軸方向：日本海溝～千島海溝沿い(1/2)

□ : 概略パラメータスタディ最大ケース

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口前面
日本海溝北端 から北東へ10km	基準-10°	5.59	-3.59
	基準	5.03	-3.62
	基準+10°	5.68	-3.58
日本海溝北端 から北東へ20km	基準-10°	5.75	-3.56
	基準	5.28	-3.62
	基準+10°	5.68	-3.57
日本海溝北端 から北東へ30km	基準-10°	4.26	-3.57
	基準	5.56	-3.66
	基準+10°	6.15	-3.60
日本海溝北端 から北東へ40km	基準-10°	4.34	-3.58
	基準	5.49	-3.71
	基準+10°	6.14	-3.62
日本海溝北端 から北東へ50km	基準-10°	4.34	-3.59
	基準	5.44	-3.73
	基準+10°	5.82	-3.64
日本海溝北端 から北東へ60km	基準-10°	4.34	-3.59
	基準	4.54	-3.746
	基準+10°	5.89	-3.66
日本海溝北端 から北東へ70km	基準-10°	4.27	-3.61
	基準	4.59	-3.751
	基準+10°	5.81	-3.67
日本海溝北端 から北東へ80km	基準-10°	5.46	-3.63
	基準	4.54	-3.753
	基準+10°	6.08	-3.68

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口前面
日本海溝北端 から北東へ90km	基準-10°	5.34	-3.63
	基準	4.35	-3.755
	基準+10°	6.20	-3.67
日本海溝北端 から北東へ100km	基準-10°	5.64	-3.64
	基準	4.24	-3.748
	基準+10°	5.85	-3.67
日本海溝北端 から北東へ110km	基準-10°	5.33	-3.63
	基準	4.36	-3.751
	基準+10°	4.31	-3.67
日本海溝北端 から北東へ120km	基準-10°	5.07	-3.63
	基準	5.95	-3.749
	基準+10°	4.35	-3.66
日本海溝北端 から北東へ130km	基準-10°	5.03	-3.62
	基準	5.52	-3.747
	基準+10°	5.00	-3.65
日本海溝北端 から北東へ140km	基準-10°	5.14	-3.61
	基準	5.55	-3.74
	基準+10°	6.17	-3.63
日本海溝北端 から北東へ150km	基準-10°	5.08	-3.61
	基準	6.30	-3.73
	基準+10°	6.45	-3.61
日本海溝北端 から北東へ160km	基準-10°	4.39	-3.61
	基準	6.45	-3.70
	基準+10°	6.73	-3.56

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

■海溝軸方向: 日本海溝～千島海溝沿い(2/2)

□: 概略パラメータスタディ最大ケース

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系取水口前面
日本海溝北端 から北東へ170km	基準-10°	5.67	-3.59
	基準	6.46	-3.65
	基準+10°	6.91	-3.50
日本海溝北端 から北東へ180km	基準-10°	5.78	-3.56
	基準	5.71	-3.61
	基準+10°	7.01	-3.45
日本海溝北端 から北東へ190km	基準-10°	5.38	-3.51
	基準	5.24	-3.55
	基準+10°	6.91	-3.44
日本海溝北端 から北東へ200km	基準-10°	4.22	-3.44
	基準	5.15	-3.49
	基準+10°	6.74	-3.40
日本海溝北端 から北東へ210km	基準-10°	4.14	-3.33
	基準	4.93	-3.42
	基準+10°	6.24	-3.38
日本海溝北端 から北東へ220km	基準-10°	4.34	-3.19
	基準	4.48	-3.35
	基準+10°	5.61	-3.35
日本海溝北端 から北東へ230km	基準-10°	4.02	-2.98
	基準	4.01	-3.23
	基準+10°	5.01	-3.28
日本海溝北端 から北東へ240km	基準-10°	3.08	-2.64
	基準	3.12	-3.01
	基準+10°	4.22	-3.17

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系取水口前面
日本海溝北端 から北東へ250km	基準-10°	2.13	-2.16
	基準	2.46	-2.64
	基準+10°	3.57	-2.98
日本海溝北端 から北東へ260km	基準-10°	1.90	-2.01
	基準	2.25	-2.23
	基準+10°	2.69	-2.67
日本海溝北端 から北東へ270km	基準-10°	1.89	-2.13
	基準	1.93	-1.96
	基準+10°	2.01	-2.32
日本海溝北端 から北東へ280km	基準-10°	1.92	-2.43
	基準	1.70	-2.13
	基準+10°	1.66	-2.01

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

■海溝軸方向: 千島海溝沿い

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)	最大水位下降量(m)
位置	走向	敷地前面	補機冷却海水系 取水口
千島海溝 南西端	基準-10°	2.00	-2.50
	基準	1.75	-2.18
	基準+10°	1.70	-1.92
北東へ 10km移動	基準-10°	1.94	-2.39
	基準	1.77	-2.10
	基準+10°	1.62	-1.83
北東へ 20km移動	基準-10°	1.79	-2.27
	基準	1.69	-2.00
	基準+10°	1.47	-1.74
北東へ 30km移動	基準-10°	1.74	-2.16
	基準	1.66	-1.90
	基準+10°	1.46	-1.66
北東へ 40km移動	基準-10°	1.70	-2.05
	基準	1.63	-1.79
	基準+10°	1.61	-1.59
北東へ 50km移動	基準-10°	1.55	-1.95
	基準	1.62	-1.71
	基準+10°	1.49	-1.54

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

■海溝軸直交方向(水位上昇側): 日本海溝北端から北東へ180km, 西傾斜

□: 概略パラメータスタディ最大ケース

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)
位置	走向	敷地前面
海溝軸から 西北西へ100km	基準-10°	5.86
	基準	6.64
	基準+10°	7.65
海溝軸から 西北西へ90km	基準-10°	6.22
	基準	6.60
	基準+10°	8.12
海溝軸から 西北西へ80km	基準-10°	6.90
	基準	6.40
	基準+10°	8.22
海溝軸から 西北西へ70km	基準-10°	6.88
	基準	6.21
	基準+10°	8.13
海溝軸から 西北西へ60km	基準-10°	7.14
	基準	6.19
	基準+10°	7.97
海溝軸から 西北西へ50km	基準-10°	7.08
	基準	5.60
	基準+10°	7.77
海溝軸から 西北西へ40km	基準-10°	6.95
	基準	4.88
	基準+10°	7.35
海溝軸から 西北西へ30km	基準-10°	6.78
	基準	6.16
	基準+10°	7.03

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)
位置	走向	敷地前面
海溝軸から 西北西へ20km	基準-10°	6.59
	基準	6.48
	基準+10°	7.08
海溝軸から 西北西へ10km	基準-10°	6.31
	基準	6.11
	基準+10°	7.09
基準位置	基準-10°	5.78
	基準	5.71
	基準+10°	7.01
海溝軸から 東南東へ10km	基準-10°	5.04
	基準	4.25
	基準+10°	6.91
海溝軸から 東南東へ20km	基準-10°	4.27
	基準	5.35
	基準+10°	6.84
海溝軸から 東南東へ30km	基準-10°	5.23
	基準	5.13
	基準+10°	6.84
海溝軸から 東南東へ40km	基準-10°	5.14
	基準	5.07
	基準+10°	6.78
海溝軸から 東南東へ50km	基準-10°	4.73
	基準	5.03
	基準+10°	6.79

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)
位置	走向	敷地前面
海溝軸から 東南東へ60km	基準-10°	4.65
	基準	5.02
	基準+10°	6.73
海溝軸から 東南東へ70km	基準-10°	4.32
	基準	4.98
	基準+10°	6.73
海溝軸から 東南東へ80km	基準-10°	4.05
	基準	4.92
	基準+10°	6.71
海溝軸から 東南東へ90km	基準-10°	4.05
	基準	4.85
	基準+10°	6.57
海溝軸から 東南東へ 100km	基準-10°	3.68
	基準	4.79
	基準+10°	6.53

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

■海溝軸直交方向(水位上昇側): 日本海溝北端から北東へ180km, 東傾斜

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)
位置	走向	敷地前面
海溝軸から 西北西へ100km	基準-10°	5.29
	基準	5.13
	基準+10°	5.26
海溝軸から 西北西へ90km	基準-10°	5.15
	基準	5.26
	基準+10°	5.64
海溝軸から 西北西へ80km	基準-10°	4.86
	基準	5.05
	基準+10°	5.41
海溝軸から 西北西へ70km	基準-10°	4.68
	基準	5.39
	基準+10°	5.93
海溝軸から 西北西へ60km	基準-10°	4.88
	基準	5.57
	基準+10°	6.11
海溝軸から 西北西へ50km	基準-10°	5.08
	基準	4.44
	基準+10°	6.17
海溝軸から 西北西へ40km	基準-10°	4.73
	基準	5.66
	基準+10°	5.98
海溝軸から 西北西へ30km	基準-10°	4.81
	基準	5.51
	基準+10°	5.76

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)
位置	走向	敷地前面
海溝軸から 西北西へ20km	基準-10°	4.81
	基準	5.54
	基準+10°	6.03
海溝軸から 西北西へ10km	基準-10°	4.36
	基準	5.62
	基準+10°	6.09
基準位置	基準-10°	4.20
	基準	5.33
	基準+10°	5.56
海溝軸から 東南東へ10km	基準-10°	4.38
	基準	5.18
	基準+10°	5.77
海溝軸から 東南東へ20km	基準-10°	4.33
	基準	5.05
	基準+10°	5.67
海溝軸から 東南東へ30km	基準-10°	4.34
	基準	4.91
	基準+10°	5.51
海溝軸から 東南東へ40km	基準-10°	3.97
	基準	4.74
	基準+10°	5.41
海溝軸から 東南東へ50km	基準-10°	4.03
	基準	4.55
	基準+10°	5.31

パラメータの変動範囲		最大水位上昇量(m)
位置	走向	敷地前面
海溝軸から 東南東へ60km	基準-10°	3.73
	基準	4.38
	基準+10°	5.26
海溝軸から 東南東へ70km	基準-10°	3.96
	基準	4.27
	基準+10°	5.28
海溝軸から 東南東へ80km	基準-10°	3.73
	基準	4.23
	基準+10°	5.26
海溝軸から 東南東へ90km	基準-10°	3.58
	基準	4.16
	基準+10°	5.24
海溝軸から 東南東へ 100km	基準-10°	3.52
	基準	4.12
	基準+10°	5.24

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

■海溝軸直交方向(水位下降側): 日本海溝北端から北東へ90km, 西傾斜

□: 概略パラメータスタディ最大ケース

パラメータの変動範囲		最大水位下降量(m)
位置	走向	補機冷却海水系 取水口前面
海溝軸から 西北西へ100km	基準-10°	-4.46
	基準	-4.56
	基準+10°	-4.57
海溝軸から 西北西へ90km	基準-10°	-4.35
	基準	-4.45
	基準+10°	-4.44
海溝軸から 西北西へ80km	基準-10°	-4.22
	基準	-4.31
	基準+10°	-4.24
海溝軸から 西北西へ70km	基準-10°	-4.09
	基準	-4.18
	基準+10°	-4.07
海溝軸から 西北西へ60km	基準-10°	-3.96
	基準	-4.05
	基準+10°	-3.93
海溝軸から 西北西へ50km	基準-10°	-3.81
	基準	-3.92
	基準+10°	-3.84
海溝軸から 西北西へ40km	基準-10°	-3.71
	基準	-3.82
	基準+10°	-3.76
海溝軸から 西北西へ30km	基準-10°	-3.65
	基準	-3.80
	基準+10°	-3.72

パラメータの変動範囲		最大水位下降量(m)
位置	走向	補機冷却海水系 取水口前面
海溝軸から 西北西へ20km	基準-10°	-3.63
	基準	-3.77
	基準+10°	-3.69
海溝軸から 西北西へ10km	基準-10°	-3.65
	基準	-3.75
	基準+10°	-3.67
基準位置	基準-10°	-3.63
	基準	-3.75
	基準+10°	-3.67
海溝軸から 東南東へ10km	基準-10°	-3.60
	基準	-3.76
	基準+10°	-3.69
海溝軸から 東南東へ20km	基準-10°	-3.58
	基準	-3.77
	基準+10°	-3.70
海溝軸から 東南東へ30km	基準-10°	-3.57
	基準	-3.77
	基準+10°	-3.71
海溝軸から 東南東へ40km	基準-10°	-3.56
	基準	-3.77
	基準+10°	-3.72
海溝軸から 東南東へ50km	基準-10°	-3.57
	基準	-3.77
	基準+10°	-3.73

パラメータの変動範囲		最大水位下降量(m)
位置	走向	補機冷却海水系 取水口前面
海溝軸から 東南東へ60km	基準-10°	-3.65
	基準	-3.78
	基準+10°	-3.75
海溝軸から 東南東へ70km	基準-10°	-3.65
	基準	-3.78
	基準+10°	-3.76
海溝軸から 東南東へ80km	基準-10°	-3.69
	基準	-3.78
	基準+10°	-3.79
海溝軸から 東南東へ90km	基準-10°	-3.71
	基準	-3.78
	基準+10°	-3.77
海溝軸から 東南東へ 100km	基準-10°	-3.71
	基準	-3.78
	基準+10°	-3.77

IV. 「海洋プレート内地震」に起因する津波の評価

2. 概略パラメータスタディ結果

■海溝軸直交方向(水位下降側): 日本海溝北端から北東へ90km, 東傾斜

パラメータの変動範囲		最大水位下降量(m)
位置	走向	補機冷却海水系 取水口前面
海溝軸から 西北西へ100km	基準-10°	-4.32
	基準	-4.53
	基準+10°	-4.53
海溝軸から 西北西へ90km	基準-10°	-4.28
	基準	-4.45
	基準+10°	-4.38
海溝軸から 西北西へ80km	基準-10°	-4.25
	基準	-4.34
	基準+10°	-4.24
海溝軸から 西北西へ70km	基準-10°	-4.19
	基準	-4.23
	基準+10°	-4.08
海溝軸から 西北西へ60km	基準-10°	-4.16
	基準	-4.16
	基準+10°	-3.96
海溝軸から 西北西へ50km	基準-10°	-4.15
	基準	-4.02
	基準+10°	-3.80
海溝軸から 西北西へ40km	基準-10°	-4.06
	基準	-3.91
	基準+10°	-3.70
海溝軸から 西北西へ30km	基準-10°	-4.00
	基準	-3.85
	基準+10°	-3.65

パラメータの変動範囲		最大水位下降量(m)
位置	走向	補機冷却海水系 取水口前面
海溝軸から 西北西へ20km	基準-10°	-3.95
	基準	-3.76
	基準+10°	-3.56
海溝軸から 西北西へ10km	基準-10°	-3.88
	基準	-3.65
	基準+10°	-3.51
基準位置	基準-10°	-3.83
	基準	-3.63
	基準+10°	-3.50
海溝軸から 東南東へ10km	基準-10°	-3.83
	基準	-3.63
	基準+10°	-3.49
海溝軸から 東南東へ20km	基準-10°	-3.80
	基準	-3.62
	基準+10°	-3.49
海溝軸から 東南東へ30km	基準-10°	-3.80
	基準	-3.62
	基準+10°	-3.55
海溝軸から 東南東へ40km	基準-10°	-3.78
	基準	-3.62
	基準+10°	-3.54
海溝軸から 東南東へ50km	基準-10°	-3.76
	基準	-3.63
	基準+10°	-3.56

パラメータの変動範囲		最大水位下降量(m)
位置	走向	補機冷却海水系 取水口前面
海溝軸から 東南東へ60km	基準-10°	-3.77
	基準	-3.64
	基準+10°	-3.58
海溝軸から 東南東へ70km	基準-10°	-3.74
	基準	-3.65
	基準+10°	-3.62
海溝軸から 東南東へ80km	基準-10°	-3.75
	基準	-3.66
	基準+10°	-3.59
海溝軸から 東南東へ90km	基準-10°	-3.73
	基準	-3.66
	基準+10°	-3.59
海溝軸から 東南東へ 100km	基準-10°	-3.71
	基準	-3.67
	基準+10°	-3.61

V. 地震以外に起因する津波の評価

1. 発電所周辺陸域における地すべり

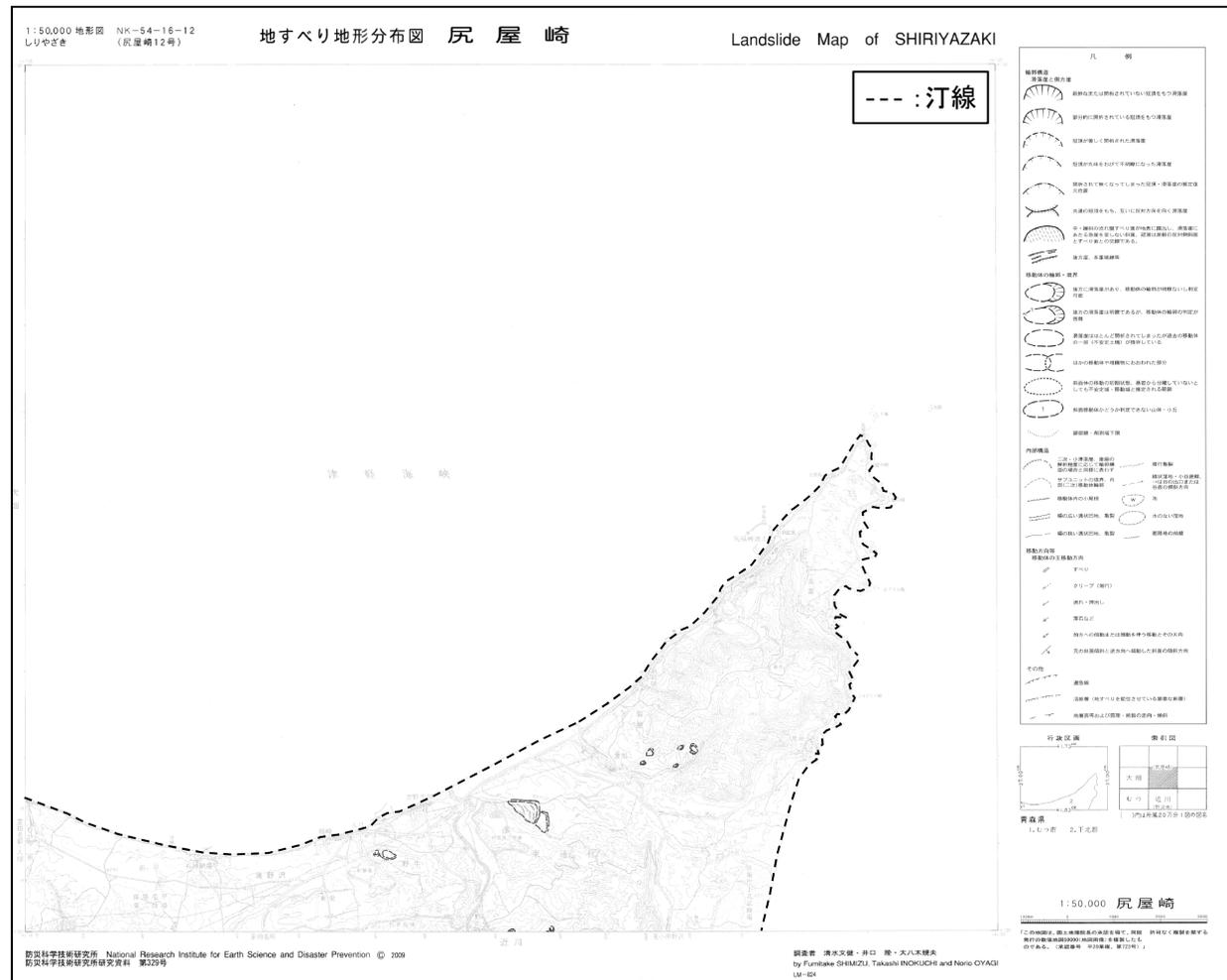
- 1. 1 尻屋崎
- 1. 2 陸奥横浜
- 1. 3 平沼

V. 地震以外に起因する津波の評価 1. 発電所敷地周辺陸域における地すべり

1.1 尻屋崎

【函館】	大間 OMA LM-826	【尻屋崎】		
	佐井 SAI LM-827	大畑 OHATA LM-825	尻屋崎 SHIRIYAZAKI LM-824	
【野辺地】		むつ MUTSU LM-832	近川 CHIKAGAWA LM-828	
			陸奥横浜 MUTSUYOKOHAMA LM-829	
	野辺地 NOHEJI LM-833	平沼 HIRANUMA LM-830		
【八戸】	七戸 SHICHINOHE LM-834	三沢 MISAWA LM-831		
	十和田 TOWADA LM-844	八戸 HACHINOHE LM-840	八戸東部 HACHINOHETOBU (地すべり地形なし)	
	田子 TAKKO LM-845	三戸 SANNOHE LM-841	随上岳 HASHIKAMIDAKE LM-837	
	浄法寺 JOBOJI LM-846	一戸 ICHIHOHE LM-842	随中大野 RIKUCHUONO LM-838	久慈 KUJI LM-835
	荒屋 ARAYA LM-847	葛巻 KUZUMAKI LM-843	随中間 RIKUCHUSEKI LM-839	随中野田 RIKUCHUNODA LM-836

防災科学技術研究所 (2009)
(一部加筆)



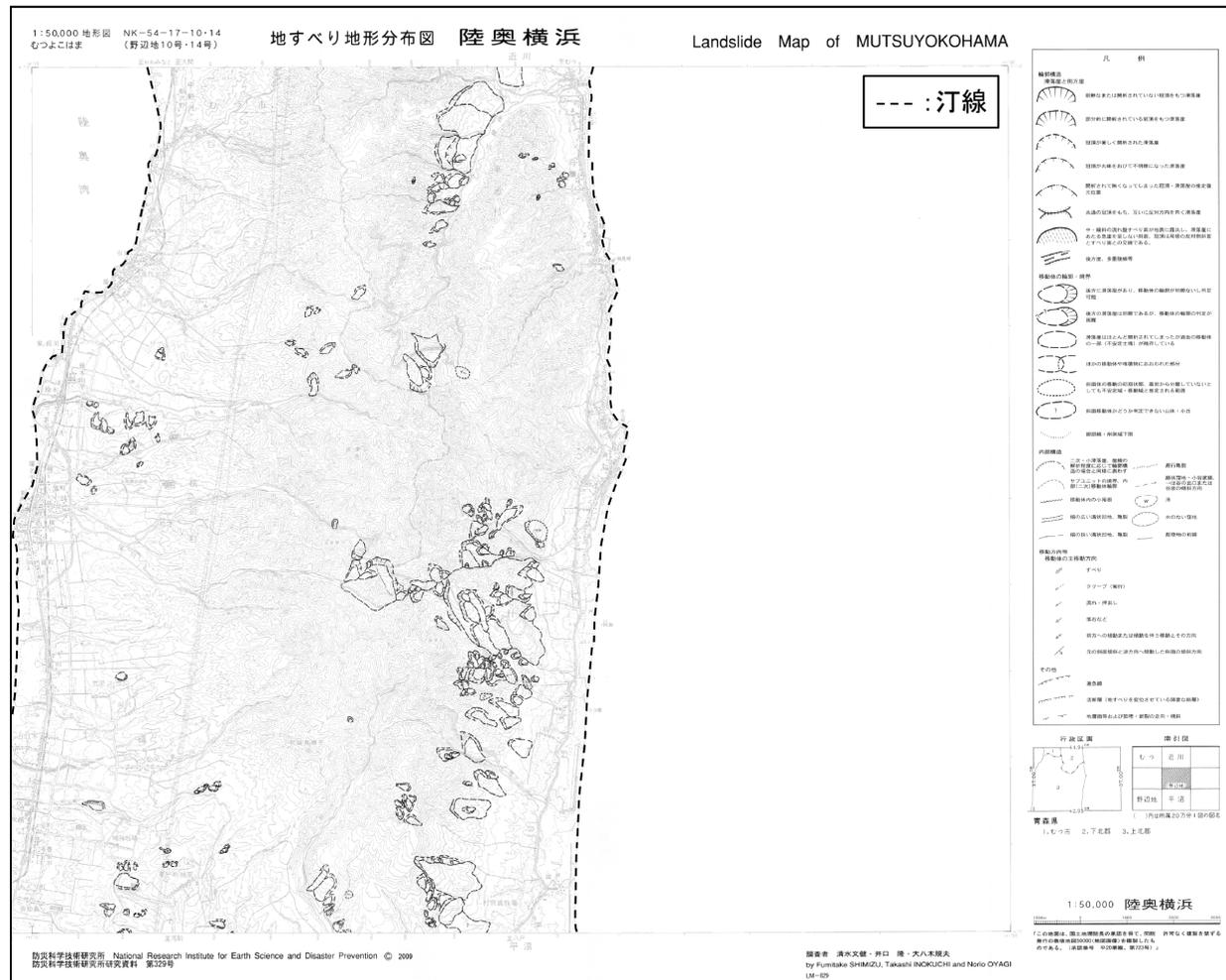
(防災科学技術研究所 (2009) に一部加筆)

V. 地震以外に起因する津波の評価 1. 発電所敷地周辺陸域における地すべり

1.2 陸奥横浜

【函館】	大間 OMA LM-826	【尻屋崎】		
	佐井 SAI LM-827	大畑 OHATA LM-825	尻屋崎 SHIRIYAZAKI LM-824	
【野辺地】	むつ MUTSU LM-832	近川 CHIKAGAWA LM-828	陸奥横浜 MUTSUYOKOHAMA LM-829	
	野辺地 NOHEJI LM-833	平沼 HIRANUMA LM-830		
	七戸 SHICHINOHE LM-834	三沢 MISAWA LM-831		
【八戸】	十和田 TOWADA LM-844	八戸 HACHINOHE LM-840	八戸東部 HACHINOHETOBU (地すべり地形なし)	
	田子 TAKKO LM-845	三戸 SANNHOHE LM-841	随上岳 HASHIKAMIDAKE LM-837	
	浄法寺 JOBOSJI LM-846	一戸 ICHIHOHE LM-842	随中大野 RIKUCHUONO LM-838	久慈 KUJI LM-835
	荒屋 ARAYA LM-847	葛巻 KUZUMAKI LM-843	随中間 RIKUCHUSEKI LM-839	随中野田 RIKUCHUNODA LM-836

防災科学技術研究所 (2009)
(一部加筆)

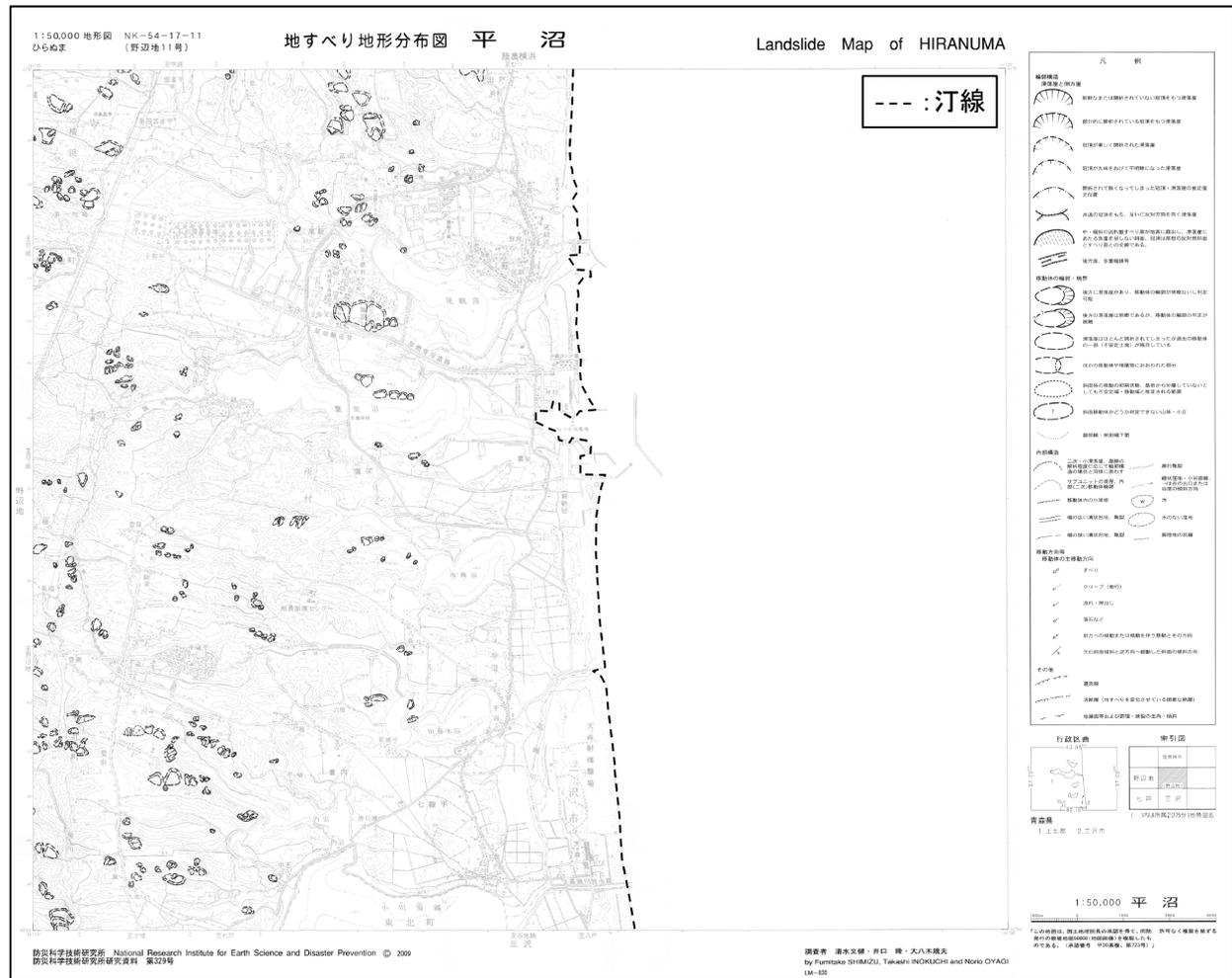


(防災科学技術研究所 (2009) に一部加筆)

V. 地震以外に起因する津波の評価 1. 発電所敷地周辺陸域における地すべり
1.3 平沼

【函館】	大間 OMA LM-826	【尻屋崎】	
	佐井 SAI LM-827	大畑 OHATA LM-825	尻屋崎 SHIRIYAZAKI LM-824
【野辺地】		むつ MUTSU LM-832	近川 CHIKAGAWA LM-828
		陸奥横浜 MUTSUYOKOHAMA LM-829	
	野辺地 NOHEJI LM-833	平沼 HIRANUMA LM-830	
【八戸】	七戸 SHICHINOHE LM-834	三沢 MISAWA LM-831	
	十和田 TOWADA LM-844	八戸 HACHINOHE LM-840	八戸東部 HACHINOHETOBU (地すべり地形なし)
	田子 TAKKO LM-845	三戸 SANNHOE LM-841	随上岳 HASHIKAMIDAKE LM-837
	浄法寺 JOBOJI LM-846	一戸 ICHIHOE LM-842	随中大野 RIKUCHUONO LM-838
			久慈 KUJI LM-835
	荒屋 ARAYA LM-847	葛巻 KUZUMAKI LM-843	随中間 RIKUCHUSEKI LM-839
		随中野田 RIKUCHUNODA LM-836	

防災科学技術研究所 (2009)
(一部加筆)



(防災科学技術研究所 (2009) に一部加筆)

V. 地震以外に起因する津波の評価

2. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり

- 2. 1 海底地すべり:SLS-1
- 2. 2 海底地すべり:SLS-2
- 2. 3 海底地すべり:SLS-3
- 2. 4 海底地すべり:SLS-4

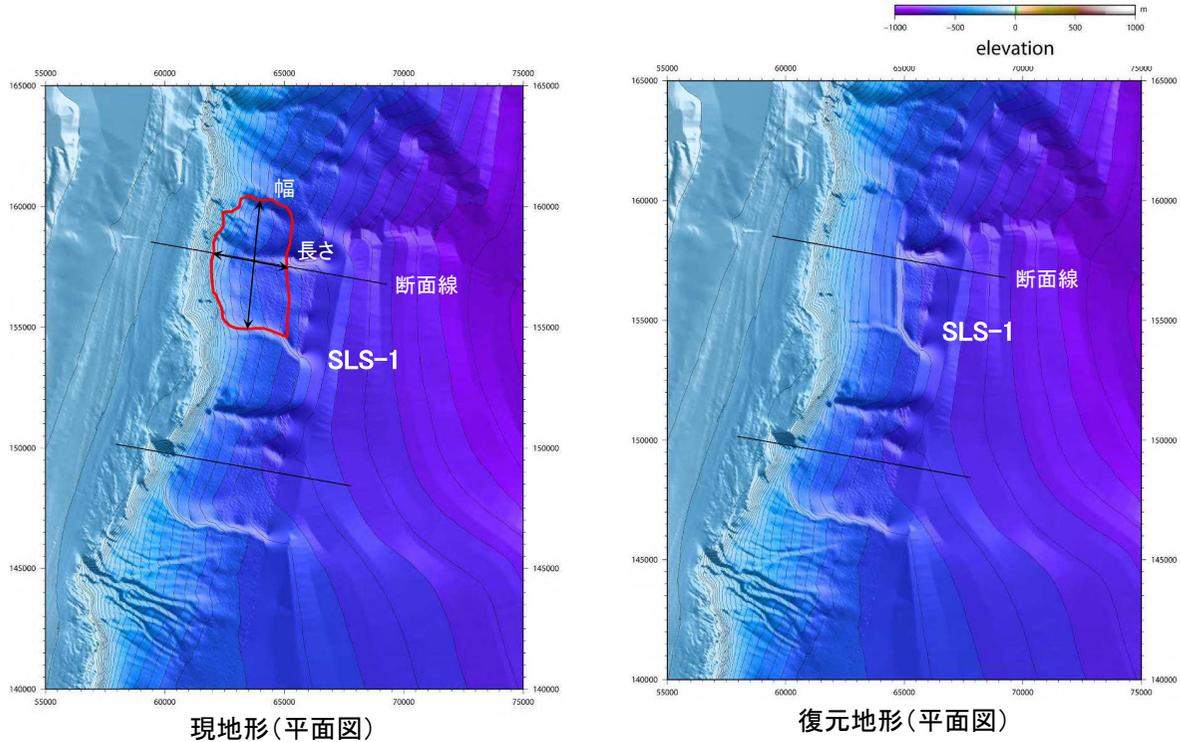
V. 地震以外に起因する津波の評価 2. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり

2.1 海底地すべり:SLS-1

- 長さ, 幅, 面積については海底地形図(地すべり地形)から算定し, 比高, 厚さ及び体積については地すべり地形と地すべり周辺の海底地形(水深コンター)の関係から, 海底地すべり前の地形を復元し, 現地形と復元地形の差分から算定した。

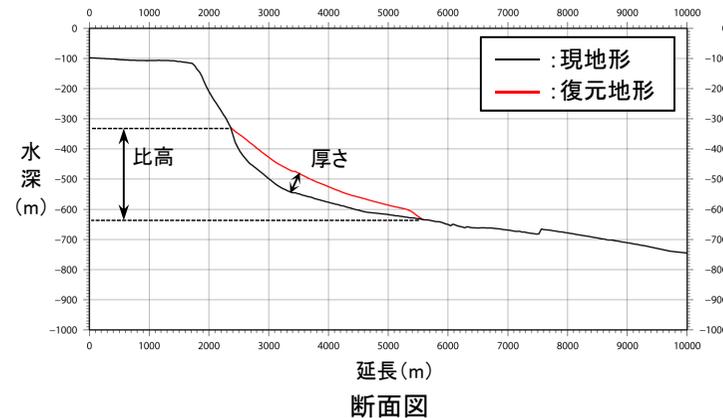
算定根拠

	SLS-1	算定根拠
長さ(m)	3000	海底地形図からの読み取り
幅(m)	5350	海底地形図からの読み取り
比高(m)	300	現地形と復元地形の差分から算定
厚さ(m)	50	現地形と復元地形の差分から算定
傾斜(°)	5.71	比高及び長さから算定
面積(km ²)	15.4	海底地形図からの読み取り
体積(km ³)	0.52	現地形と復元地形の差分から算定



現地形(平面図)

復元地形(平面図)



断面図

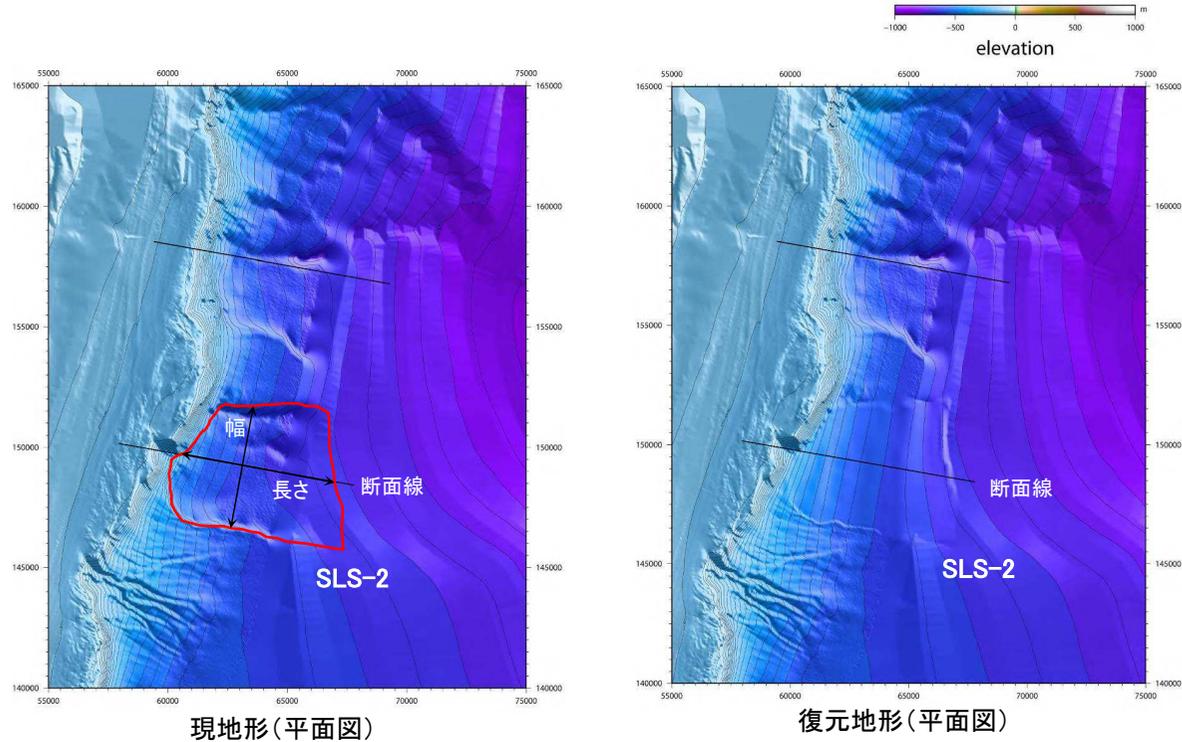
V. 地震以外に起因する津波の評価 2. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり

2.2 海底地すべり:SLS-2

- 長さ, 幅, 面積については海底地形図(地すべり地形)から算定し, 比高, 厚さ及び体積については地すべり地形と地すべり周辺の海底地形(水深コンター)の関係から, 海底地すべり前の地形を復元し, 現地形と復元地形の差分から算定した。

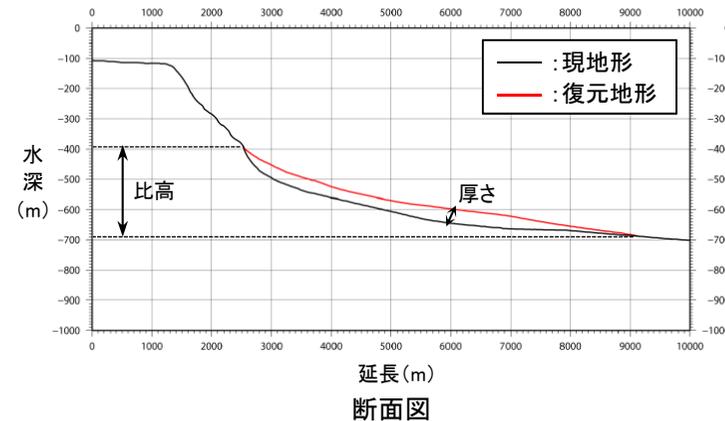
算定根拠

	SLS-2	算定根拠
長さ(m)	6000	海底地形図からの読み取り
幅(m)	5000	海底地形図からの読み取り
比高(m)	300	現地形と復元地形の差分から算定
厚さ(m)	50	現地形と復元地形の差分から算定
傾斜(°)	2.86	比高及び長さから算定
面積(km ²)	36.5	海底地形図からの読み取り
体積(km ³)	1.00	現地形と復元地形の差分から算定



現地形(平面図)

復元地形(平面図)



断面図

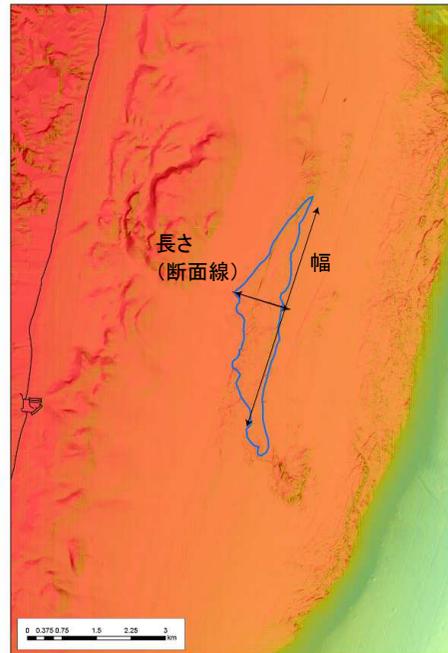
V. 地震以外に起因する津波の評価 2. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり

2.3 海底地すべり:SLS-3

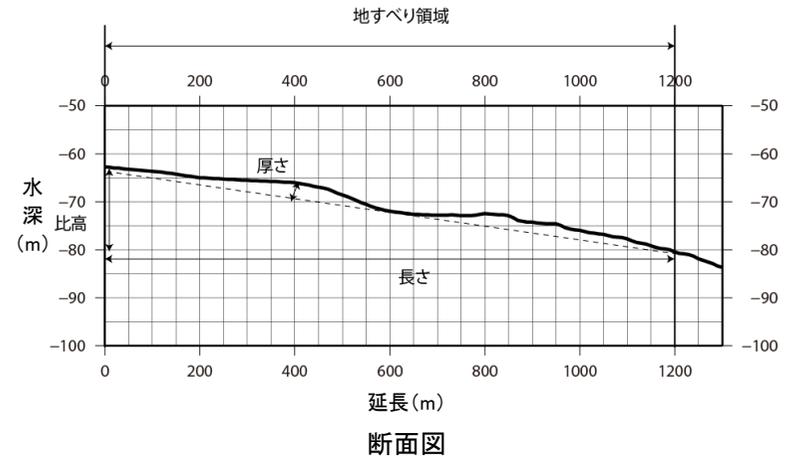
- 長さ, 幅, 比高, 面積については海底地形図(地すべり地形)から算定し, 厚さ, 体積についてはMcAdoo et al.(2000)による地すべり諸元の算定方法を参考に算定した。

算定根拠

	SLS-3	算定根拠
長さ(m)	1200	海底地形図からの読み取り
幅(m)	5000	海底地形図からの読み取り
比高(m)	20	海底地形図からの読み取り
厚さ(m)	5	McAdoo et al.(2000)による地すべり諸元の算定方法を参考に算定
傾斜(°)	0.95	比高及び長さから算定
面積(km ²)	3.2	海底地形図からの読み取り
体積(km ³)	0.01	McAdoo et al.(2000)による地すべり諸元の算定方法を参考に算定

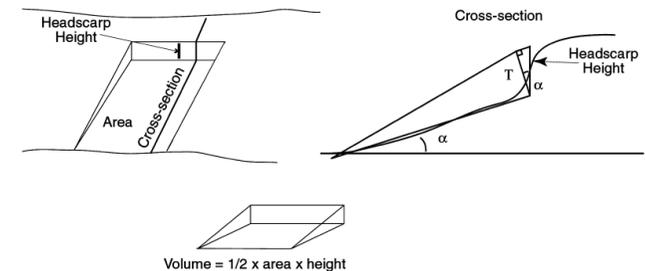


現地地形(平面図)



断面図

【McAdoo et al.(2000)による地すべり諸元の算定方法】



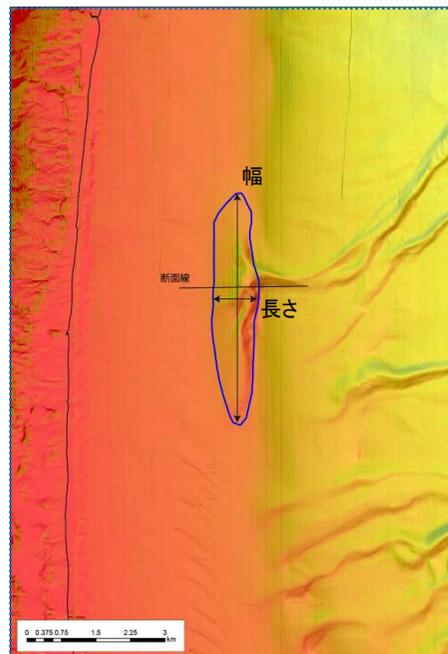
V. 地震以外に起因する津波の評価 2. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり

2.4 海底地すべり:SLS-4

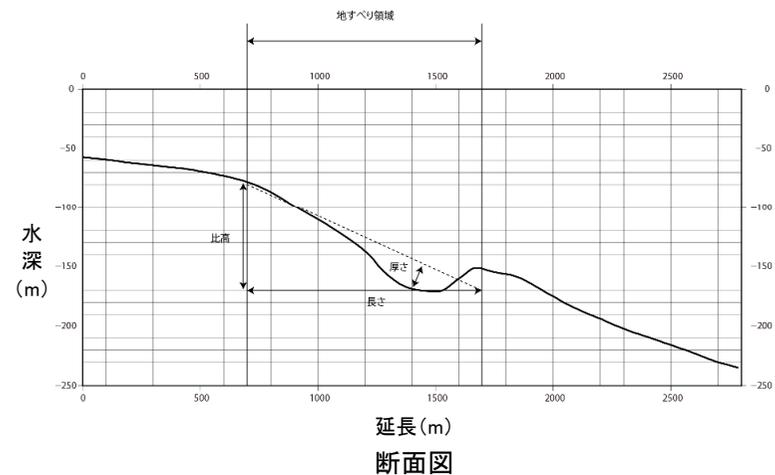
- 長さ, 幅, 比高, 面積については海底地形図(地すべり地形)から算定し, 厚さ, 体積についてはMcAdoo et al.(2000)による地すべり諸元の算定方法を参考に算定した。

算定根拠

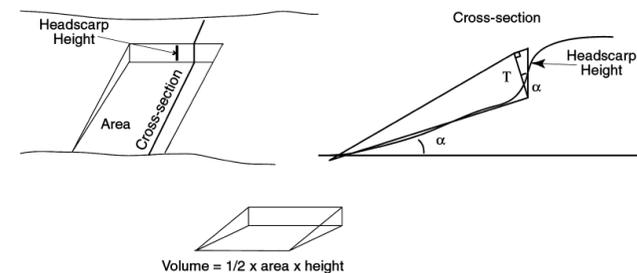
	SLS-4	算定根拠
長さ(m)	1000	海底地形図からの読み取り
幅(m)	5100	海底地形図からの読み取り
比高(m)	100	海底地形図からの読み取り
厚さ(m)	20	McAdoo et al.(2000)による地すべり諸元の算定方法を参考に算定
傾斜(°)	5.71	比高及び長さから算定
面積(km ²)	3.8	海底地形図からの読み取り
体積(km ³)	0.04	McAdoo et al.(2000)による地すべり諸元の算定方法を参考に算定



現地地形(平面図)



【McAdoo et al.(2000)による地すべり諸元の算定方法】



V. 地震以外に起因する津波の評価

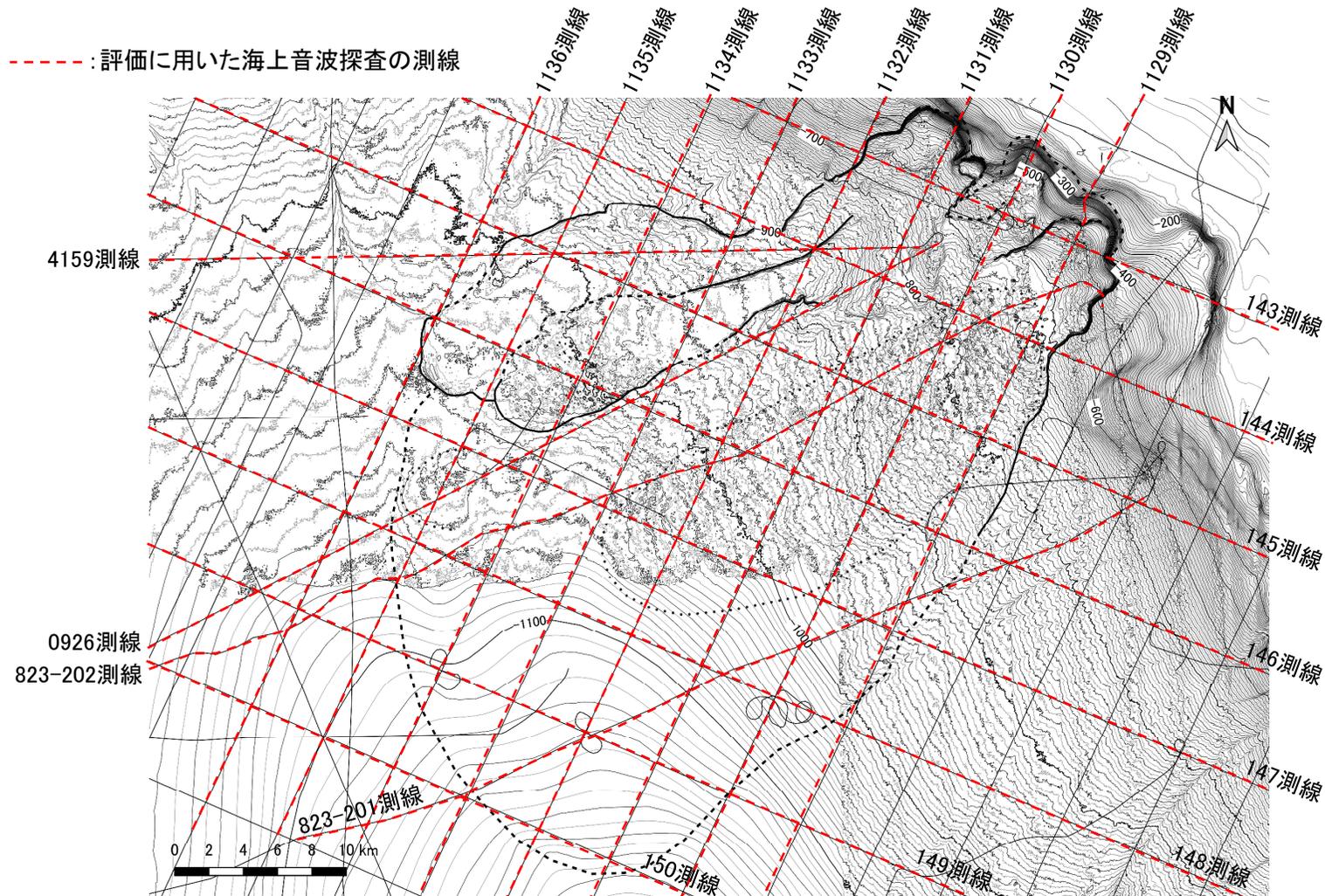
3. 日高舟状海盆の海底地すべり

- 3. 1 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定に用いた海上音波探査の測線
- 3. 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

V. 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

3.1 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定に用いた海上音波探査の測線

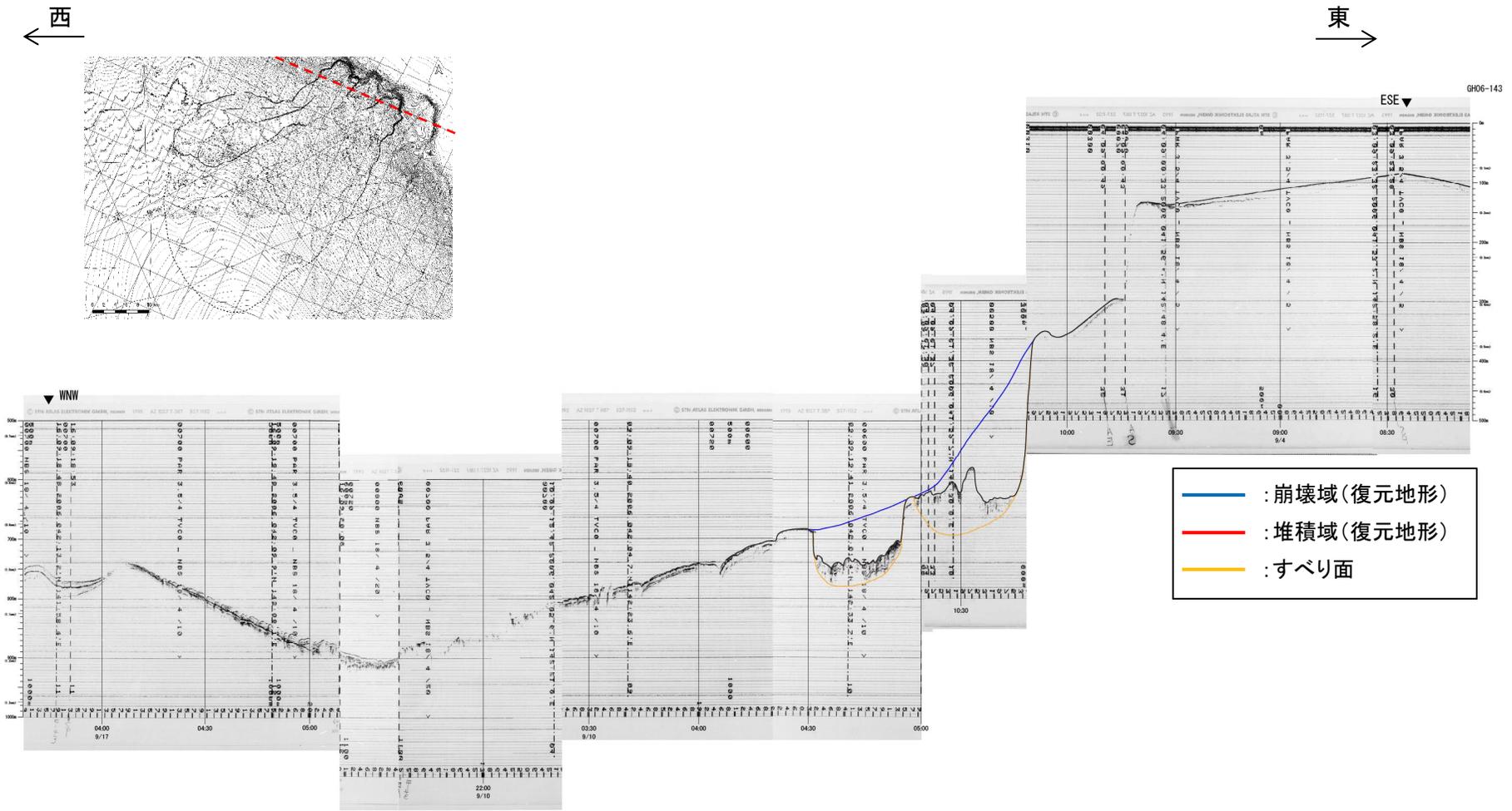
- ・ 浦河沖の海底地すべり上の海上音波探査記録を用いて、崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面を推定した。
- ・ 評価に用いた海上音波探査の測線を以下に示す。



海上音波探査の測線

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 143測線



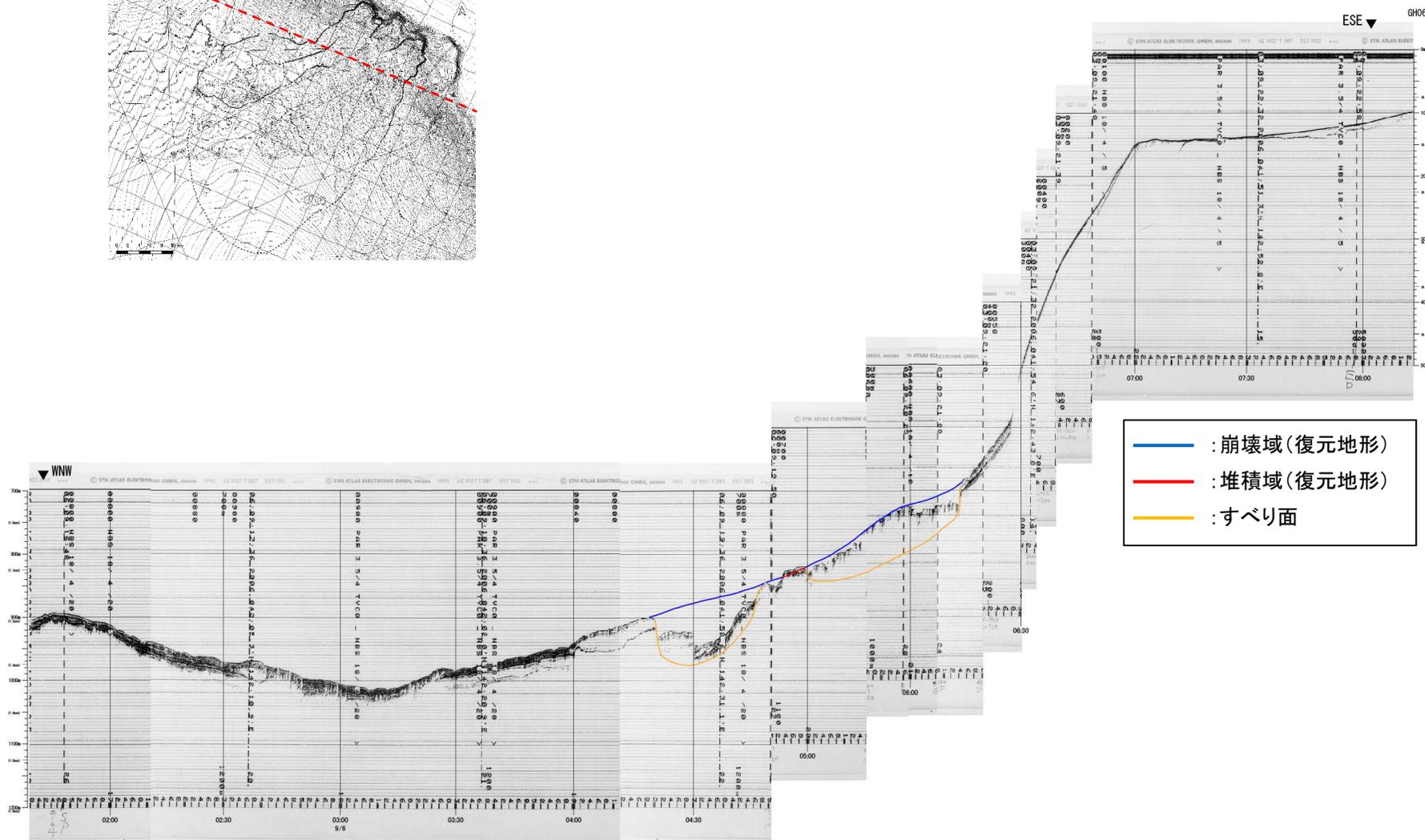
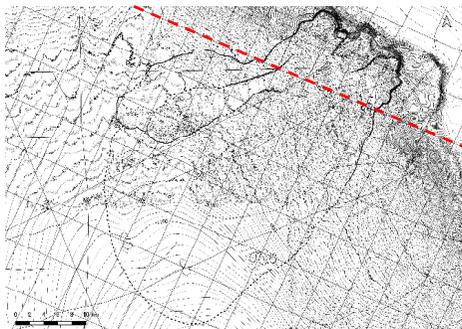
143測線

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 144測線

西 ←

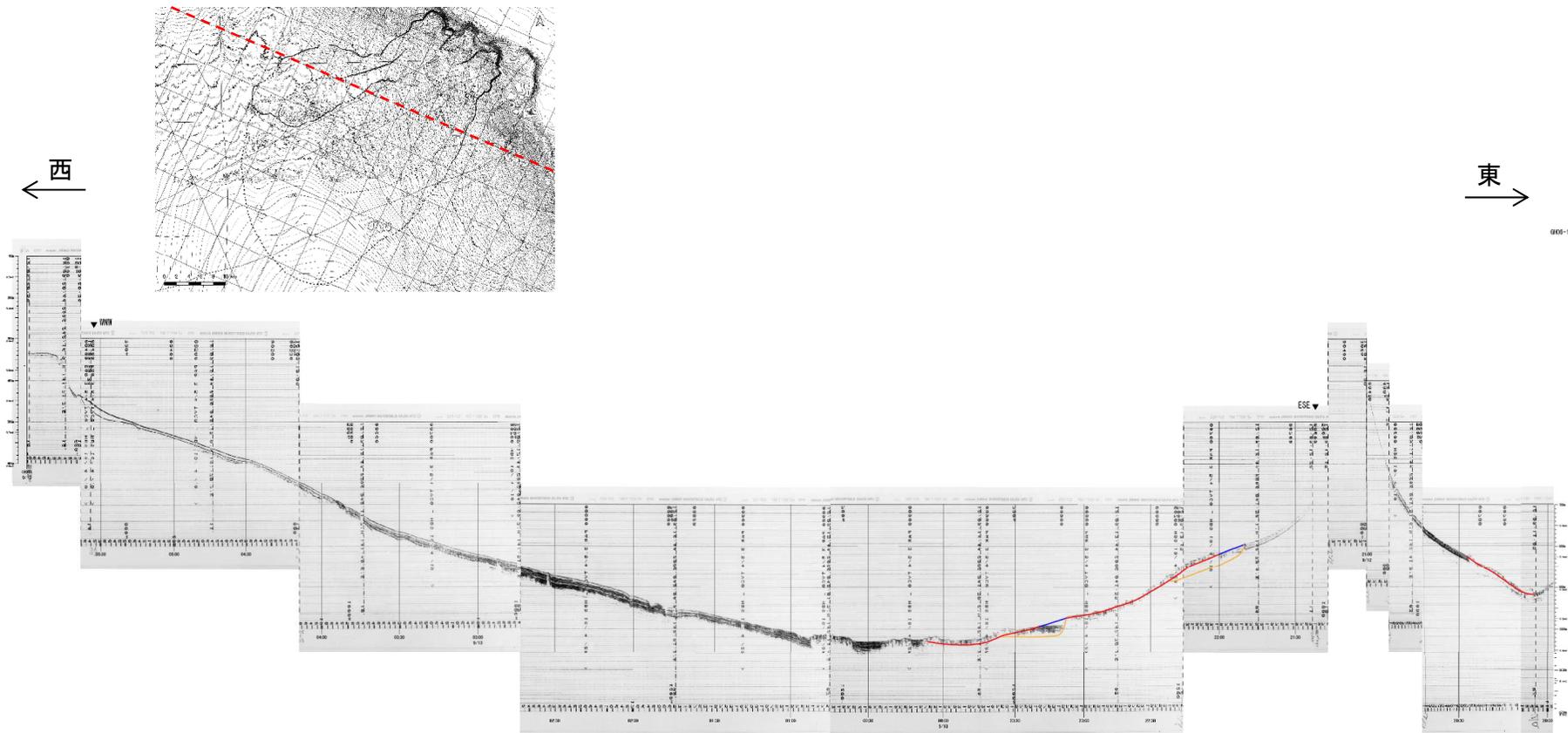
東 →



144測線

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 145測線

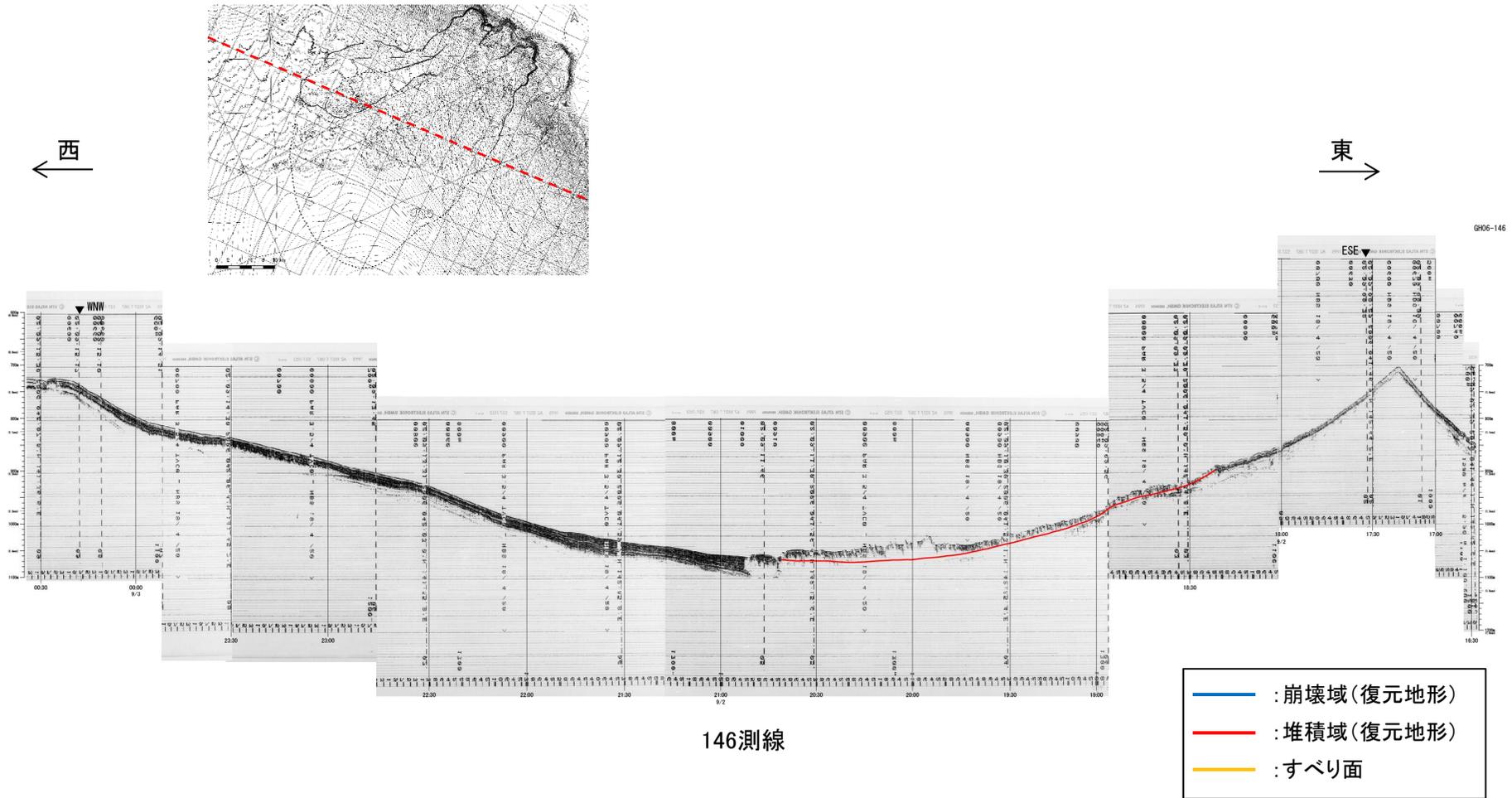


145測線

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

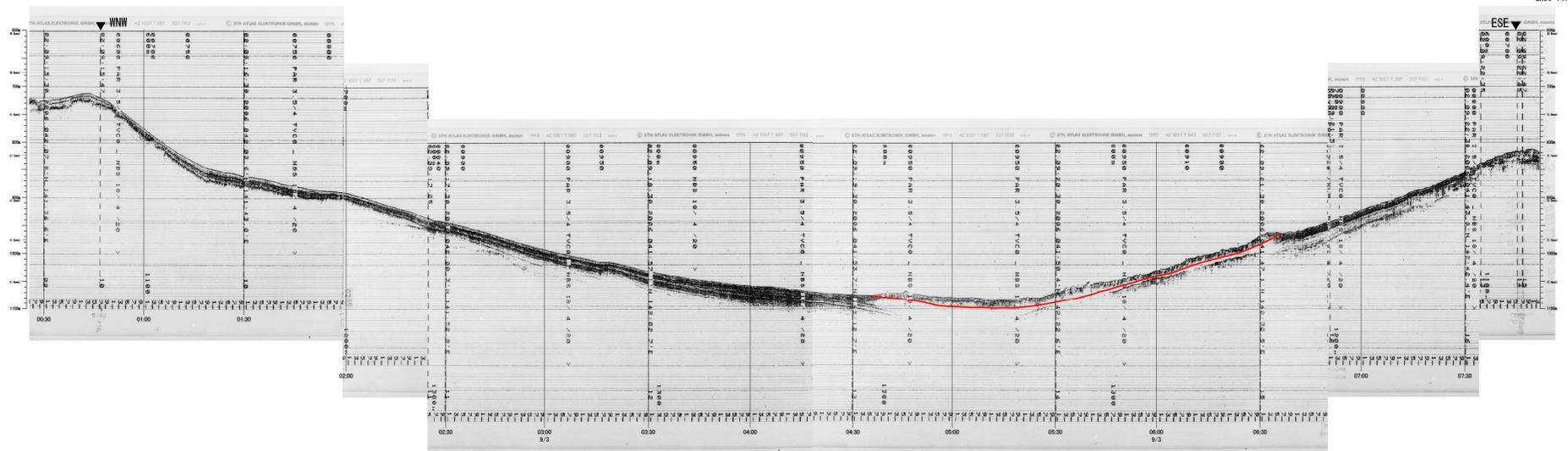
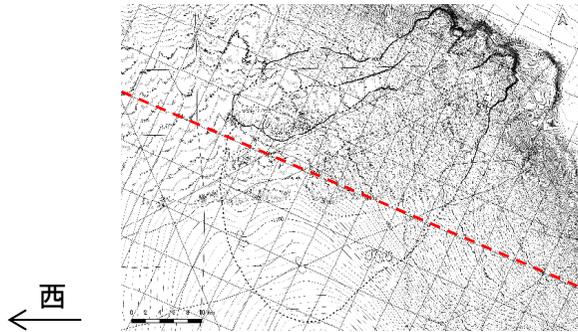
V. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり

3.2 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:146測線



V. 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 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:147測線

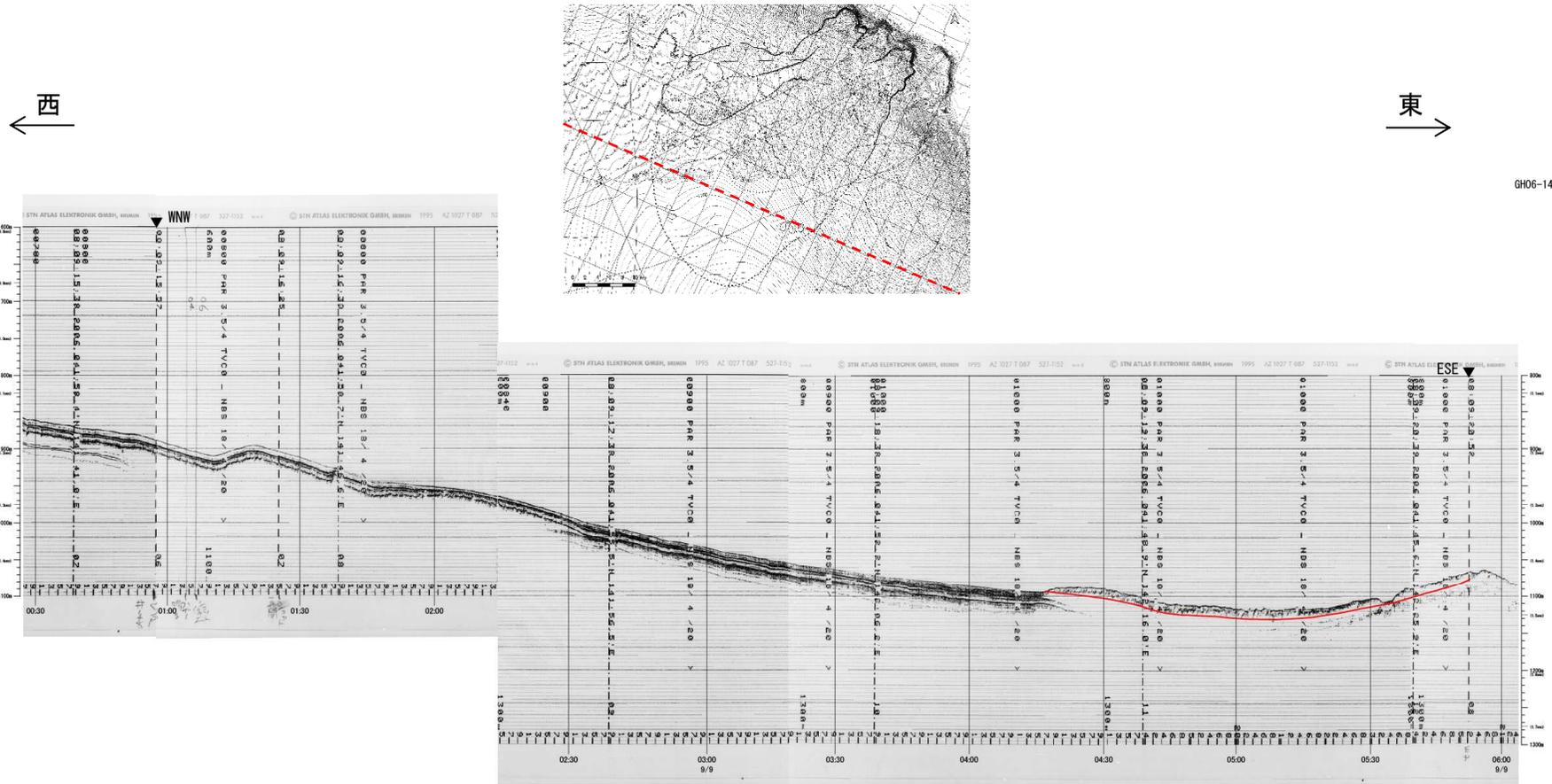


147測線

- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

V. 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 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:148測線



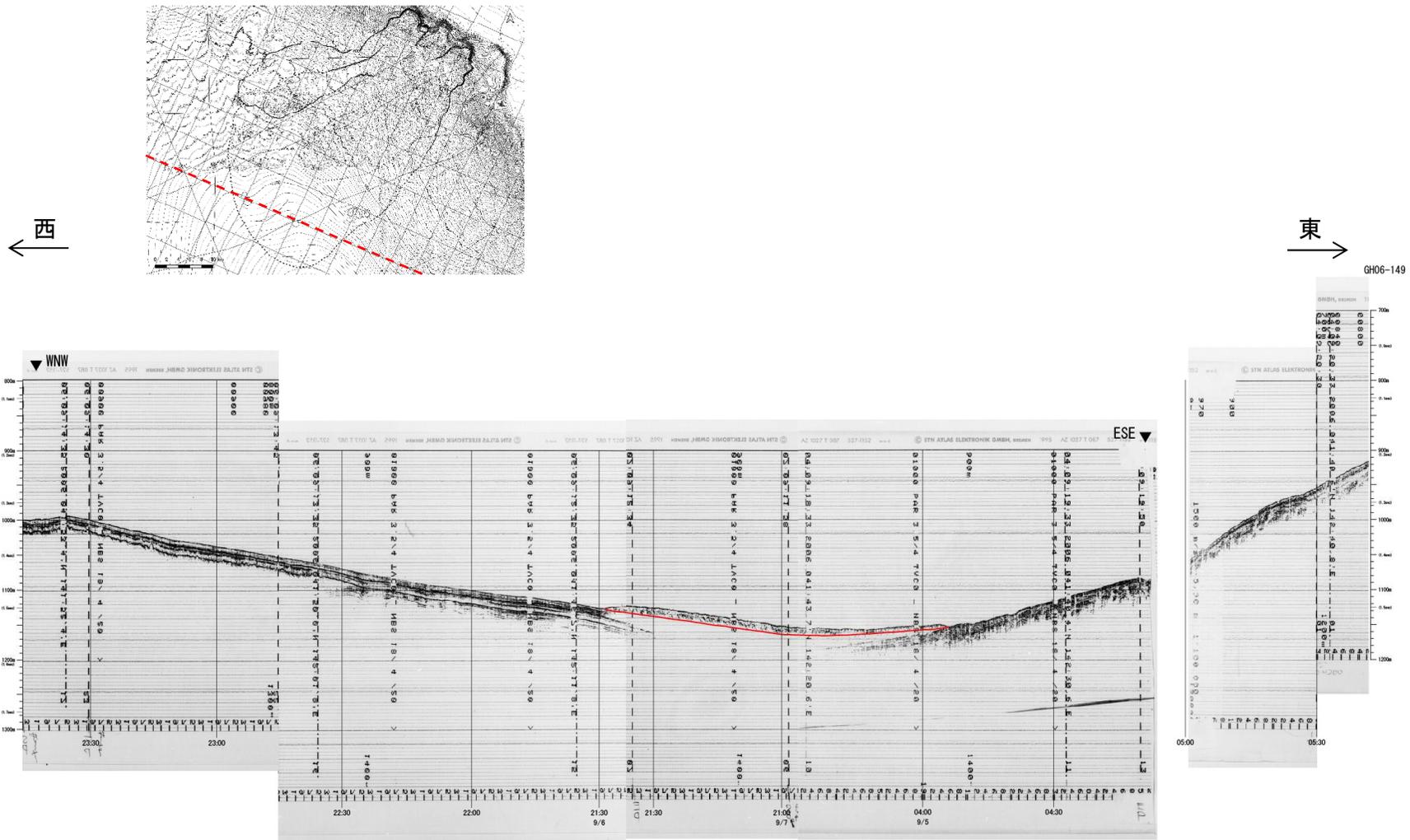
GH06-148

148測線

- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 149測線

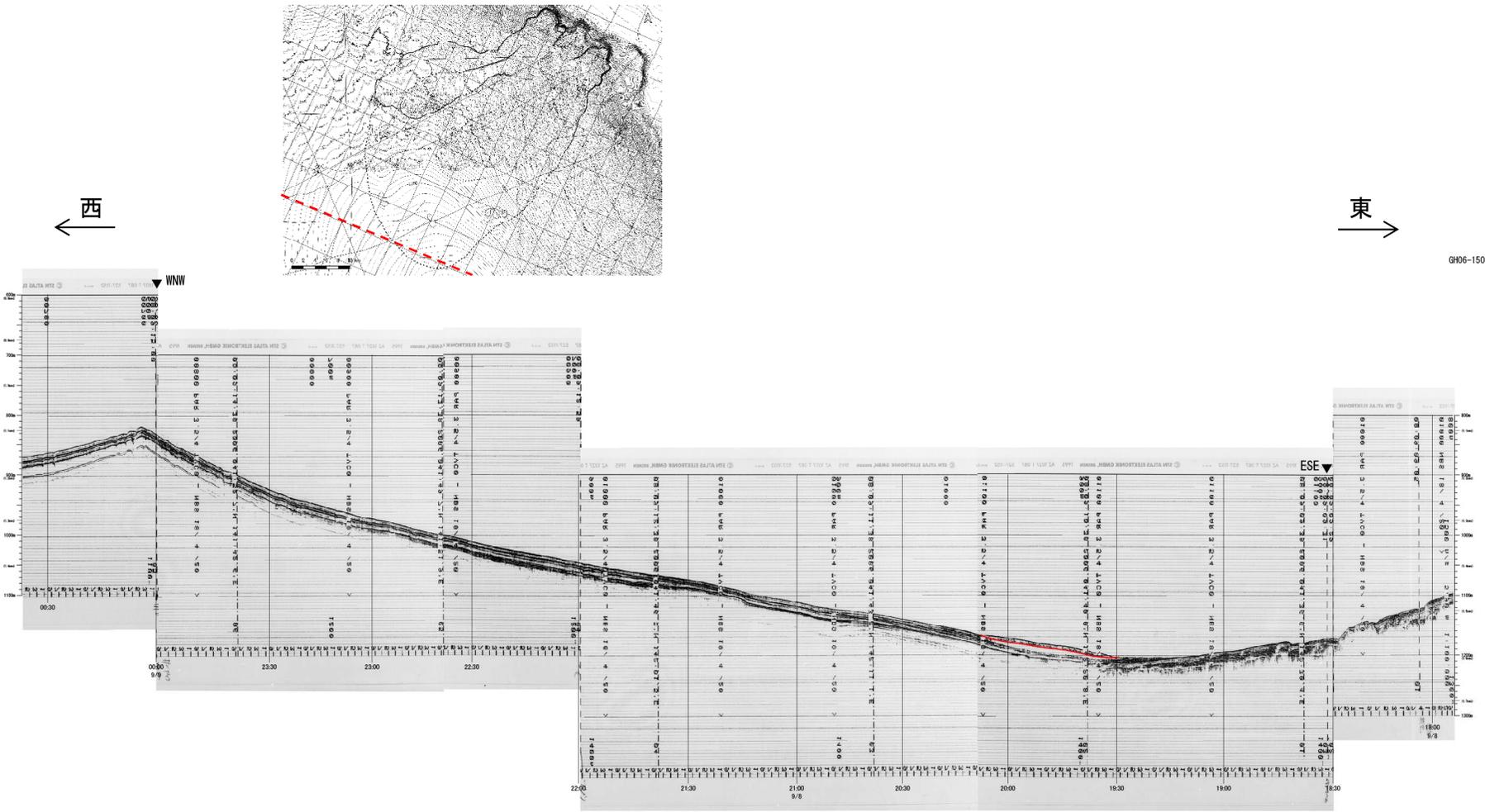


149測線

- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

V. 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 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:150測線



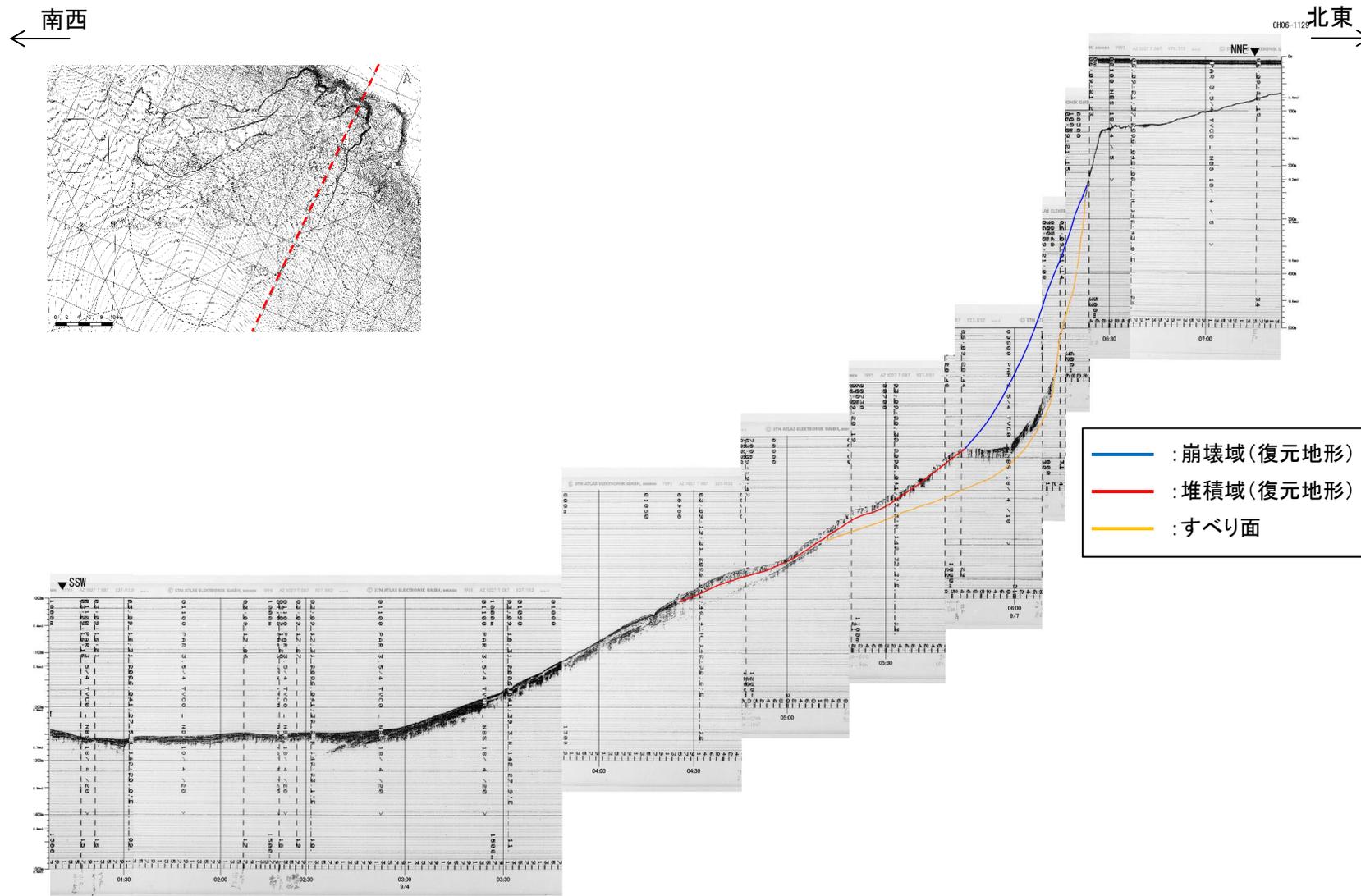
GH06-150

150測線

- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 1129測線



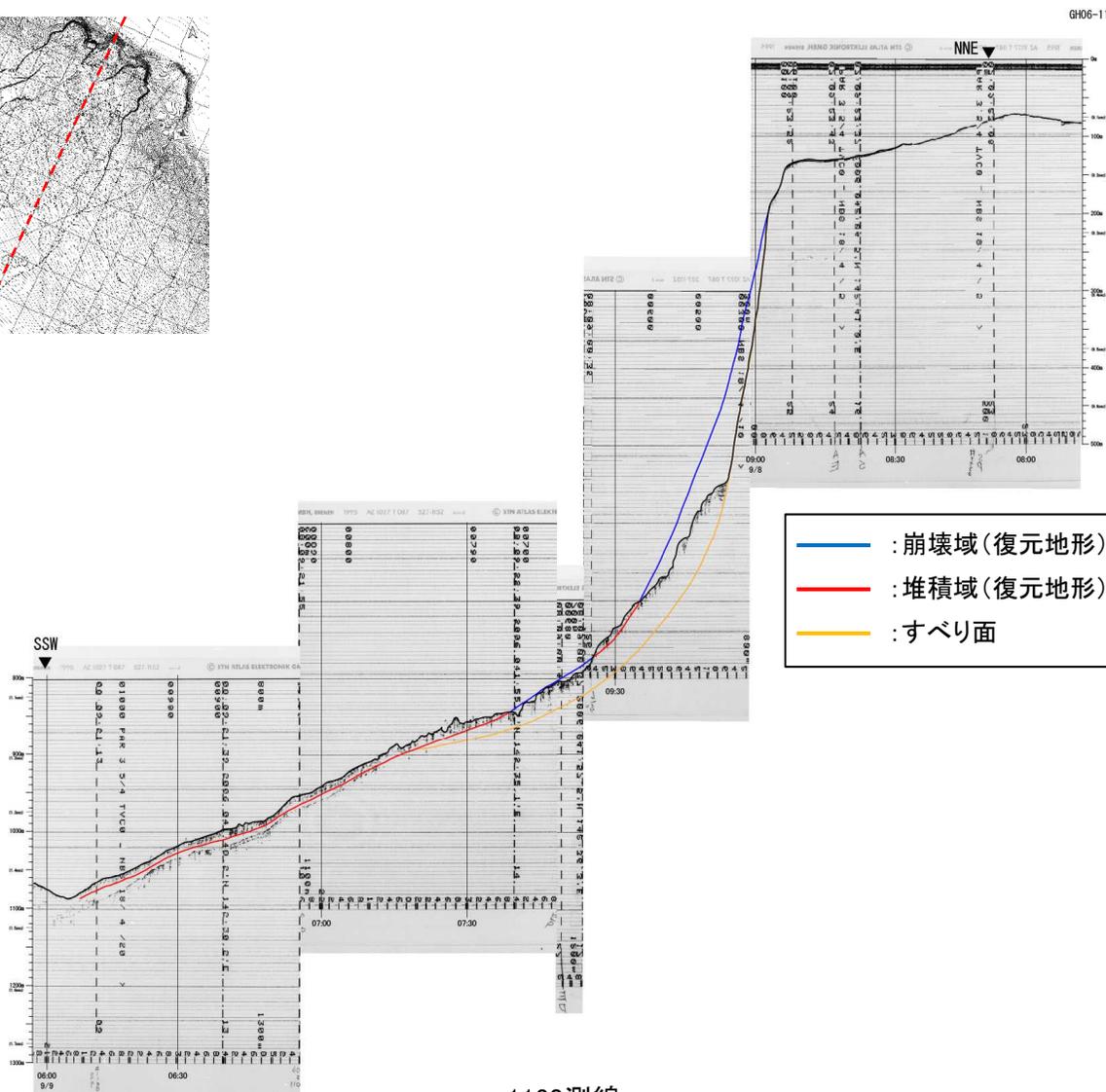
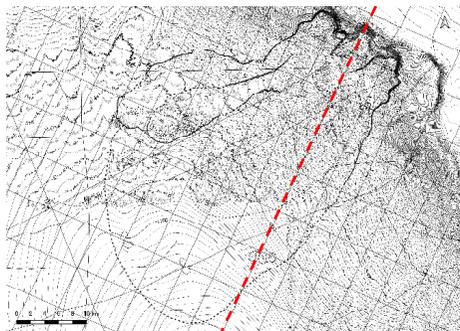
1129測線

V. 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 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:1130測線

南西
←

北東
→



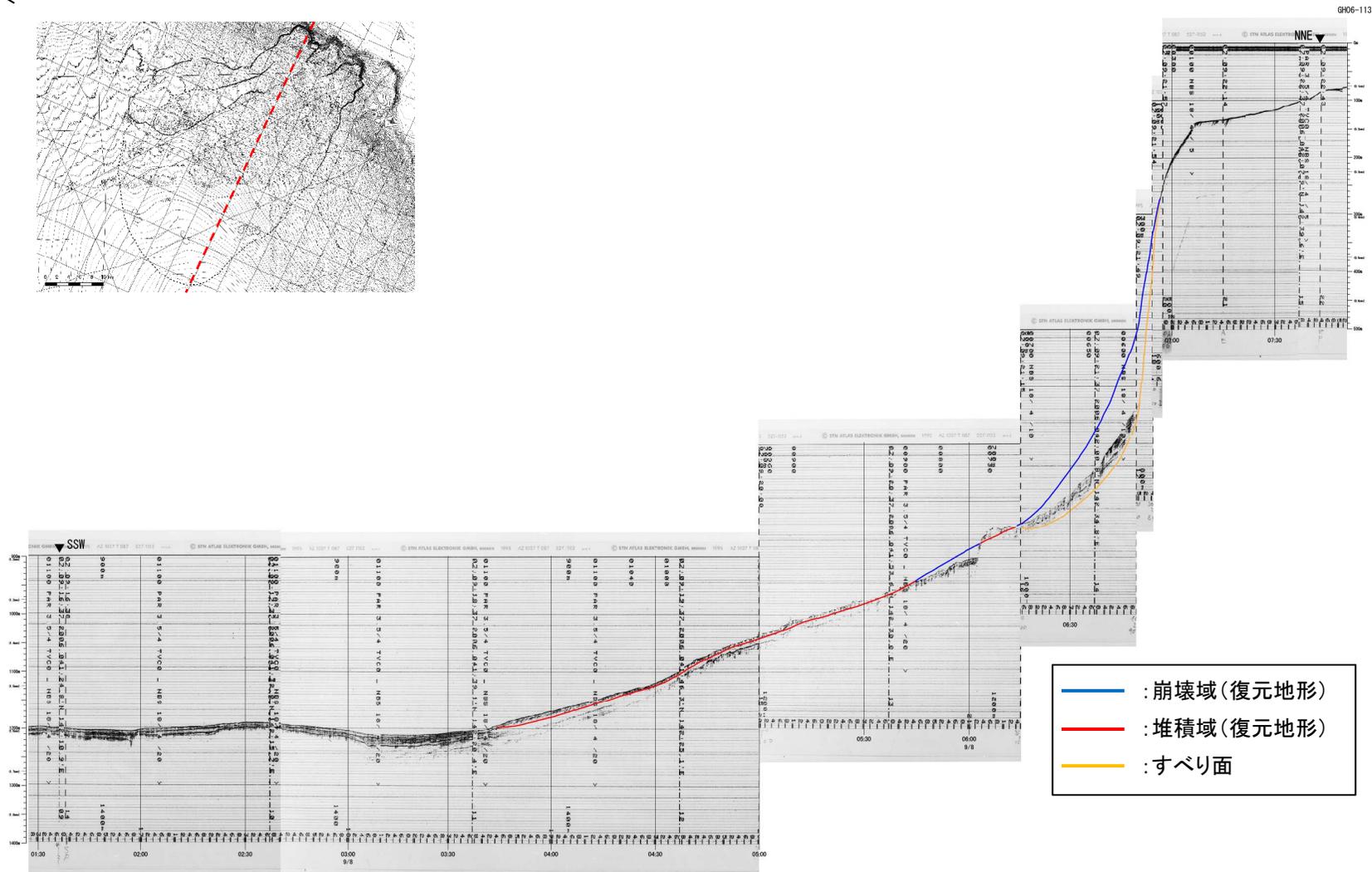
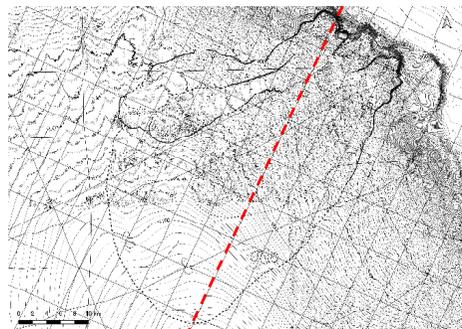
1130測線

V. 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 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:1131測線

← 南西

北東 →



- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

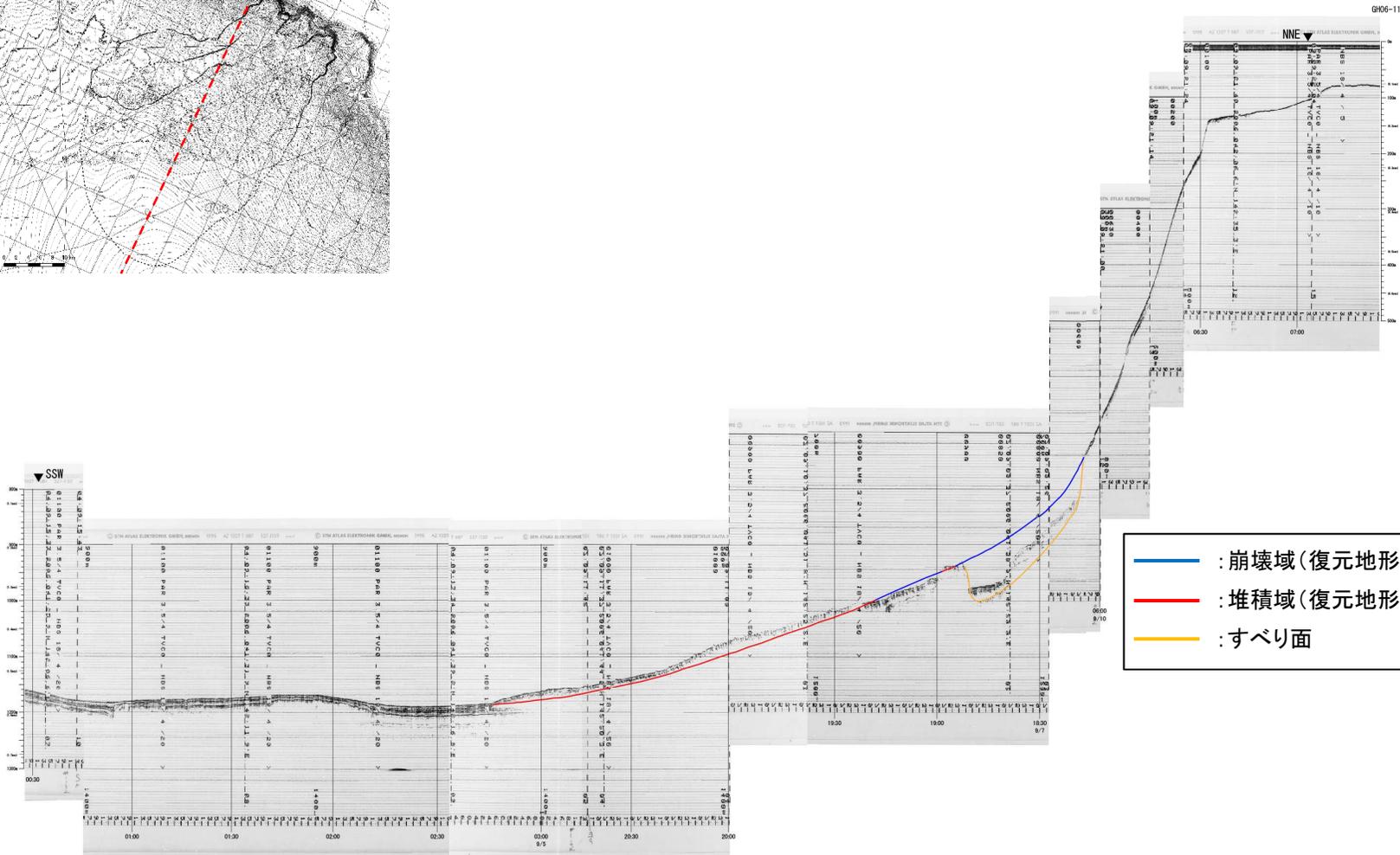
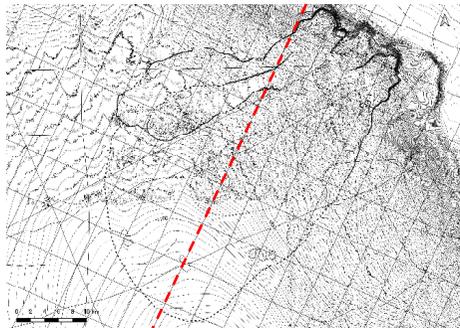
1131測線

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:1132測線

← 南西

北東 →



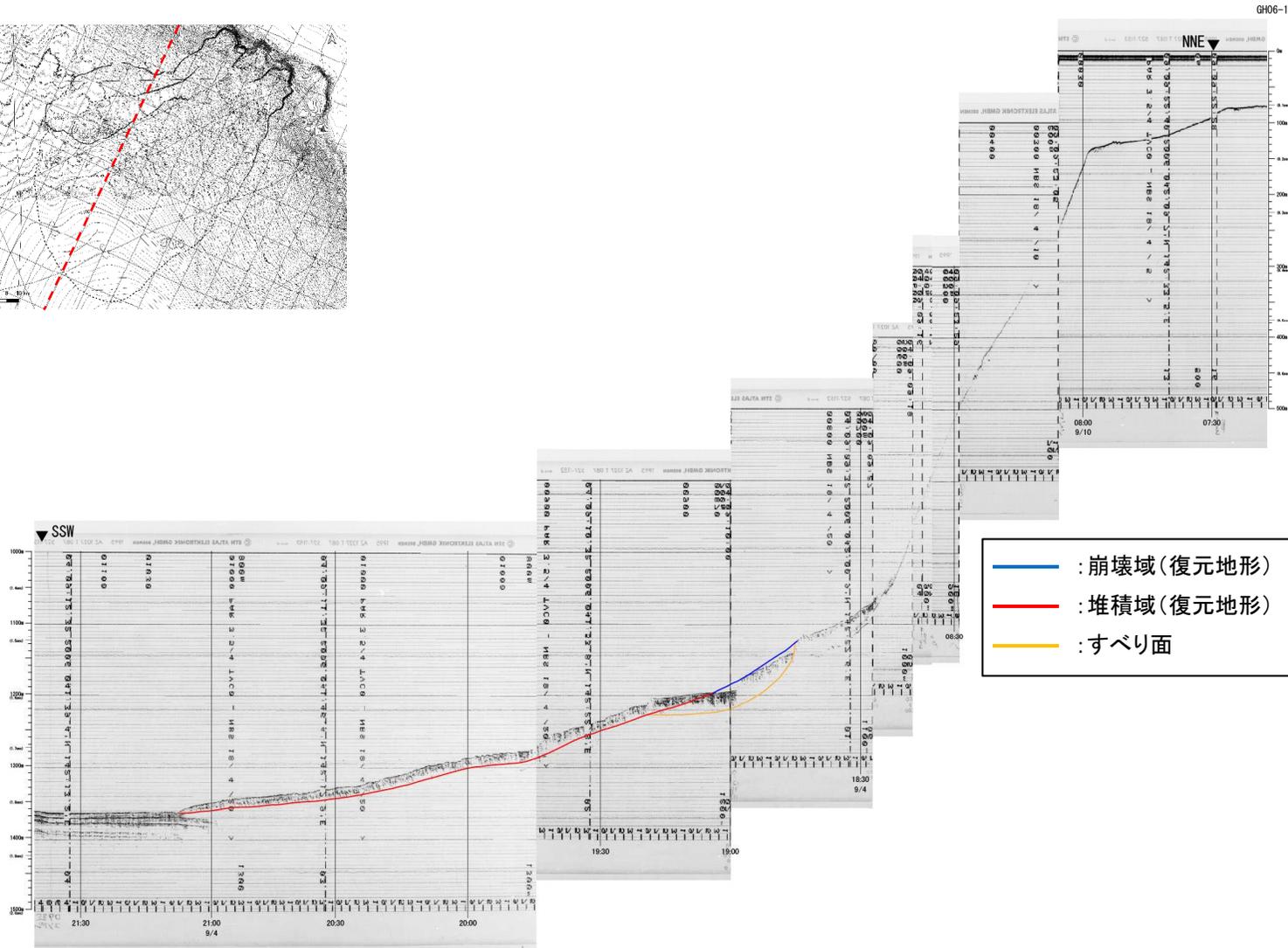
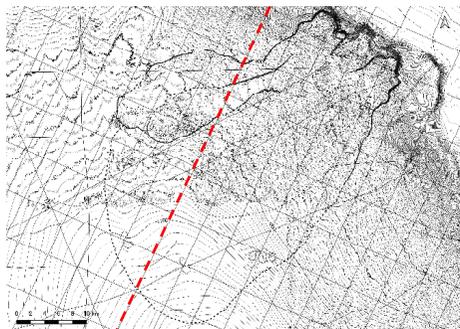
1132測線

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 1133測線

← 南西

北東 →



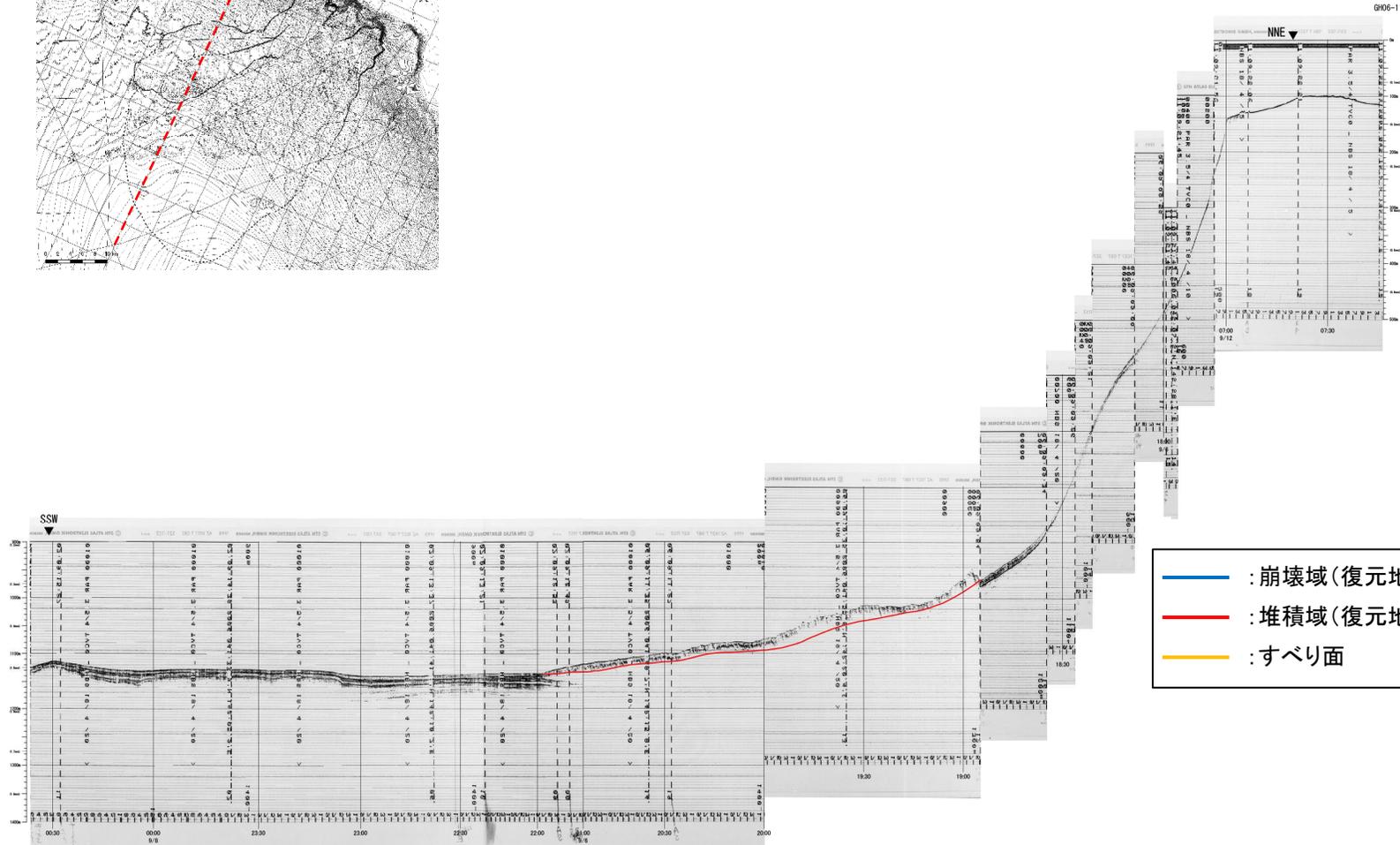
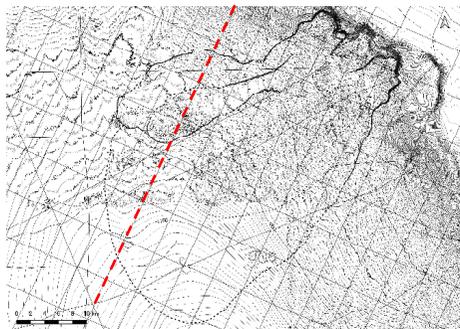
1133測線

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:1134測線

← 南西

北東 →



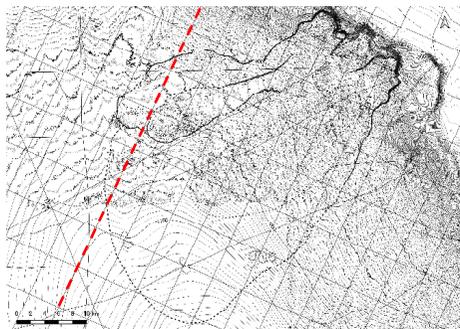
- : 崩壊域(復元地形)
- : 堆積域(復元地形)
- : すべり面

1134測線

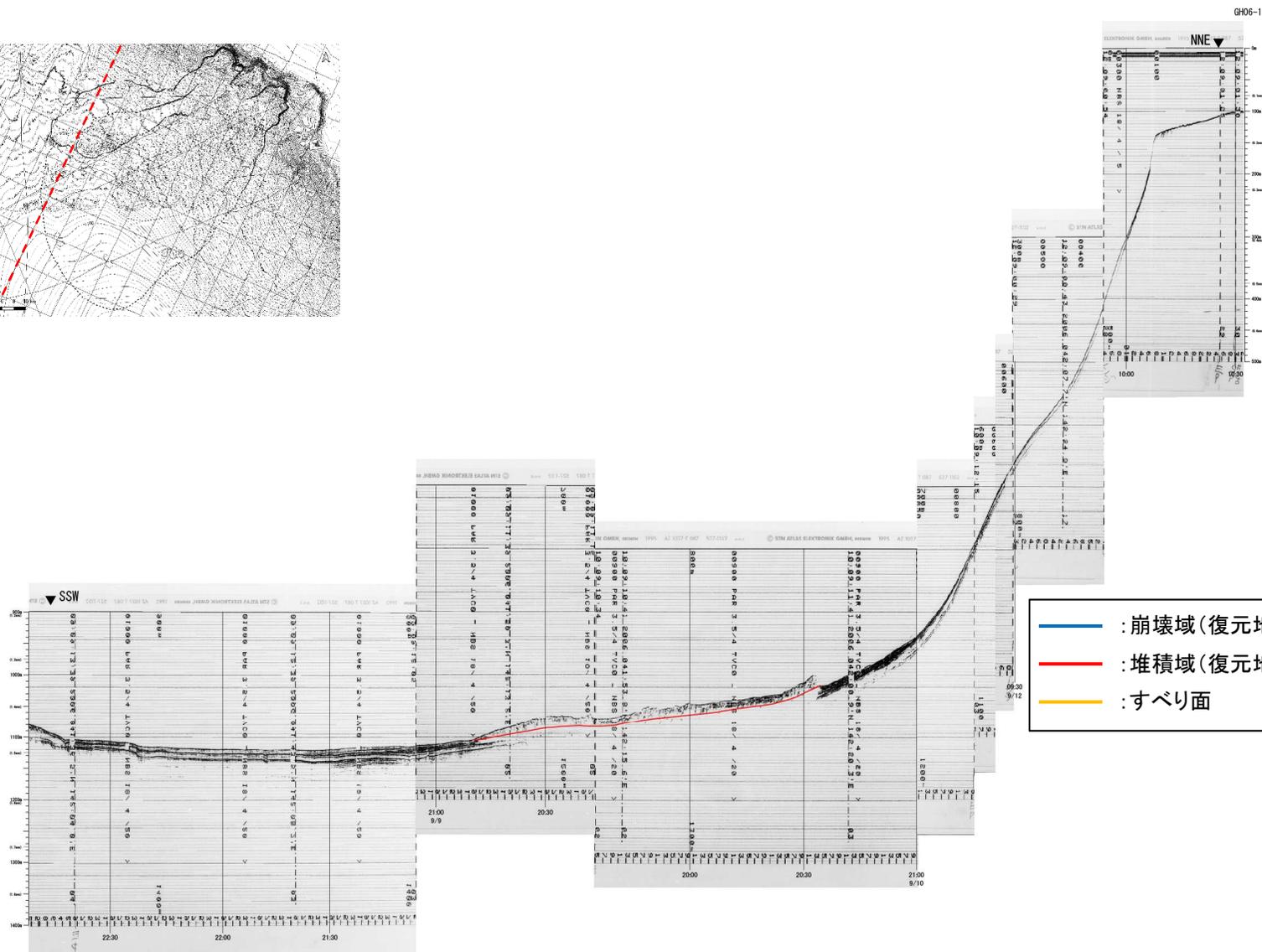
V. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり

3.2 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:1135測線

← 南西



北東 →



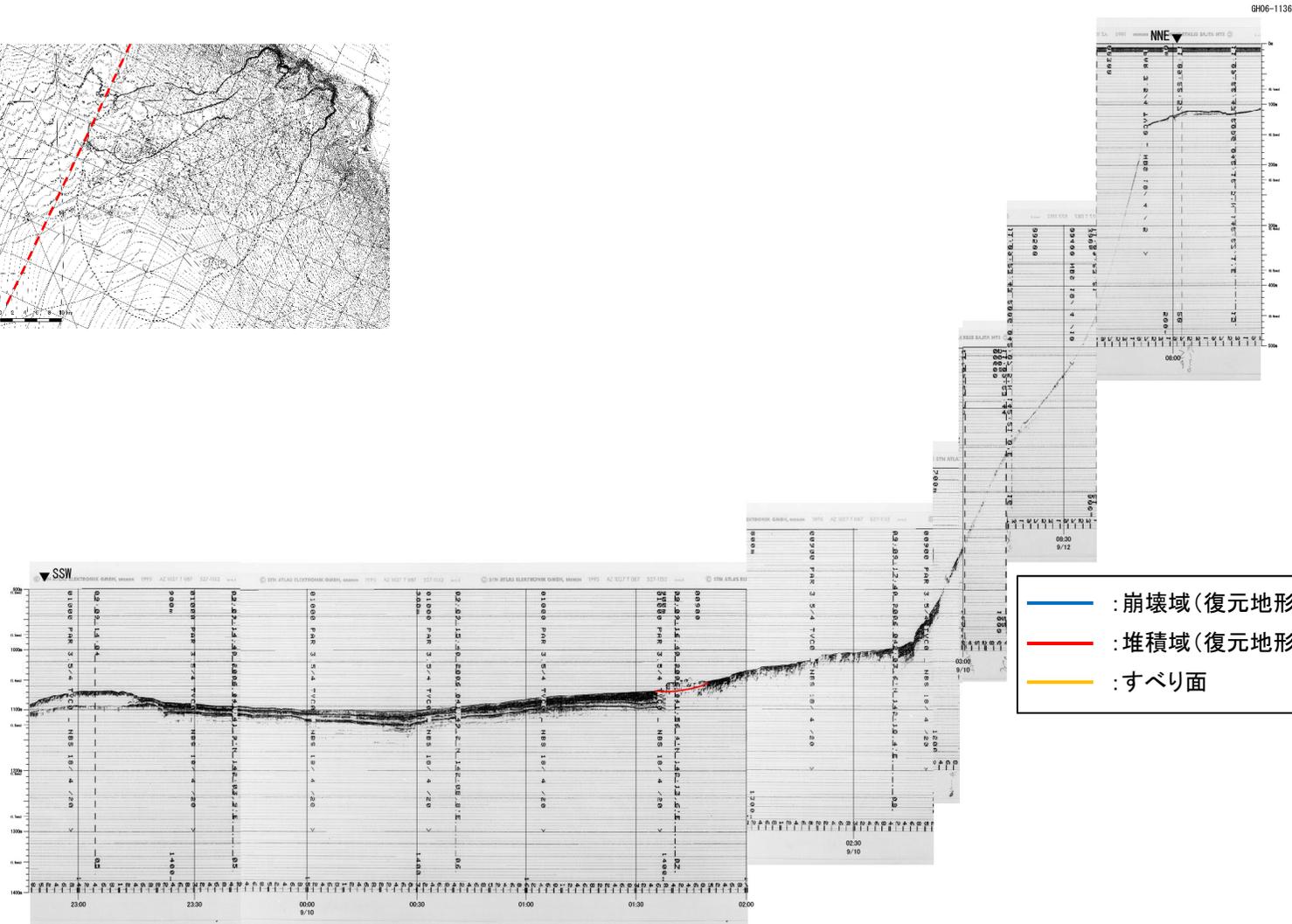
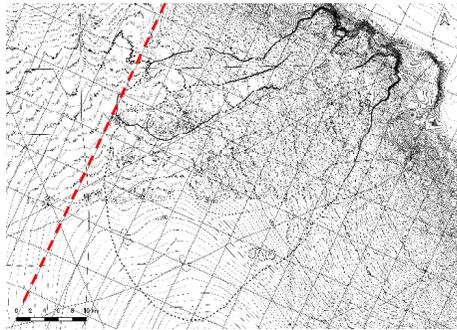
1135測線

V. 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 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:1136測線

← 南西

北東 →

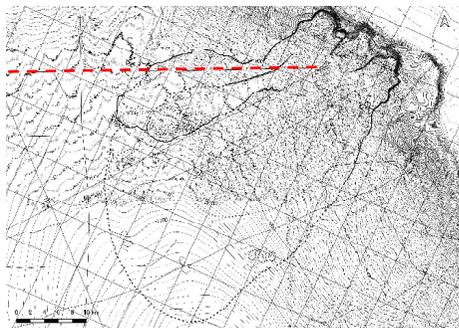


1136測線

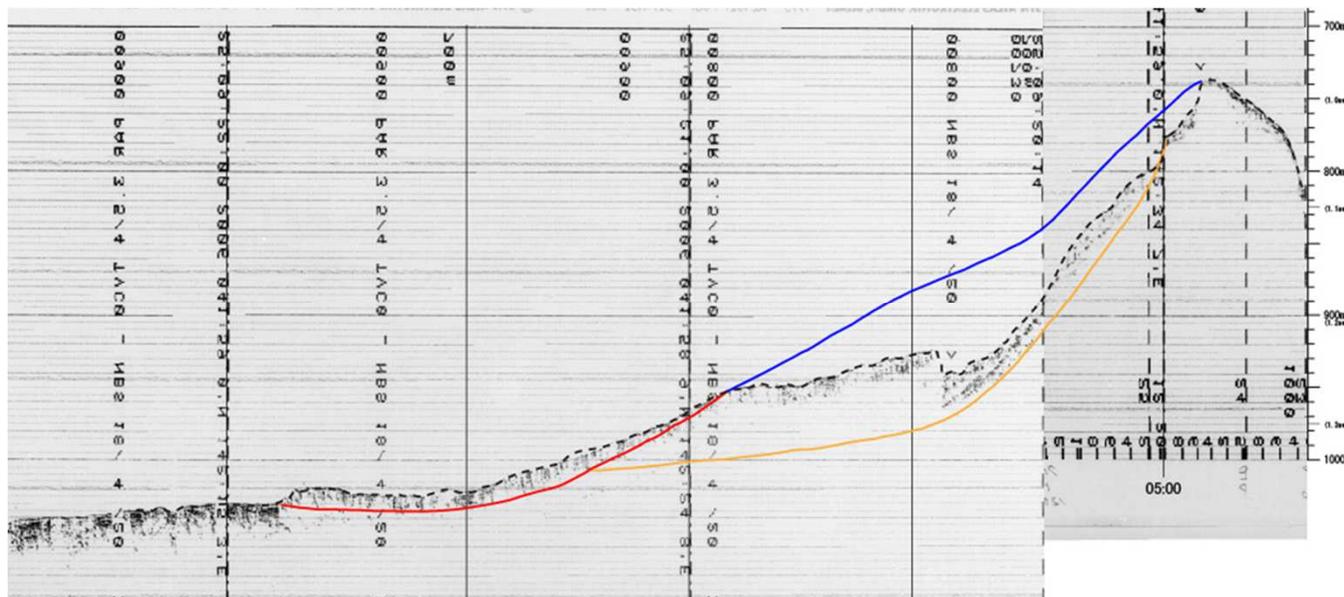
V. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり

3.2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:4159測線

西 ←



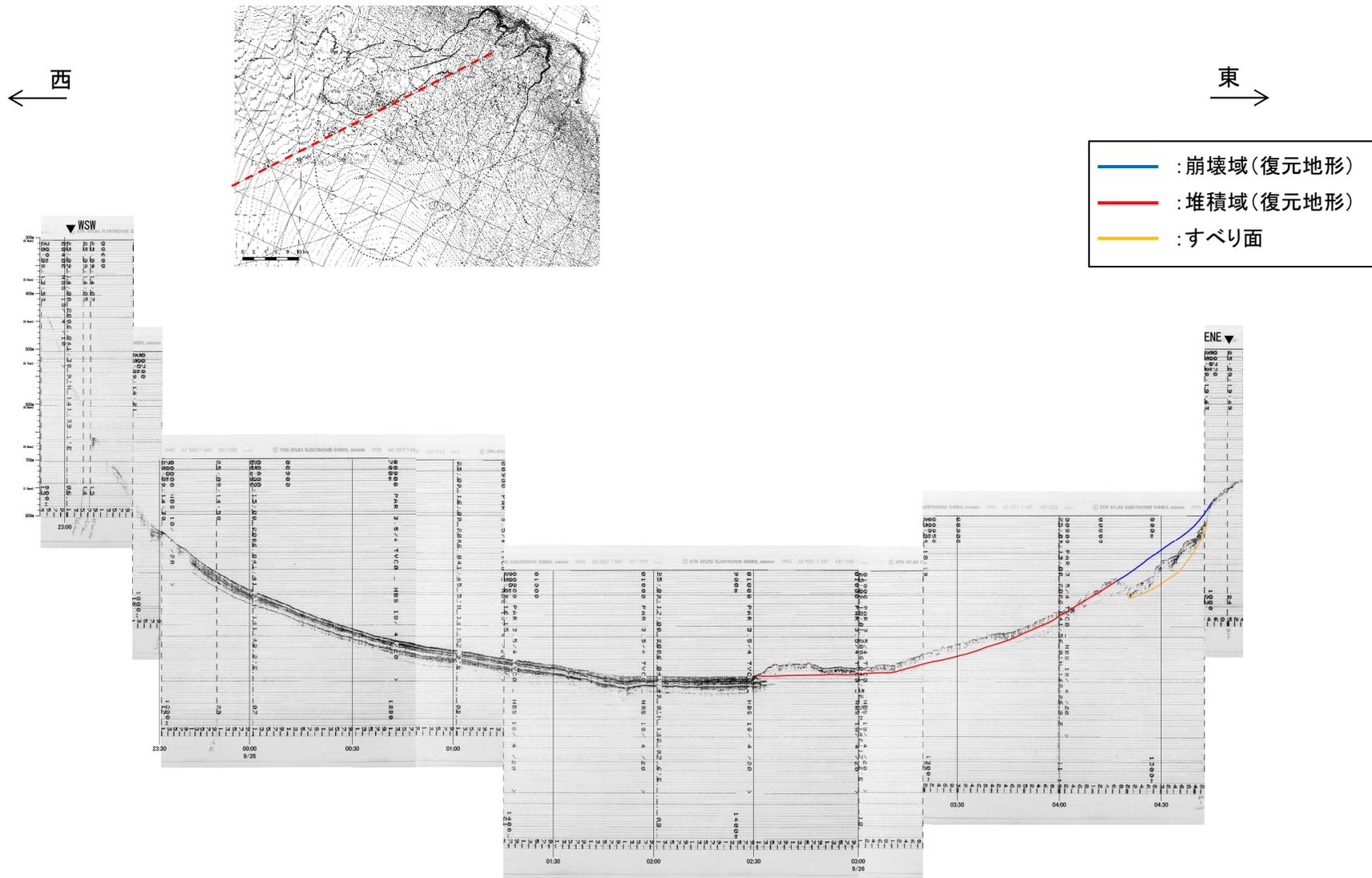
東 →



4159測線

V. 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

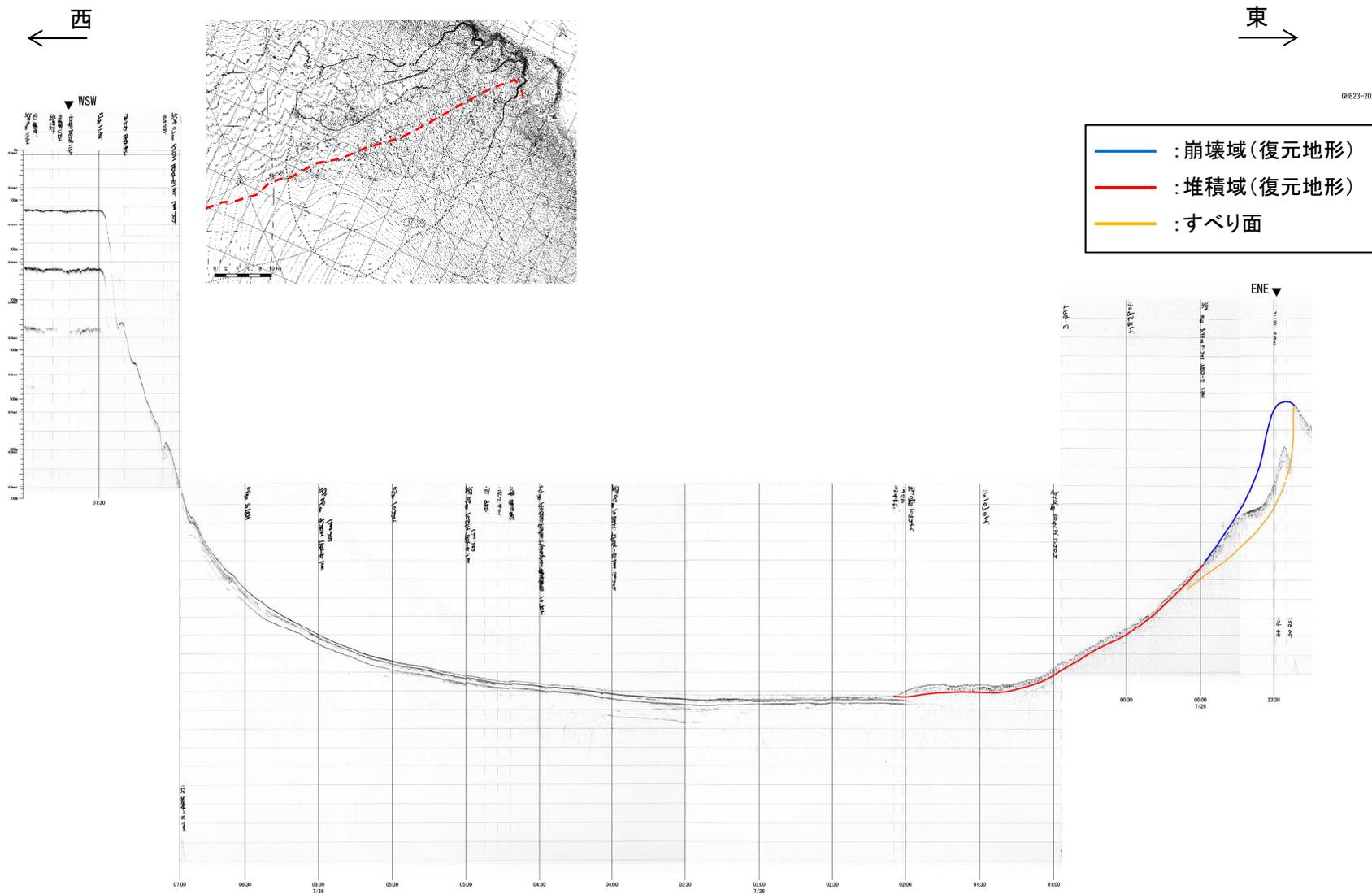
3.2 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:0926測線



0926測線

V. 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

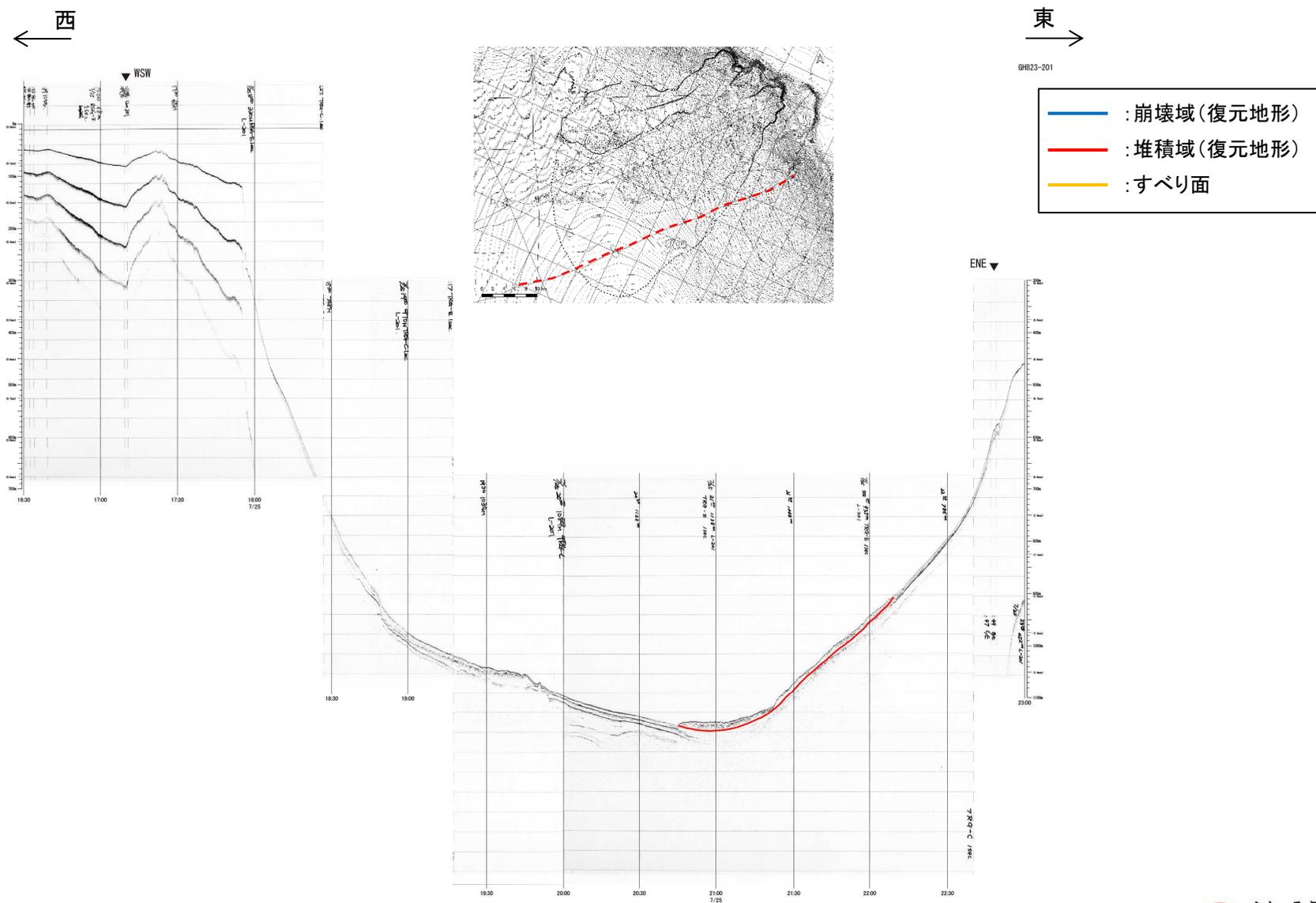
3. 2 崩壊域, 堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果: 823-202測線



823-202測線

V. 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 崩壊域、堆積域及び海底地すべりのすべり面の推定結果:823-201測線



823-201測線

VI. 計算条件等

1. 潮位条件
2. 津波解析条件
3. 既往津波の再現解析
4. 津波水位の評価位置
5. 想定津波群の作成方法
6. 津波伝播特性の検討

VI. 計算条件等

1. 潮位条件

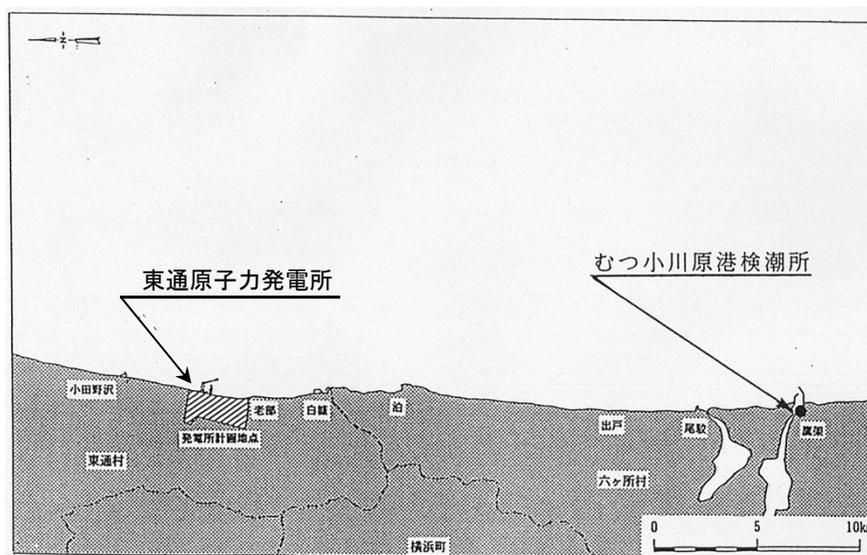
1. 1 潮位条件

1. 2 朔望平均潮位の妥当性

VI. 計算条件等 1. 潮位条件

1.1 潮位条件

- 基準津波評価で考慮している朔望平均潮位は、敷地南方約29kmに位置する国土交通省東北地方整備局むつ小川原港検潮所における1988年～1992年の観測記録を用いて算定した。



発電所とむつ小川原港検潮所の位置図

基準津波評価で考慮している朔望平均潮位

朔望平均満潮位	T.P.+0.61m
朔望平均干潮位	T.P.-0.87m

VI. 計算条件等 1. 潮位条件

1.2 朔望平均潮位の妥当性

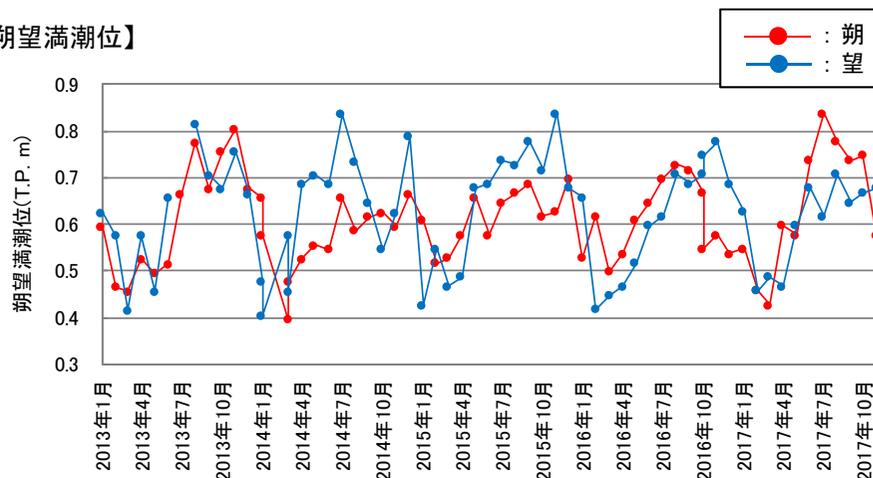
- 近年(2013年~2017年)の観測記録※を用いて朔望平均潮位を算定した結果、朔望平均満潮位はT.P.+0.66m、朔望平均干潮位はT.P.-0.81mであり、基準津波評価で考慮している朔望平均潮位と有意な差がないことを確認した。

※:潮位記録は、「日本海洋データセンター」の資料を使用した。また、朔望平均潮位は、毎正時の朔望の前2日、後4日の期間における最高潮位または最低潮位を平均して算定した。

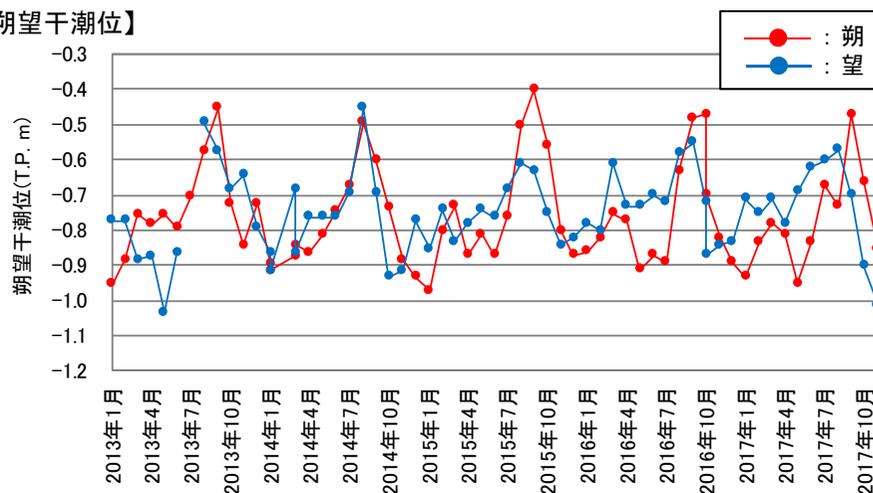
朔望平均潮位の比較

	①基準津波評価 (1988年~1992年)	②近年 (2013年~2017年)	差 (①-②)
朔望平均満潮位	T.P.+0.61m	T.P.+0.66m	-0.05m
朔望平均干潮位	T.P.-0.87m	T.P.-0.81m	-0.06m

【朔望満潮位】



【朔望干潮位】



各月の朔望潮位の経時変化

VI. 計算条件等

2. 津波解析条件

2. 1 計算条件

2. 2 計算領域

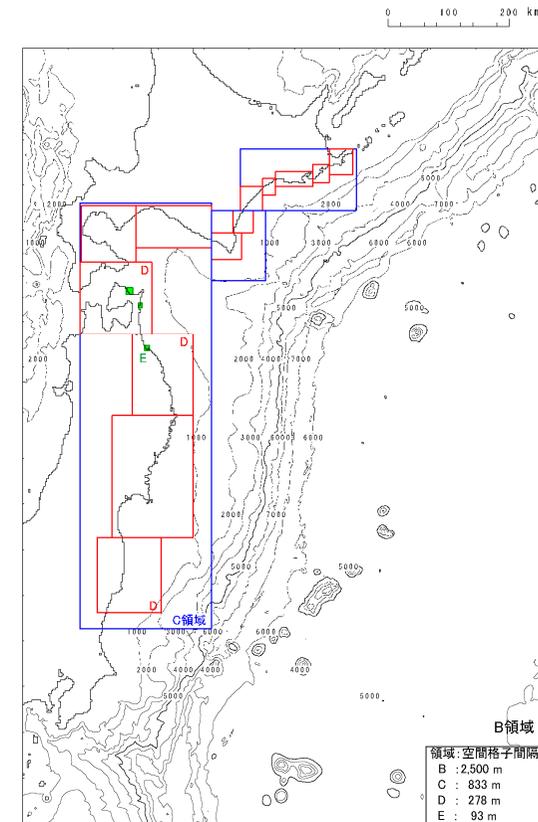
VI. 計算条件等 2. 津波計算条件

2.1 計算条件

- ・ 津波予測計算は、次の計算条件等に基づき実施した。
- ・ なお、数値シミュレーションの手法の妥当性は、既往津波の再現性の評価を実施して確認した。

主な計算条件

	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
空間格子間隔 Δs	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)	31 m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
時間格子間隔 Δt^{*1}	0.1秒						
基礎方程式	線形 長波式	非線形長波式(浅水理論) ^{*1}					
沖側境界条件	自由透過	外側の大格子領域と水位・流量を接続					
陸側境界条件	完全反射	完全反射 (海底露出を考慮)	小谷ほか(1998)の遡上境界条件				
初期海面変動	波源モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)の方法により計算される鉛直変位を海面上に与える						
海底摩擦	考慮 しない	マンニングの粗度係数 $n = 0.03m^{-1/3}/s$ (土木学会(2002)より)					
水平渦動粘性 係数	考慮しない						
潮位条件	T.P.±0.0m						
計算時間	地震発生後4時間						

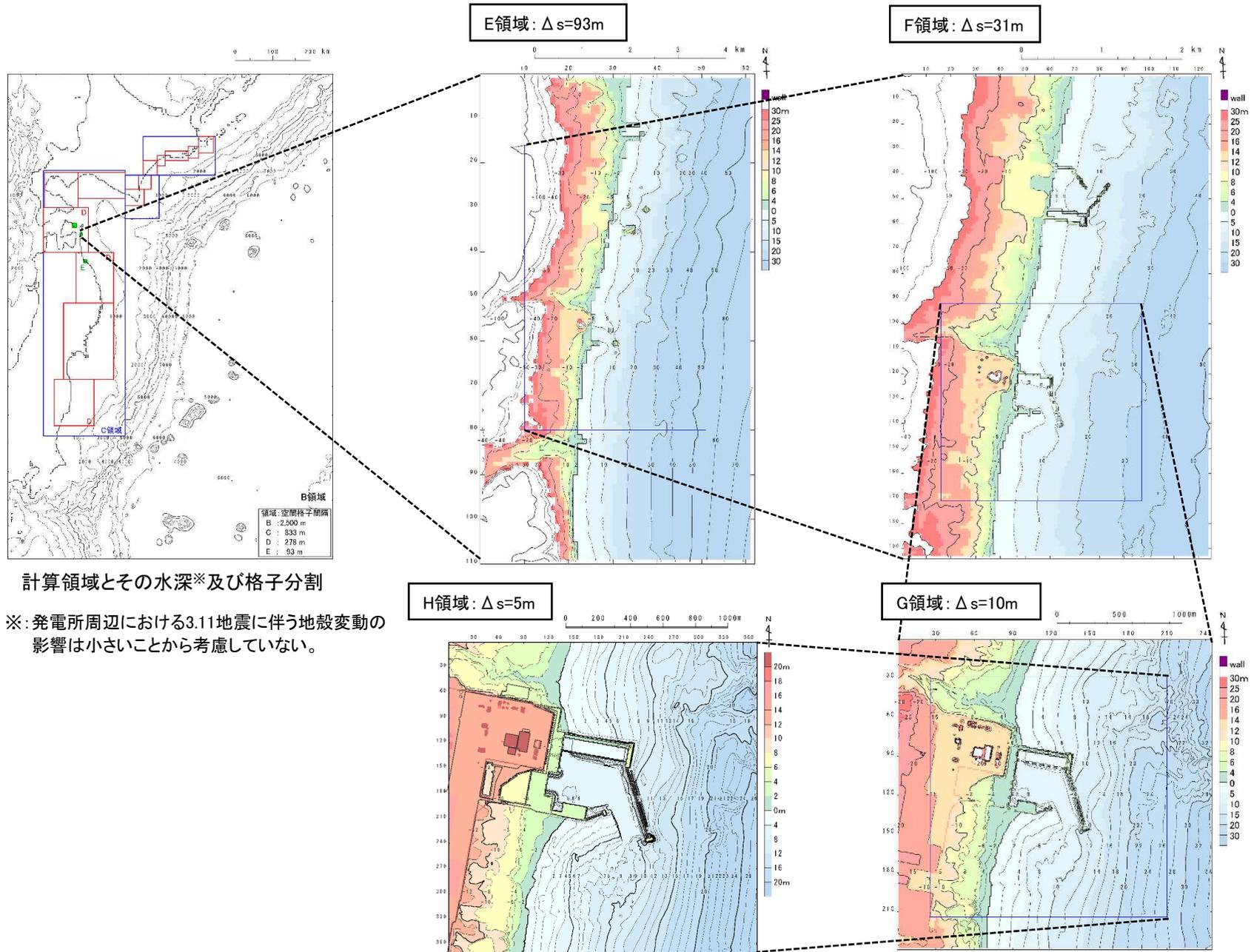


計算領域^{*2}とその水深及び格子分割

※1:土木学会(2016)では、水深200m以浅の海域を目安に非線形長波式を適用するとしている。これを十分に満足するようC領域以下(水深1500m以浅)で、非線形長波式(浅水理論)を適用した。

※2:計算領域範囲は、日本海溝沿い・千島海溝沿い(南部)の津波発生領域が含まれる範囲及び北海道・東日本沿岸からの反射波が発電所に与える影響を考慮して設定した。

2. 1 計算領域



VI. 計算条件等

3. 既往津波の再現解析

- 3. 1 計算条件
- 3. 2 評価方法
- 3. 3 評価結果

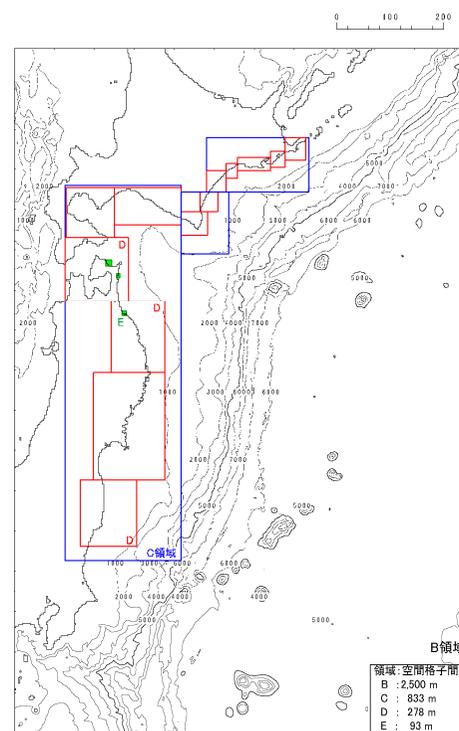
VI. 計算条件等 3. 既往津波の再現解析

3.1 計算領域

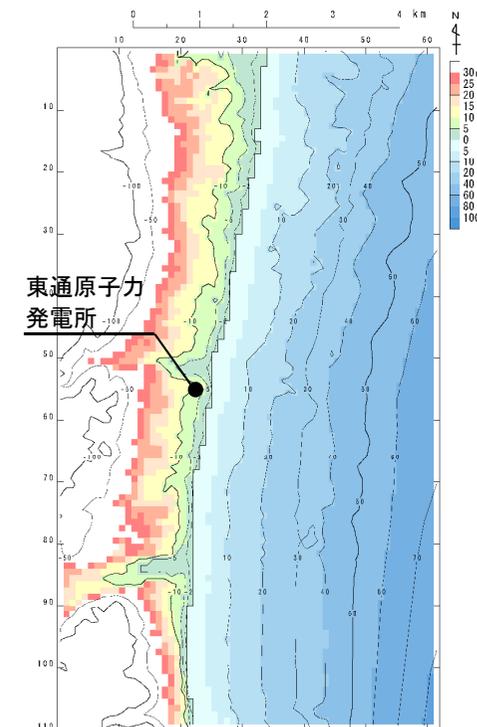
- ・ 数値シミュレーションの手法の妥当性を確認するために、既往津波の再現解析を実施した。
- ・ 再現解析は、次の計算条件等に基づき実施した。

主な計算条件

	B領域	C領域	D領域	E領域
空間格子間隔 Δs	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)
時間格子間隔 Δt	1秒			
基礎方程式	線形長波式	非線形長波式(浅水理論)		
沖側境界条件	自由透過	外側の大格子領域と水位・流量を接続		
陸側境界条件	完全反射	完全反射 (海底露出を考慮)	小谷ほか (1998)の遡上境界条件	
初期海面変動	波源モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)の方法により計算される鉛直変位を海面上に与える			
海底摩擦	考慮しない	マンニングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ (土木学会(2016)より)		
水平渦動粘性係数	考慮しない			
潮位条件	T.P. $\pm 0.0\text{m}$			
計算再現時間	地震発生後4時間			



計算領域とその水深及び格子分割



敷地周辺の計算領域とその水深及び格子分割

VI. 計算条件等 3. 既往津波の再現解析
3.2 評価方法

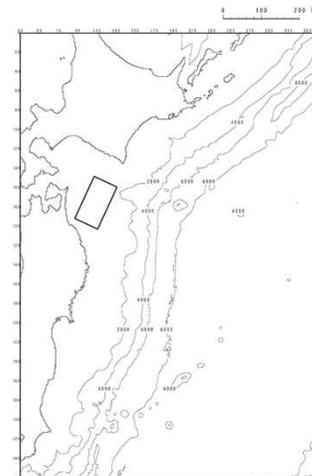
- ・ 再現性の評価は、各地点における既往津波高と数値シミュレーションによる津波高を比較することにより行った。
- ・ 再現性の指標は、相田(1977)による既往津波高と数値シミュレーションにより計算された津波高との比から求める幾何平均値K及びばらつきを表す指標 k を用いた。
- ・ 評価に用いた既往津波は、地震種別毎に評価することを基本として選定した。

評価に用いた既往津波

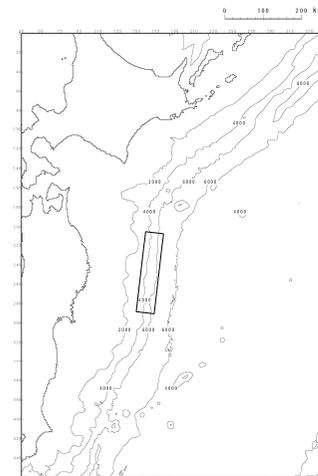
地震種別		既往津波
プレート間地震	津波地震	1896年明治三陸地震津波
	プレート間地震	1856年の津波
		1968年十勝沖地震に伴う津波
海洋プレート内地震		1933年昭和三陸地震津波

主な断層パラメータ

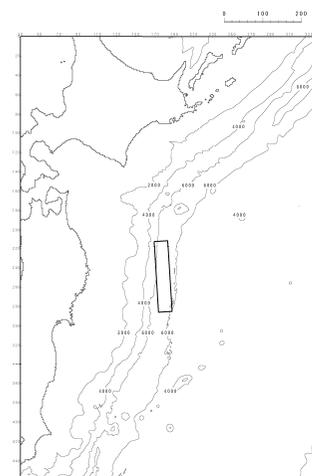
断層パラメータ		1856年	1896年	1933年	1968年
モーメントマグニチュード*	Mw	8.35	8.28	8.35	8.41
長さ	L(km)	120	210	185	150
幅	W(km)	70	50	50	100
走向	θ (°)	205	190	180	195
断層上縁深さ	d(km)	26	1	1	6
傾斜角	δ (°)	20	20	45	20
すべり角	λ (°)	90	75	270	76
すべり量	D(m)	10.0	9.0	6.6	6.9



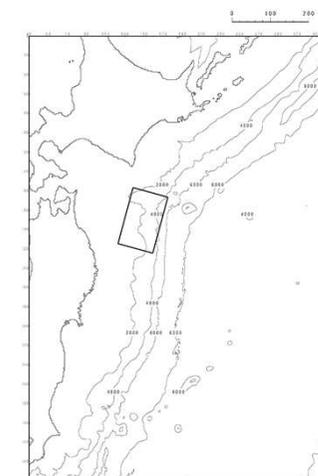
1856年の津波



1896年明治三陸地震津波



1933年昭和三陸地震津波



1968年十勝沖地震に伴う津波

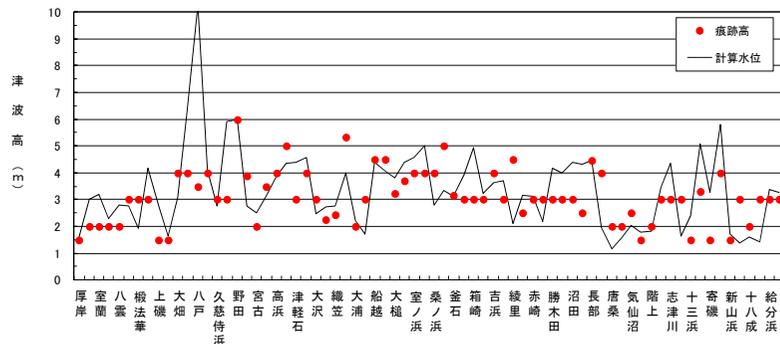
3.3 評価結果

- 土木学会(2016)の目安を満足しており、数値シミュレーションの手法が妥当であることを確認した。

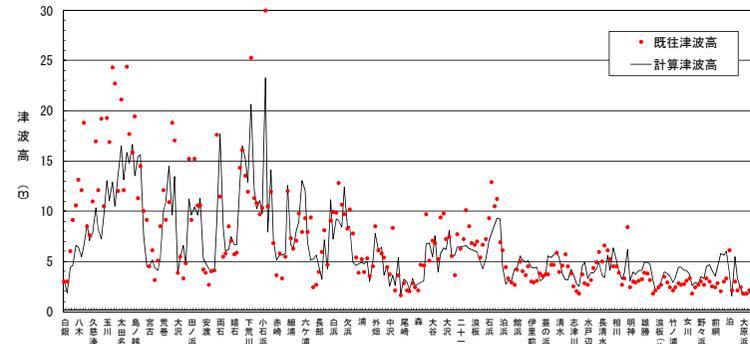
再現性の評価結果※

既往津波	K	κ	n	既往津波高
1856年の津波	0.95	1.448	72	羽鳥(2000)
1896年明治三陸地震津波	1.00	1.44	246	伊木(1897), 松尾(1933)
1933年昭和三陸地震津波	1.00	1.43	553	松尾(1933), 地震研究所(1934)
1968年十勝沖地震に伴う津波	0.97	1.39	297	岸(1969)

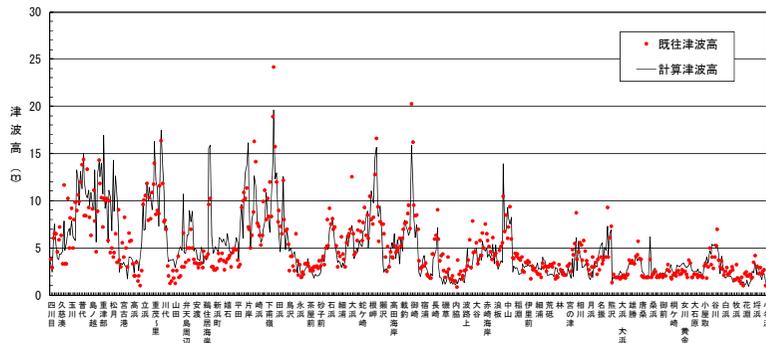
※土木学会(2016)による再現性の目安 : $0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$



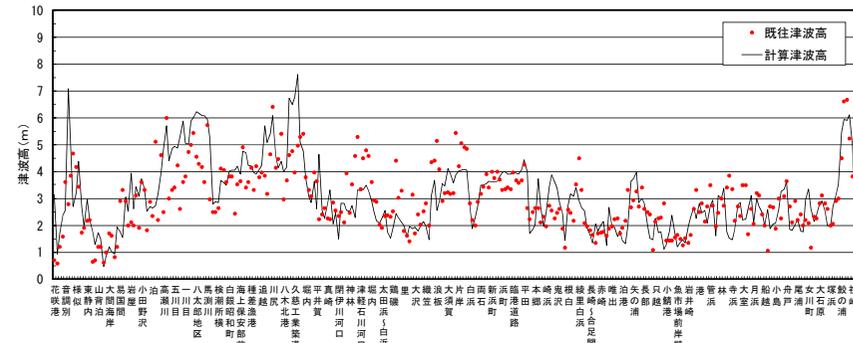
1856年の津波



1896年明治三陸地震津波



1933年昭和三陸地震津波



1968年十勝沖地震に伴う津波

VI. 計算条件等

4. 津波水位の評価位置

- 4. 1 津波水位の評価位置
- 4. 2 補機冷却系取水路
- 4. 3 時刻歴波形抽出位置

VI. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置

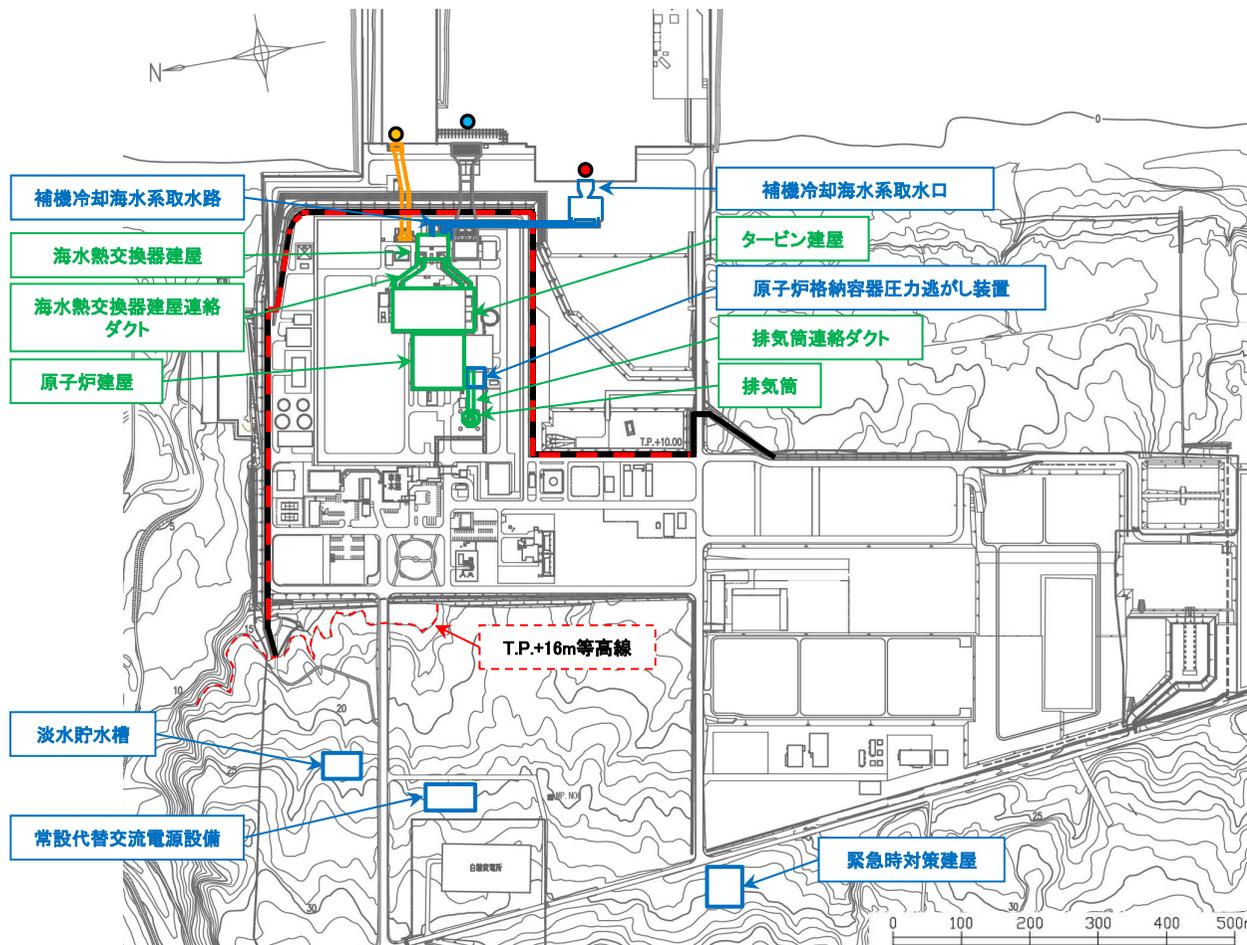
4.1 津波水位の評価位置

■敷地前面

- 耐震重要施設等が設置された敷地 (T.P.+13m) へ津波が遡上するかを評価するため、敷地前面 (下図: 赤点線) を津波水位の評価位置とする。
- なお、津波水位が低く、陸上に津波が遡上しない場合には、汀線位置の最大水位を抽出する。

■取水口前面, 放水路護岸前面

- 耐震重要施設等が設置された敷地 (T.P.+13m) へ取水路, 放水路から津波が流入するかを評価するため、取水口前面 (下図: 水色丸), 補機冷却海水系取水口前面 (下図: 赤色丸), 放水路護岸前面 (下図: 黄色丸) を津波水位の評価位置とする。



【津波水位の評価位置】

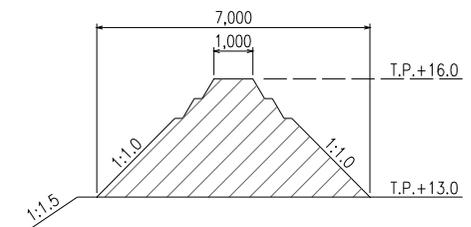
- : 敷地前面
- : 取水口前面
- : 補機冷却海水系取水口前面
- : 放水路護岸前面

【施設位置】

- : 防潮堤 (自主対策設備)
- : 耐震重要施設※1及び常設重大事故等対処施設※2
- : 常設重大事故等対処施設
- : 放水設備

※1 設置許可基準規則第3条の対象となる耐震重要施設 (間接支持構造物を含む)

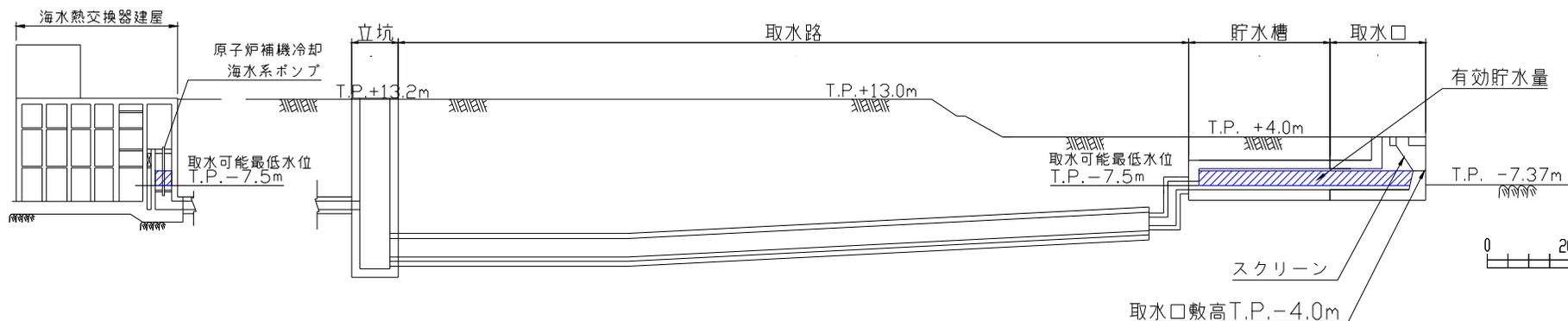
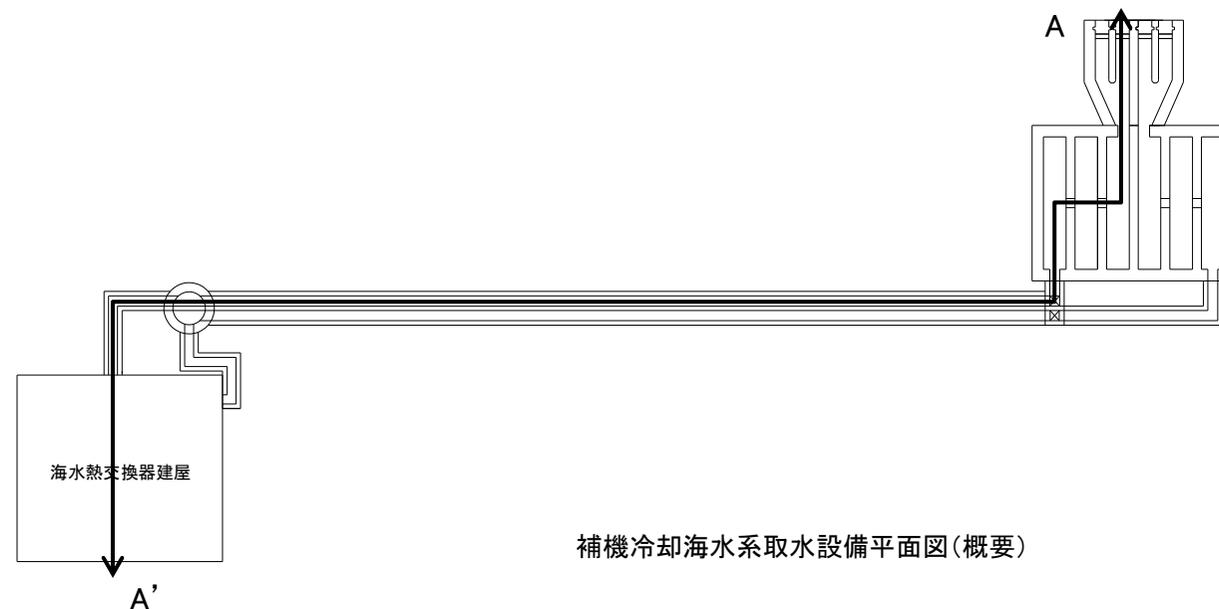
※2 設置許可基準規則第38条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設 (特定重大事故等対処施設を除く)



防潮堤 (セメント改良土) 標準断面図

VI. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置
4.2 補機冷却系取水路

- 津波による取水路内の水位変動に伴う原子炉補機冷却海水系ポンプの取水性を評価するため、補機冷却海水系取水口前面を津波水位の評価位置とする。



 : 津波水位が取水口敷高を下回る場合に、非常用海水ポンプの取水に必要な海水が設備内に確保される範囲(約3,400m³)
(非常用海水ポンプの運転可能継続時間=貯水量(約3,400m³)÷非常用海水ポンプ取水量※(8,340m³/hr)=約24分)

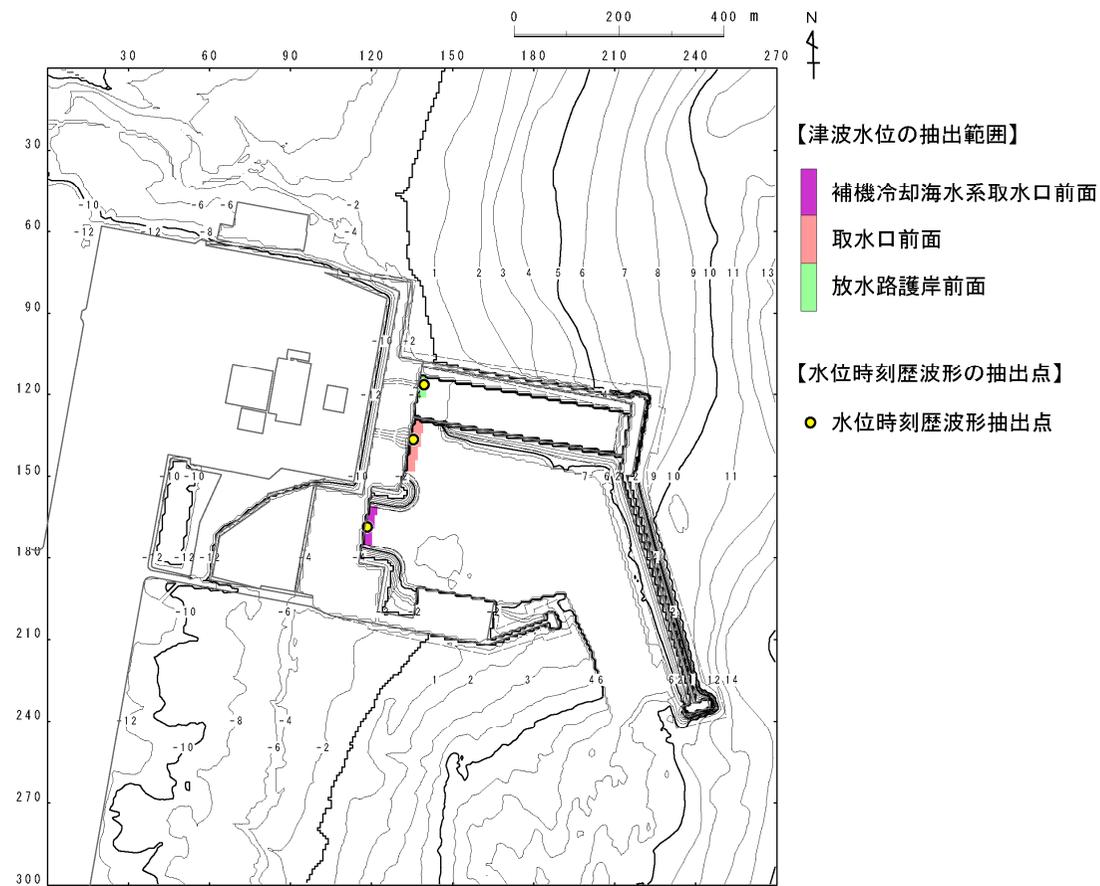
※:原子炉補機冷却海水系ポンプ(4台), 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ポンプ(1台)の最大運転台数を考慮

補機冷却海水系取水設備断面図(概要) (A-A' 断面)

VI. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置

4.3 時刻歴波形抽出位置

- 津波解析は、設定する波源により発電所港湾内における流れ場が異なることから、津波水位(最大水位上昇量・最大水位下降量)の抽出位置を下図のとおり設定した。
- 水位時刻歴波形の抽出位置は、上記の代表点として各取放水設備前面の中央位置とした。



津波水位の抽出位置

VI. 計算条件等

5. 想定津波群の作成方法

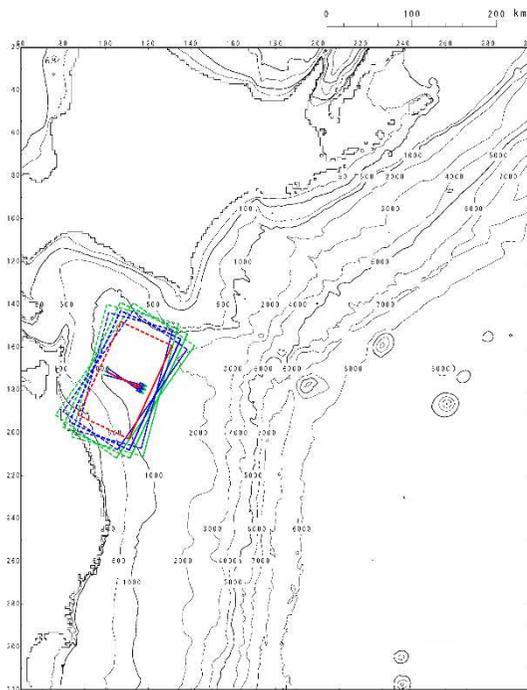
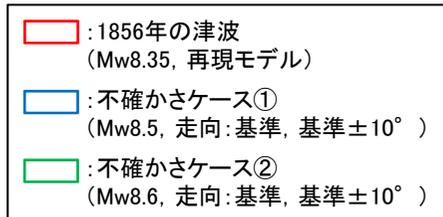
- 5. 1 1856年の津波
- 5. 2 連動型地震
- 5. 3 内閣府(2020) 日本海溝(三陸・日高沖)モデル
- 5. 4 各特性化モデルの詳細パラメータスタディ

VI. 計算条件等 5. 想定津波群の作成方法

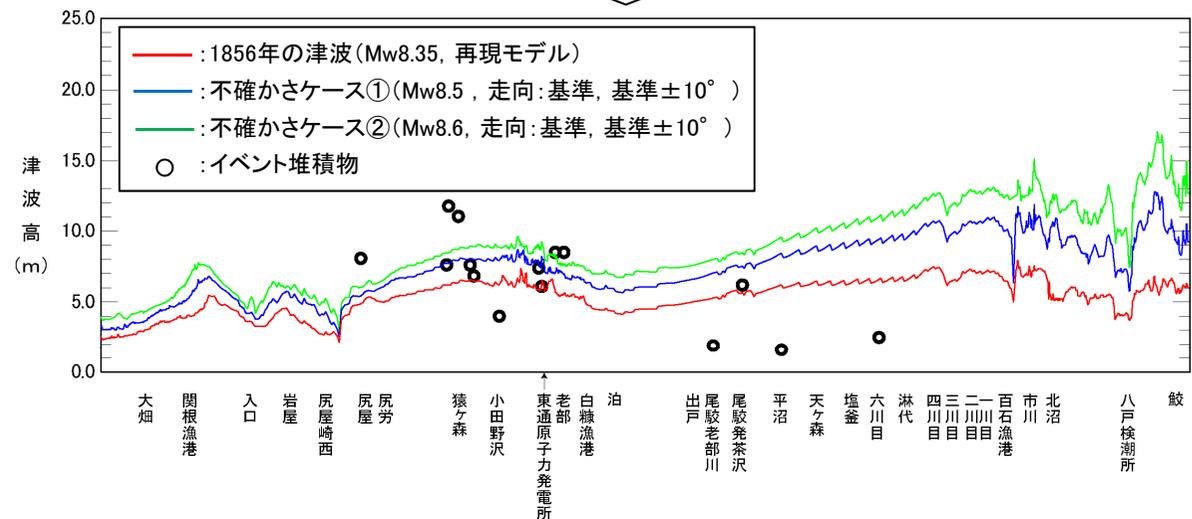
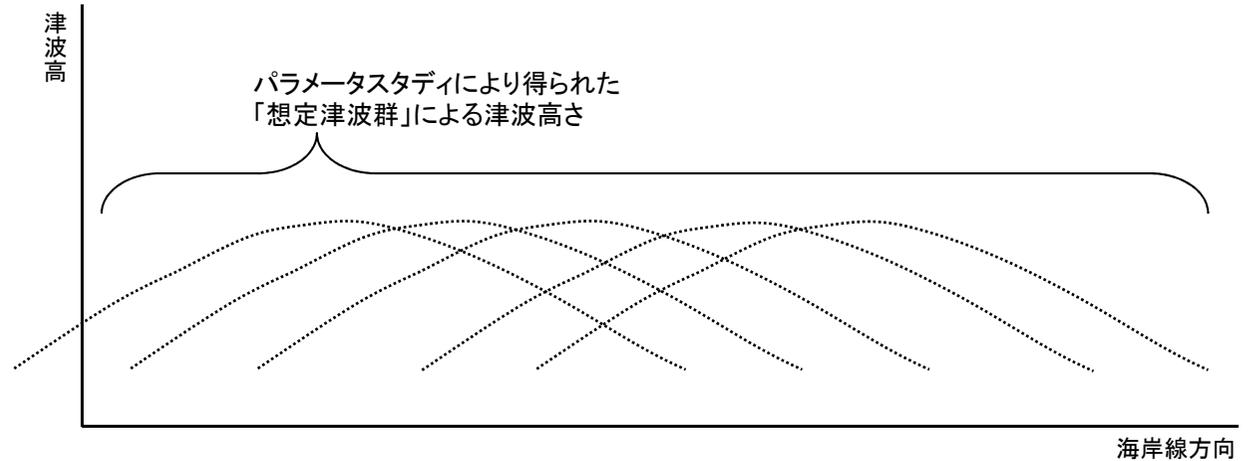
5.1 1856年の津波

- 不確かさケース①, 不確かさケース②については, 土木学会(2016)を参考に, 走向の不確かさを考慮した想定津波群(=パラメータスタディを行った津波の集合体)を作成し, イベント堆積物と比較した。

■検討モデル



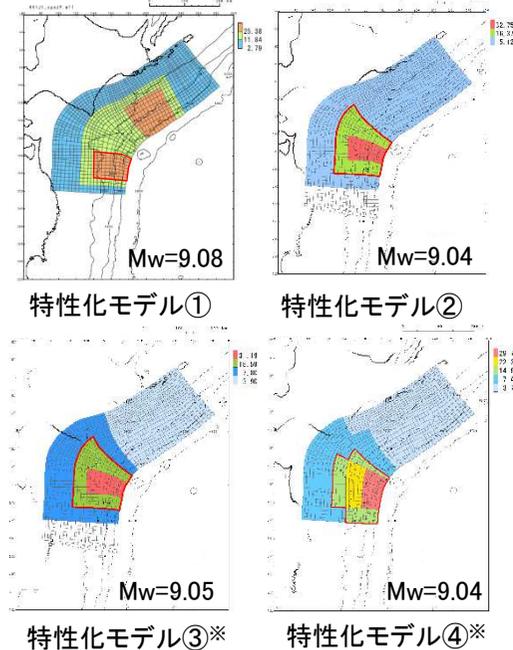
■想定津波群の作成



想定津波群とイベント堆積物の比較

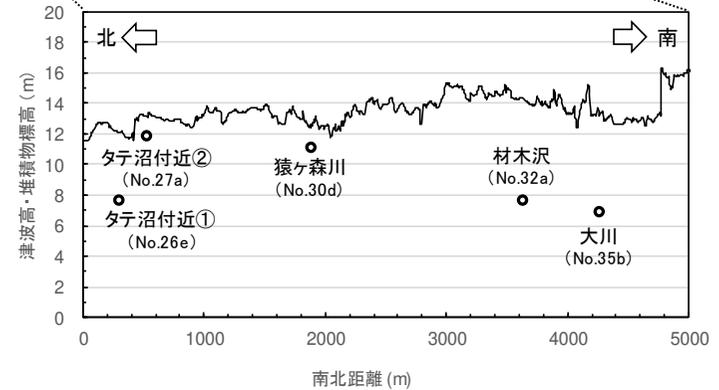
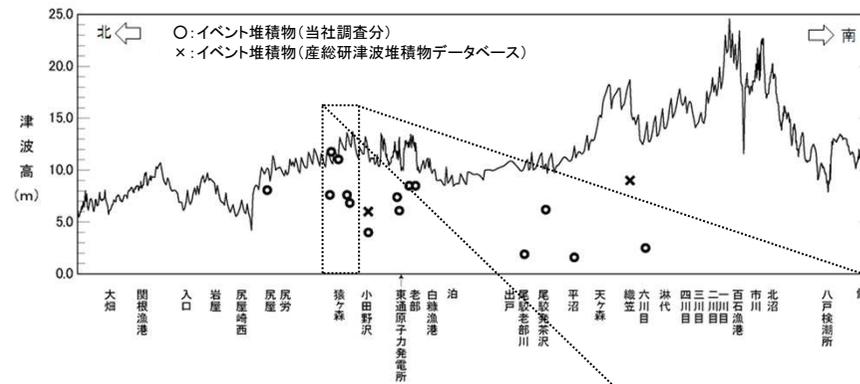
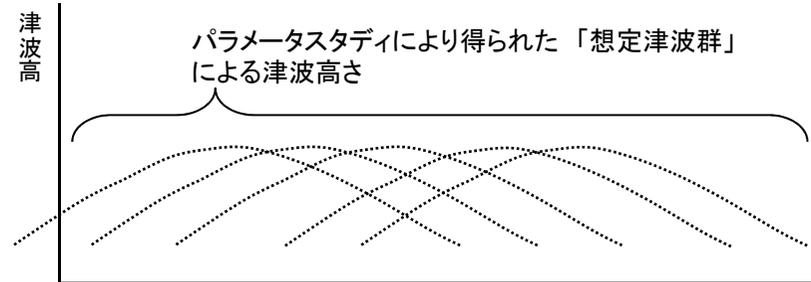
VI. 計算条件等 5. 想定津波群の作成方法
5.2 連動型地震

・ 特性化モデル①～④を対象に、以下に示す表のケースを対象に想定津波群を作成し、イベント堆積物及び内閣府(2020a)と比較した。



□ : 大すべり域等
※: 大すべり域等に合わせて、基本すべり域も移動させる。

■ 想定津波群の作成

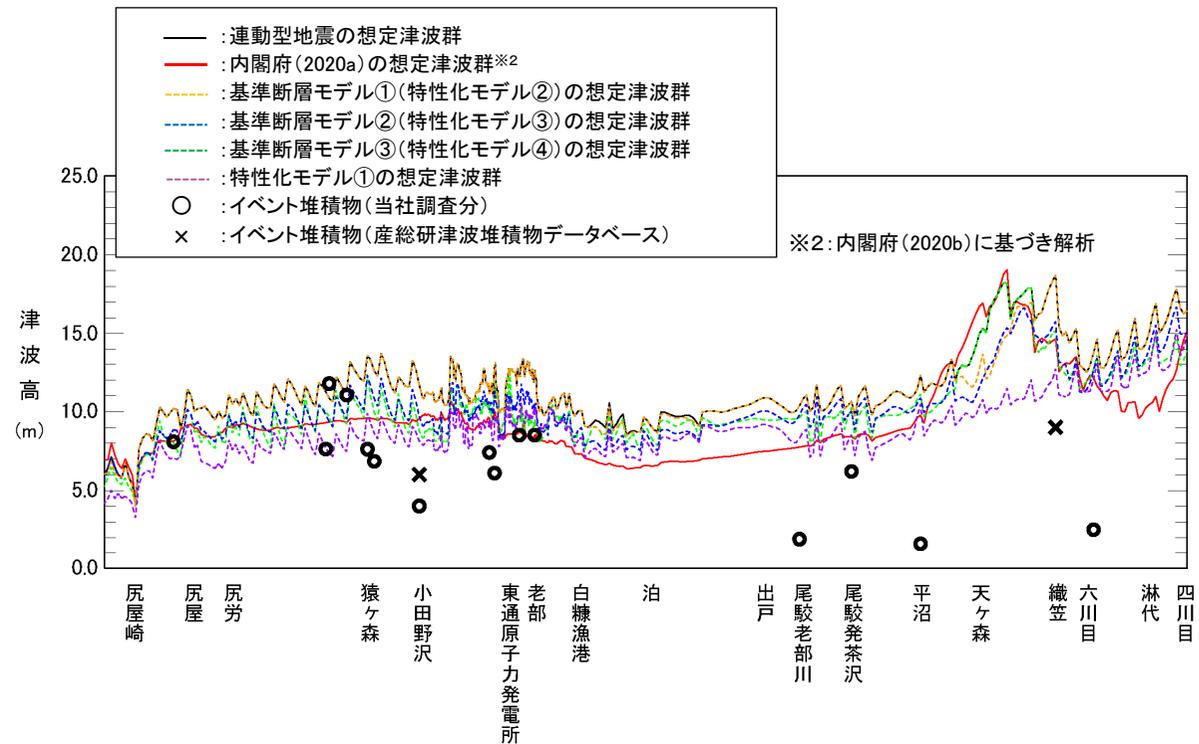
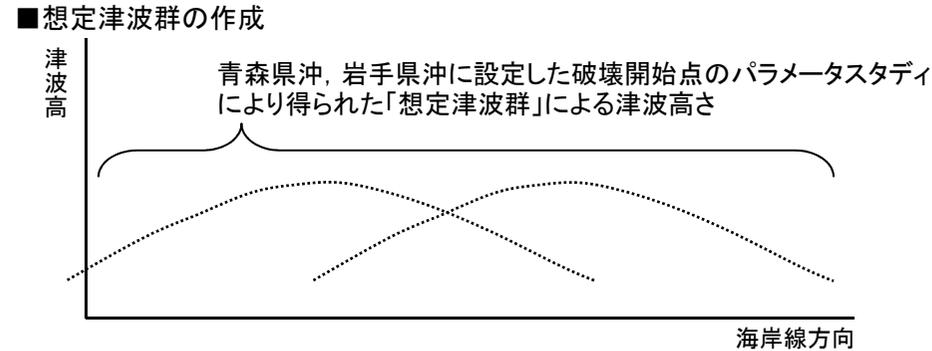
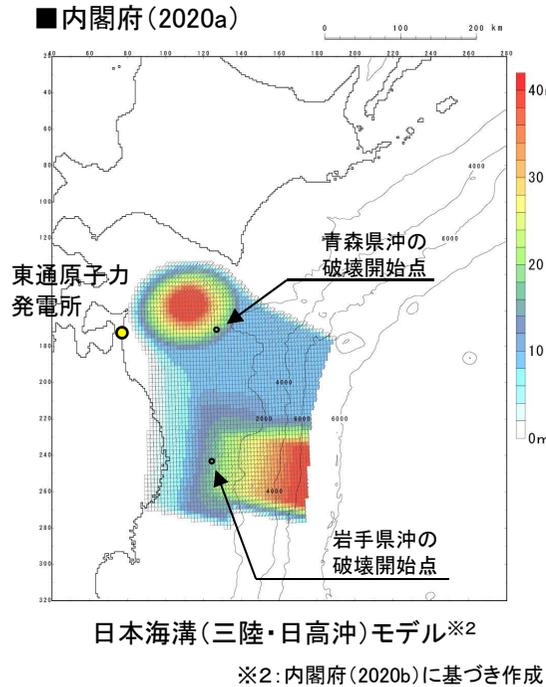


想定津波群とイベント堆積物の比較

特性化モデル	概略パラメータスタディ	詳細パラメータスタディ	
	大すべり域の位置	破壊開始点	破壊伝播速度
特性化モデル①	北へ30km～南へ70km	なし	なし
特性化モデル② (基準断層モデル①)	北へ50km～南へ150km	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P6)
特性化モデル③ (基準断層モデル②)	北へ50km～南へ150km	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P4)
特性化モデル④ (基準断層モデル③)	北へ50km～南へ150km	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P1)

5.3 内閣府(2020) 日本海溝(三陸・日高沖)モデル

- 日本海溝(三陸・日高沖)モデルについては、青森県沖、岩手県沖に破壊開始点設定したケースを対象に想定津波群を作成し、各特性化モデルの想定津波群と比較した。



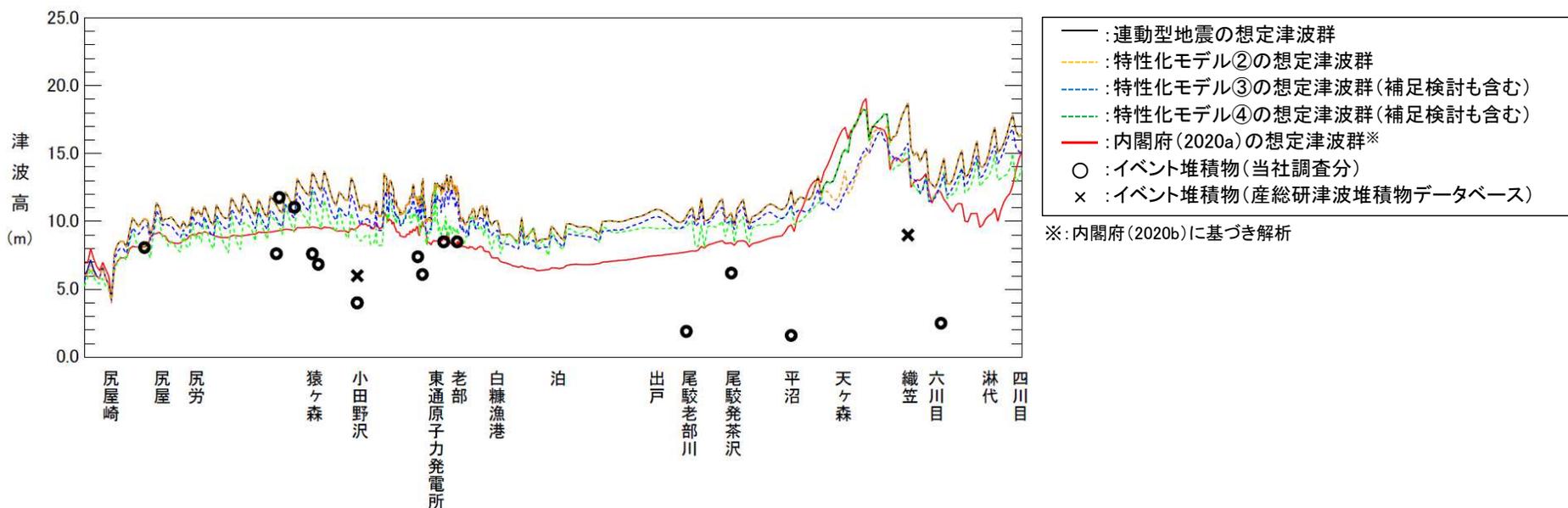
青森県北部太平洋沿岸の汀線位置における十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震の想定津波群とイベント堆積物及び内閣府(2020a)による日本海溝(三陸・日高沖)モデルの想定津波群の比較

VI. 計算条件等 5. 想定津波群の作成方法

5.4 各特性化モデルの詳細パラメータスタディ

- 各特性化モデルを対象に実施した詳細パラメータスタディ結果を踏まえた想定津波群とイベント堆積物及び内閣府(2020a)の想定津波群との比較結果を以下に示す。

特性化モデル	概略パラメータスタディ		詳細パラメータスタディ			
	大すべり域の位置	水位上昇側		水位下降側		
		破壊開始点	破壊伝播速度	破壊開始点	破壊伝播速度	
特性化モデル①	北へ30km～南へ70km	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P6)	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P5)	
特性化モデル② (基準断層モデル①)	北へ50km～南へ150km	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P6)	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P4)	
特性化モデル③ (基準断層モデル②)	北へ50km～南へ150km	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P6)	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P4)	
特性化モデル④ (基準断層モデル③)	北へ50km～南へ150km	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P6)	P1～P6	1.0, 1.5, 2.0, 2.5km/s (破壊開始点:P1)	



青森県北部太平洋沿岸の汀線位置における連動型地震の想定津波群(補足検討も含む)とイベント堆積物及び内閣府(2020a)による日本海溝(三陸・日高沖)モデルの想定津波群の比較

VI. 計算条件等

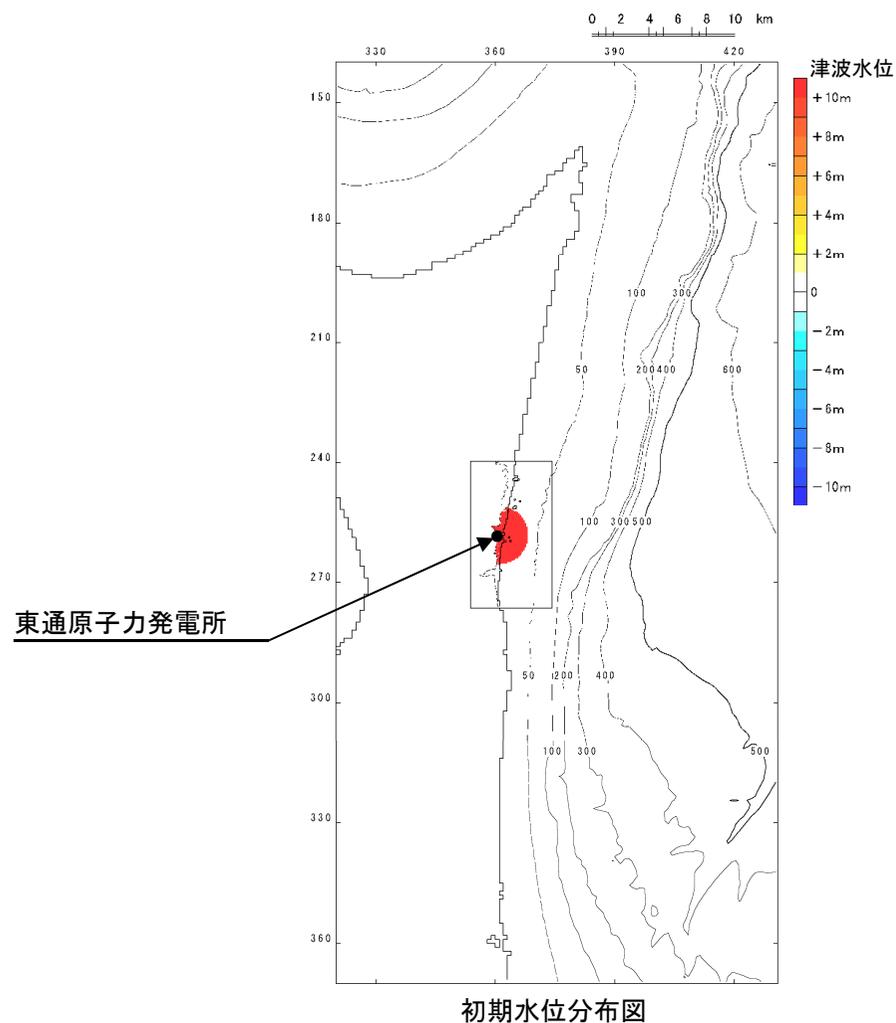
6. 津波伝播特性の検討

- 6. 1 検討方針
- 6. 2 最大水位上昇量分布
- 6. 3 津波の伝播状況

VI. 計算条件等 6. 津波伝播特性の検討

6.1 検討方針

- ・ 発電所を津波波源と仮定した場合の数値シミュレーションにより、津波の伝播特性の大きな傾向の把握を行った。
- ・ 津波波源は、発電所を中心とする半径2kmの円を設定し、一律10mの初期水位を与えた。

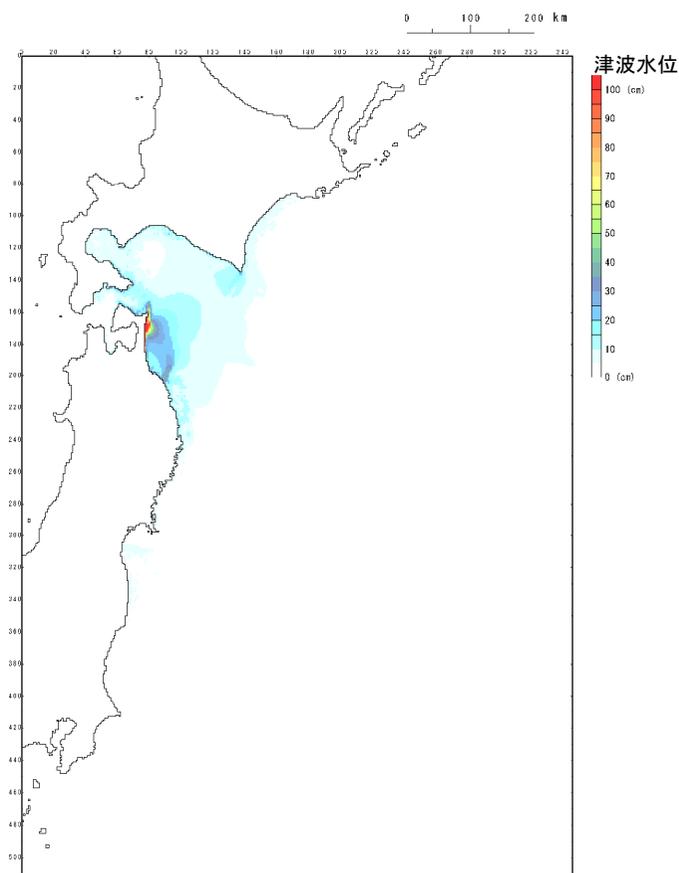


VI. 計算条件等 6. 津波伝播特性の検討

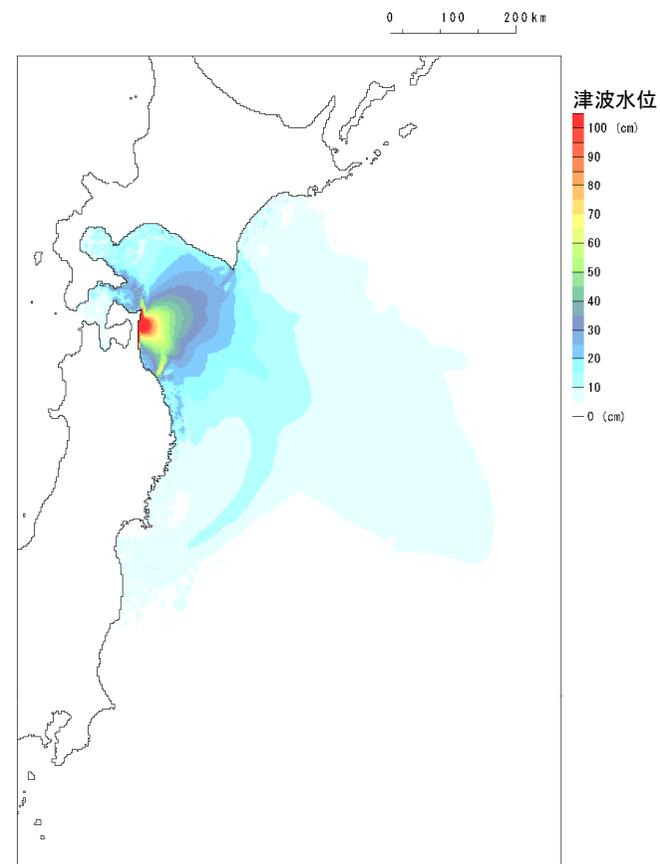
6.2 最大水位上昇量分布

- 水深による津波振幅への影響を軽減するため、「グリーンの法則」を用いて最大水位上昇量を補正※した。

※: 波源位置の水深を $h_0 (=10\text{m})$, 沖合地点の水深を h として, 数値シミュレーションで得られる各格子の最大水位上昇量を「 $(h_0/h)^{1/4}$ 」で除して補正。



水位補正前

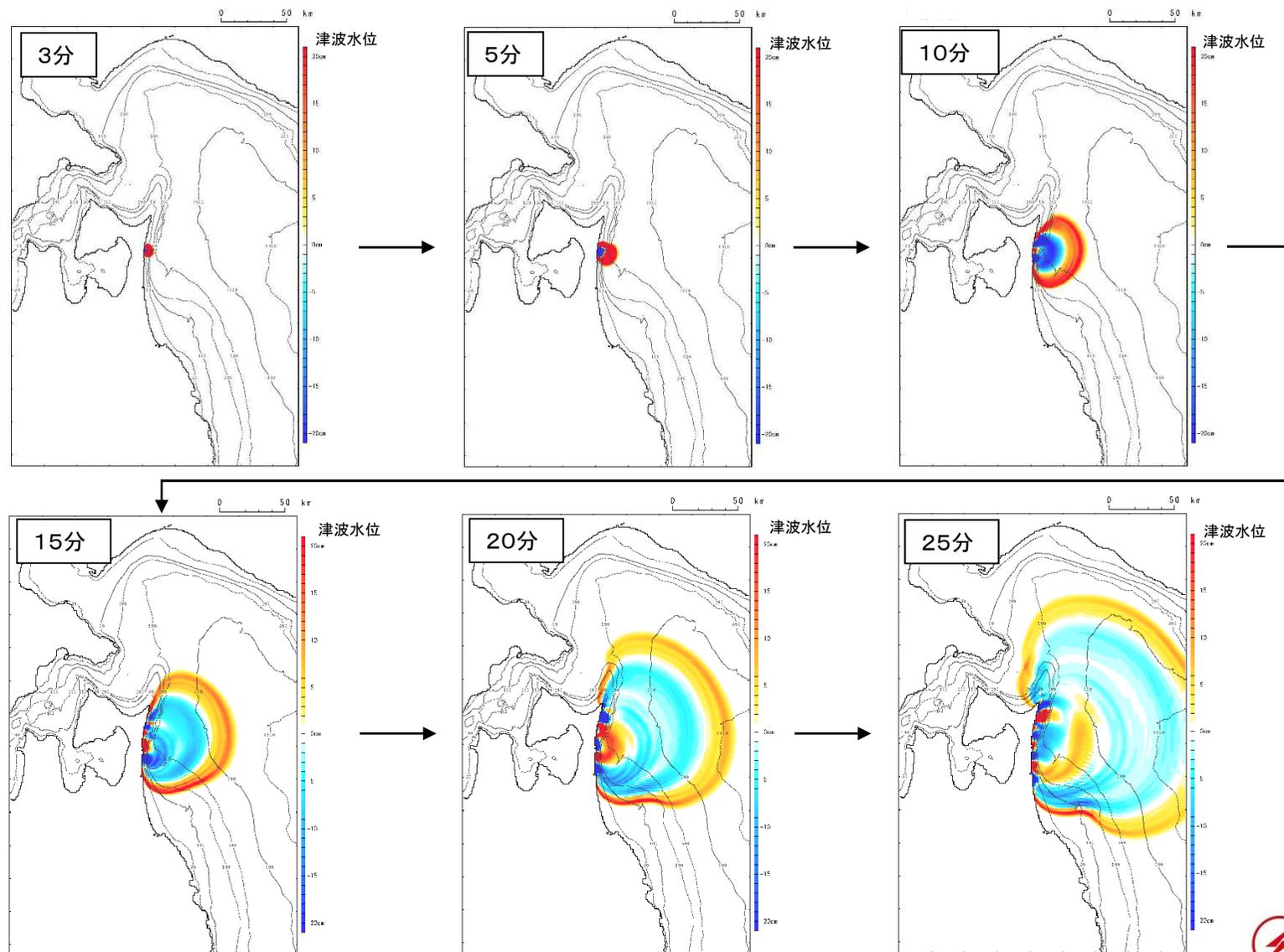


水位補正後

VI. 計算条件等 6. 津波伝播特性の検討

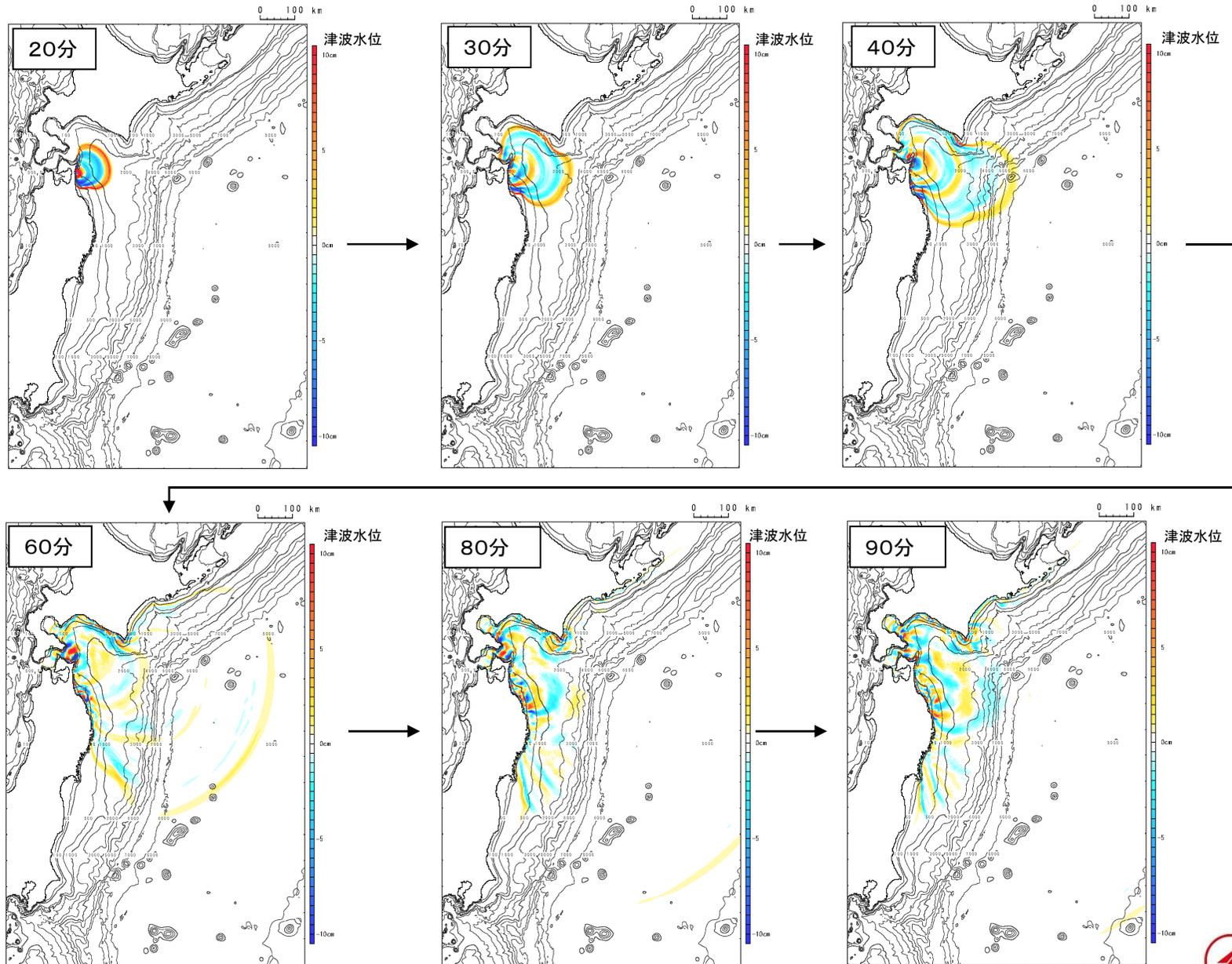
6.3 津波の伝播状況: 敷地近傍(3~25分後)

- 波源域から敷地前面海域に向かって、同心円状に津波が伝播する過程が確認される。



6.3 津波の伝播状況: 広域 (20~90分後)

- ・ 沖合に向かって、同心円状に津波が伝播する過程が確認される。



参考文献

参考文献①

1. Lingling Ye, Thorne Lay, and Hiroo Kanamori (2012) : The Sanriku-Oki low-seismicity region on the northern margin of the great 2011 Tohoku-Oki earthquake rupture, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, B02305, doi:10.1029/2011JB008847
2. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について
3. Naoki Uchida and Toru Matsuzawa (2011) : Coupling coefficient, hierarchical structure, and earthquake cycle for the source area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake inferred from small repeating earthquake data, Earth Planets Space, 63, 675-679
4. 気象庁(2009) : 2008年7月19日福島県沖の地震(M6.9)について, 地震予知連絡会 会報, 第81巻, 3-21
5. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2019) : 日本海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版)
6. 文部科学省研究開発局・国立大学法人東北大学大学院理学研究科・国立大学法人東京大学地震研究所・独立法人産業技術総合研究所(2010) : 宮城県沖地震における重点的調査観測総括成果報告書, 390pp
7. 佐竹健治・行谷佑一・山木滋(2008) : 石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No.8, pp.71-89
8. 西村卓也(2012) : 測地観測データに基づく東北日本の最近120年間の地殻変動, 地質学雑誌, 第118巻, 第5号, pp.278-293
9. Shinzaburo Ozawa, Takuya Nishimura, Hiroshi Munekane, Hisashi Suito, Tomokazu Kobayashi, Mikio Tobita and Tetsuro Imakiire (2012) : Preceding, coseismic, and postseismic slips of the 2011 Tohoku earthquake, Japan, Journal of Geophysical Research, Vol.177, B07404, DOI: 10.1029/2011JB009120
10. Yusuke Yokota, Kazuki Koketsu (2015) : A very long-term transient event preceding the 2011 Tohoku earthquake, NATURE COMMUNICATIONS, DOI: 10.1038/ncomms6934
11. Naoki Uchida, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Toru Matsuzawa (2009) : What controls interplate coupling?: Evidence for abrupt change in coupling across a border between two overlying plates in the NE Japan subduction zone, Earth and Planetary Science Letters 283, 111-121
12. Masanao Shinohara, Tomoaki Yamada, Kazuo Nakahigashi, Shin'ichi Sakai, Kimihiro Mochizuki, Kenji Uehira, Yoshihiro Ito, Ryusuke Azuma, Yuka Kaiho, Tetsuo No, Hajime Shiobara, Ryota Hino, Yoshio Murai, Hiroshi Yakiwara, Toshinori Sato, Yuya Machida, Takashi Shinbo, Takehi Isse, Hiroki Miyamachi, Koichiro Obana, Narumi Takahashi, Shuichi Kodaira, Yoshiyuki Kaneda, Kenji Hirata, Sumio Yoshikawa, Kazushige Obara, Takaya Iwasaki, and Naoshi Hirata (2011) : Aftershock observation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake by using ocean bottom seismometer network, Earth Planets Space, 63, 835-840
13. Tomoya Abe, Kazuhisa Goto, Daisuke Sugawara (2012) : Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain, Japan, Sedimentary Geology 282, 142-150, doi:10.1016/j.sedgeo.2012.05.004
14. 後藤和久・箕浦幸治(2012) : 2011年東北地方太平洋沖地震津波の反省に立った津波堆積学の今後のあり方, 堆積学研究, 第71巻, 第2号, 105-117
15. 中村有吾・西村裕一・伊尾木圭衣・プルナ スラスティア プトラ・アディティア グスマン(2011) : 北海道および青森県における東北地方太平洋沖地震津波の実態に関する野外調査, 東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会 予稿集

参考文献②

16. 山田昌樹・藤野滋弘(2013):2011年東北地方太平洋沖地震津波により茨城県・千葉県沿岸低地に形成された津波堆積物の堆積学的特徴, 堆積学研究, 第72巻, 第1号, 13-25
17. 後藤和久・菅原大助・西村裕一・藤野滋弘・小松原純子・澤井祐紀・清水康博(2017):津波堆積物の認定手順, 津波工学研究報告, 第33号, p.45-54
18. 澤井祐紀・穴倉正展・岡村行信・高田圭太・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎・藤原治・佐竹健治・鎌滝孝信・佐藤伸枝(2007):ハンディジョスライサーを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, No.7, pp.47-80
19. 澤井祐紀・穴倉正展・小松原純子(2008):ハンドコアラを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, No.8, pp.17-70
20. 穴倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than TinAung・石山達也・藤原治・藤野滋弘(2007):石巻平野における津波堆積物の分布と年代, 活断層・古地震研究報告, No.7, pp.31-46
21. 内閣府中央防災会議 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(2006):日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報告について
22. 藤原治・鎌滝孝信・田村亨(2003):内湾における津波堆積物の粒度分布と津波波形との関連—房総半島南端の完新統の例—, 第四紀研究, 42(2), p.67-81
23. Koji Minoura, Shinichi Hirano, Tsutomu Yamada(2013):Identification and possible recurrence of an oversized tsunami on the Pacific coast of northern Japan, Nat Hazards 68:631-643, Springer, DOI 10.1007/s11069-013-0640-z
24. 穴倉正展・藤原治・澤井祐紀・行谷佑一・谷川晃一郎(2012):2011年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の仙台・石巻平野における分布限界, 活断層・古地震研究報告, No.12, pp.45-61
25. 谷川晃一郎・澤井祐紀・穴倉正展・藤原治・行谷佑一・松本弾(2013):青森県太平洋岸で検出された津波堆積物, 日本第四紀学会講演要旨集, No.43, 16-17
26. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター:津波堆積物データベース, https://gbank.gsj.jp/tsunami_deposit_db
27. 鎌田隆史・菅原大助・箕浦幸治・根本直樹・山田努(2015):猿ヶ森砂丘に挟在する再堆積層の成因:下北半島後期完新世砂丘の起源の考察, 日本地質学会第122年学術大会, 講演要旨, R21-O-4
28. 文部科学省(2012):根室沖等の地震に関する調査研究 成果報告書(平成23年度)
29. 菅原大助・今村文彦・松本秀明・後藤和久・箕浦幸治(2011):地質学的データを用いた西暦869年貞観地震津波の復元について, 自然災害科学, 29-4, pp.501-516
30. 菅原大助・今村文彦・松本秀明・後藤和久・箕浦幸治(2013):貞観津波と東日本大震災の津波, 東日本大震災を分析する2 震災と人間・まち・記録, 明石書店, pp.179-188
31. 行谷佑一・佐竹健治・山木滋(2010):宮城県石巻・仙台平野および福島県請戸川河口低地における869年貞観地震津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No.10, pp.1-21
32. 文部科学省研究開発局・国立大学法人東北大学大学院理学研究科・国立大学法人東京大学地震研究所・独立法人産業技術総合研究所(2010):宮城県沖地震における重点的調査観測総括成果報告書, p.39

参考文献③

33. 菅原大助(2014):津波堆積物と津波の規模について, 地学雑誌, 123(6), 797-812
34. 岡村行信・行谷佑一(2011):17世紀に発生した千島海溝の連動型地震の再検討, 活断層・古地震研究報告, No.11, p.15-20
35. KOICHIRO TANIGAWA, YUKI SAWAI, MASANOBU SHISHIKURA, YUICHI NAMEGAYA and DAN MATSUMOTO (2014): Geological evidence for an unusually large tsunami on the Pacific coast of Aomori, Northern Japan, JOURNAL OF QUATERNARY SCIENCE, 29(2), 200-208, DOI: 10.1002/jqs.2690
36. Koji Minoura, Shu Nakaya and Masao Uchida(1994):Tsunami deposits in a lacustrine sequence of the Sanriku coast, northeast Japan, Sedimentary Geology,89, 25-31
37. 谷川晃一郎(2017):青森県六ヶ所村平沼における津波堆積物調査, 活断層・古地震研究報告, No.17, p.1-14
38. 谷川晃一郎・澤井祐紀・宍倉正展・藤原治・行谷佑一(2014):青森県三沢市で検出されたイベント堆積物, 第四紀研究, 53(1), p.55-62
39. 宍倉正展(2013):1960年チリ地震(Mw 9.5)の履歴と余効変動, 地震予知連絡会 会報, 第89巻, 12-7
40. Kusala Rajendran(2013):On the recurrence of great subduction zone earthquakes, CURRENT SCIENCE, VOL.104, NO.7,pp.880-892
41. 佐竹建治(2013):第197回地震予知連絡会 重点検討課題「世界の巨大地震・津波」概要, 地震予知連絡会 会報, 第89巻, 12-6
42. Robert C. Witter, Yinglong Zhang, Kelin Wang, Chris Goldfinger, George R. Priest and Jonathan C. Allan (2012):Coseismic slip on the southern Cascadia megathrust implied by tsunami deposits in an Oregon lake and earthquake-triggered marine turbidites,JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.117, B10303
43. 岸本清行(2000):海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成:Japan250m.grd, 地質調査所研究資料集353, 地質調査
44. Tetsuzo Seno (2014):Stress drop as a criterion to differentiate subduction zones where Mw 9 earthquakes can occur , Tectonophysics 621 , 198-210
45. 内閣府(2012):南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について(第一次報告) 巻末資料, 南海トラフの巨大地震モデル検討会
46. 杉野英治・岩渕洋子・橋本紀彦・松末和之・蛭沢勝三・亀田弘行・今村文彦(2014):プレート間地震による津波の特性化波源モデルの提案, 日本地震工学会論文集, 第14巻, 第5号
47. 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるデータ(<http://www.coastal.jp/ttjt/>), 2012/12/29
48. 公益社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会(2016):原子力発電所の津波評価技術 2016
49. 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫(1998):GISを利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.356-360
50. Mansinha, L. and D.E. Smylie(1971):The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.61, No.5,pp.1433-1440
51. 杉野英治・呉長江・是永真理子・根本信・岩渕洋子・蛭沢勝三(2013):原子力サイトにおける2011東北地震津波の検証, 日本地震工学会論文集, 第13巻, 第2号(特集号)
52. Changjiang Wu, Hideaki Tsutsumi, Hongjun Si, Yusuke Saijo(2012): Rupture Process of the 2011 Mw9.0 Tohoku Earthquake And Strong Motion Simulation from the Viewpoint of NPP Seismic Design,15th World Conference on Earthquake Engineering

参考文献④

53. Satoko Murotani, Kenji Satake, Yushiro Fujii (2013) : Scaling relations of seismic moment, rupture area, average slip and asperity size for M \sim 9 subduction zone earthquakes, *Geophysical Research Letters*, Vol.40, pp.5070–5074
54. Toshiya Fujiwara, Shuichi Kodaira, Tetsuo No, Yuka Kaiho, Narumi Takahashi, Yoshiyuki Kaneda (2011) : The 2011 Tohoku–Oki Earthquake: Displacement Reaching the Trench Axis, *SCIENCE*, VOL 334
55. Kenji Satake, Yushiro Fujii, Tomoya Harada, and Yuichi Namegaya (2013) : Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 103, No. 2B, pp. 1473–1492, doi:10.1785/0120120122
56. 東北電力株式会社 (2011) : 女川原子力発電所における平成23年東北地方太平洋沖地震により発生した津波の調査結果に関わる報告書, 2011年7月
57. 長谷川昭 (2015) : 2011年東北沖地震の震源域で何が起きたか? – 東北沖地震の発生機構 –, *地震ジャーナル*, 60号
58. Tetsuro Tsuru, Jin–Oh Park, Seiichi Miura, Shuichi Kodaira, Yukari Kido, Tsutomu Hayashi (2002) : Along–arc structural variation of the plate boundary at the Japan Trench margin: Implication of interplate coupling, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 107, NO. B12, 2357, doi:10.1029/2001JB001664
59. Koichiro Obana, Shuichi Kodaira, Masanao Shinohara, Ryota Hino, Kenji Uehira, Hajime Shiobara, Kazuo Nakahigashi, Tomoaki Yamada, Hiroko Sugioka, Aki Ito, Yasuyuki Nakamura, Seiichi Miura, Tetsuo No, Narumi Takahashi (2013) : Aftershocks near the updip end of the 2011 Tohoku–Oki earthquake, *Earth and Planetary Science Letters*, 382, 111–116, doi.org/10.1016/j.epsl.2013.09.007
60. 文部科学省測地学分科会 (2014) : 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」平成25年度年次報告 (機関別), 課題番号1205, アスペリティの特性解明に向けた観測研究
61. Satoshi Ide, Annemarie Baltay, Gregory C. Beroza (2011) : Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw9.0 Tohoku–Oki Earthquake, *Science*, vol. 332, 1426, DOI:10.1126/science.1207020
62. 井出哲 (2011) : 東北沖地震の二面性 – 浅部のすべり過ぎと深部の高周波震動 –, 東京大学大学院理学系学科, プレスリリース
63. Jeremy E. Kozdon and Eric M. Dunham (2013) : Rupture to the Trench: Dynamic Rupture Simulations of the 11 March 2011 Tohoku Earthquake, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.103, No.2B, pp.1275–1289, doi: 10.1785/0120120136
64. Aki Ito, Gou Fujie, Tetsuro Tsuru, Shuichi Kodaira, Ayako Nakanishi, Yoshiyuki Kaneda (2004) : Fault plane geometry in the source region of the 1994 Sanriku–oki earthquake, *Earth and Planetary Science Letters*, 223, 163–175
65. Yamanaka, Y. and M. Kikuchi (2004) : Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan inferred from regional seismic data, *J. Geophys. Res.*, 109, B07307, doi:10.1029/2003JB002683
66. 永井理子・菊地正幸・山中佳子 (2001) : 三陸沖における再来大地震の震源過程の比較研究 – 1968年十勝沖地震と1994年三陸はるか沖地震の比較 –, *地震*, 54, 267–280
67. Saeko Kita, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Tomomi Okada, Kei Katsumata, Youichi Asano and Takeshi Kimura (2014) : Detailed seismic attenuation structure beneath Hokkaido, northeastern Japan: Arc–arc collision process, arc magmatism, and seismotectonics, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 119(8), 6486–6511

参考文献⑤

68. Kazushige Obara, Yoshikatsu Haryu, Yoshihiro Ito, Katsuhiko Shiomi (2004) : Low frequency events occurred during the sequence of aftershock activity of the 2003 Tokachi–Oki earthquake; a dynamic process of the tectonic erosion by subducted seamount, *Earth Planets Space*, 56, 347–351 Sachiko Tanaka , Takanori Matsuzawa , and Youichi Asano(2019): Shallow Low-Frequency Tremor in the Northern Japan Trench Subduction Zone, *Geophysical Research Letters*, Vol.46, Issue.10, pp.5217–5224
69. Yukinobu Okamura, Takumi Tsujino, Kohsaku Arai, Tomoyuki Sasaki, Kenji Satake and Masato Joshima (2008): Fore arc structure and plate boundary earthquake sources along the southwestern Kuril subduction zone, *Journal of Geophysical Research*, Vol.113, B06305
70. Sachiko Tanaka , Takanori Matsuzawa , and Youichi Asano(2019): Shallow Low-Frequency Tremor in the Northern Japan Trench Subduction Zone, *Geophysical Research Letters*, Vol.46, Issue.10, pp.5217–5224
71. Saeko Kita, Tomomi Okada, Akira Hasegawa, Junichi Nakajima, Toru Matsuzawa (2010) : Anomalous deepening of a seismic belt in the upper-plane of the double seismic zone in the Pacific slab beneath the Hokkaido corner: Possible evidence for thermal shielding caused by subducted forearc crust materials, *Earth and Planetary Science Letters* 290, 415–426
72. 文部科学省(2008): プレート境界及びその周辺域の3次元地殻不均質構造の推定, 東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究, 平成20年度成果報告書, 3.1.1.2
73. Azusa Nishizawa, Kentaro Kaneda, Naoko Watanabe, and Mitsuhiro Oikawa (2009) : Seismic structure of the subducting seamounts on the trench axis: Erimo Seamount and Daiichi–Kashima Seamount, northern and southern ends of the Japan Trench, *Earth Planets Space*, 61, e5–e8
74. Tomoaki Nishikawa, Toru Matsuzawa, Kazuaki. Ohta, Naoki Uchida, Takuya. Nishimura, S. Ide(2019): The slow earthquake spectrum in the Japan Trench illuminated by the S-net seafloor observatories, *Science* 23, Vol. 365, Issue 6455, pp. 808–813
75. Takuya Nishimura, Tomowo Hirasawa, Shin'ichi Miyazaki, Takeshi Sagiya, Takashi Tada, Satoshi Miura and Kazuo Tanaka (2004) : Temporal change of interplate coupling in northeastern Japan during 1995–2002 estimated from continuous GPS observations, *Geophysical Journal International*, Vol.157, Issue 2, pp.901–916
76. Chihiro Hashimoto, Akemi Noda, Takeshi Sagiya and Mitsuhiro Matsu'ura (2009) : Interplate seismogenic zones along the Kuril–Japan trench inferred from GPS data inversion, *Nature Geoscience*, Vol.2, pp.141–144
77. Naoyuki Kato and Tetsuzo Seno (2003) : Hypocenter depths of large interplate earthquakes and their relation to seismic coupling, *Earth and Planetary Science Letters* 210, 53–63
78. P. Martin Mai, P. Spudich, and J. Boatwright (2005) : Hypocenter Locations in Finite–Source Rupture Models, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 95, No. 3, pp. 965–980, doi: 10.1785/0120040111
79. S.T.G. RAGHUKANTH and S. SANGEETHA (2016) : A stochastic model for earthquake slip distribution of large events, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, Vol. 7, No. 2, 493521, doi.org/10.1080/19475705.2014.941418
80. Diego Melgar and Gavin P. Hayes (2019) : The Correlation Lengths and Hypocentral Positions of Great Earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 109, No. 6, pp. 2582–2593, doi: 10.1785/0120190164

参考文献⑥

81. 杉野英治・岩渕洋子・阿部雄太(2017):破壊伝播特性の不確かさ影響を考慮した確率論的津波ハザード評価手法, 日本地震工学会論文集 第17巻, 第2号
82. Yushiro Fujii and Kenji Satake(2007):Tsunami Source of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake Inferred from Tide Gauge and Satellite Data, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97, No. 1A, pp. S192-S207, doi: 10.1785/0120050613YUSHIRO FUJII and KENJI SATAKE (2013): Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data, Pure and Applied Geophysics, DOI 10.1007/s00024-012-0524-2
83. 内閣府(2020a):日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について(概要報告), 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会
84. 内閣府(2020b):G空間情報センターHP, 内閣府 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討会/津波断層モデル(3)津波断層パラメータ(最終更新2020年12月16日), <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/2-003>
85. 河合弘泰・佐藤真・川口浩二・関克己(2011):GPS波浪計で捉えた平成23年東北地方太平洋沖地震津波, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.67, No.2, I_1291-I_1295
86. JAMSTEC(2012):海溝軸まで及んだ東北地方太平洋沖地震の地震断層を確認, プレスリリース
87. 奥村与志弘・後藤浩之(2013):海溝型地震の分岐断層破壊シナリオで発生する津波の特徴に関する一考察, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol.69, No.4(地震工学論文集第32巻), I_750-I_757
88. 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002):原子力発電所の津波評価技術
89. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2017):千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版)
90. R. McCaffrey(2008):Global Frequency of Magnitude 9 Earthquakes, Geology, DR2008063
91. 岸力(1969):1968年十勝沖地震調査報告, 津波—北海道東北沿岸—, 1968年十勝沖地震調査委員会編『1968年十勝沖地震調査報告』, pp.207-256
92. 相田勇(1986):津波波源の推定, 水工学シリーズ86-B-2, 土木学会水理委員会
93. 伊藤潔・大東明子(1996):地殻および上部マントルにおけるVp/Vs比, 日本地震学会講演予稿集, No.2, B83
94. 阿部勝征(2003):津波地震とは何か—総論—, 月刊 地球, Vol.25, No.5, pp.337-342
95. 阿部勝征(1988):津波マグニチュードによる日本付近の地震津波の定量化, 東京大学地震研究所彙報, Vol.63, pp.289-303
96. 阿部勝征(1999):遡上高を用いた津波マグニチュードMtの決定—歴史津波への応用—, 地震第2輯, 第52巻, pp.369-377
97. Katsuyuki Abe(1979):Size of Great Earthquakes of 1837-1974 Inferred From Tsunami Data, Journal of Geophysical Research, Vol. 84, No.B4
98. Katsuyuki Abe(1985):Quantification of major earthquake tsunamis of the Japan Sea, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 38,214-223
99. 宇津徳治(1999):地震活動概説, 東大出版会, 876pp
100. Katsuyuki Abe(1981):Physical size of tsunamigenic earthquakes of the northwestern Pacific, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 27,194-205
101. Hiroo Kanamori(1972):Mechanism of tsunami Earthquakes, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 6, 346-359

参考文献⑦

102. 防災科学技術研究所(2009):「地すべり地形分布図第42集「野辺地・八戸」」, 地すべり地形分布図データベース, 防災科学技術研究所研究資料, 第329号, <http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/pdfview/s42-index.html>
103. B.G.McAdoo,L.F.Pratson,D.L.Orange(2000): Submarine landslide geomorphology, US continental slope, Marine Geology,169, 103-136
104. 海上保安庁 日本海洋データセンター: 海洋観測データ, https://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html
105. 相田勇(1977): 三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, Vol.52, pp.71-101
106. 羽鳥徳太郎(2000): 三陸沖歴史津波の規模の再検討, 津波工学研究報告17, pp.39-48
107. 伊木常誠(1897): 三陸地方津浪実況取調報告, 震災予防調査会報告, 第11号, pp.5-34
108. 松尾春雄(1933): 三陸津浪調査報告, 内務省土木試験所報告, 第24号, pp.83-112
109. 地震研究所(1934): 昭和8年3月3日三陸地方津浪に関する論文及報告, 東京帝国大学地震研究所彙報, 別冊第1号