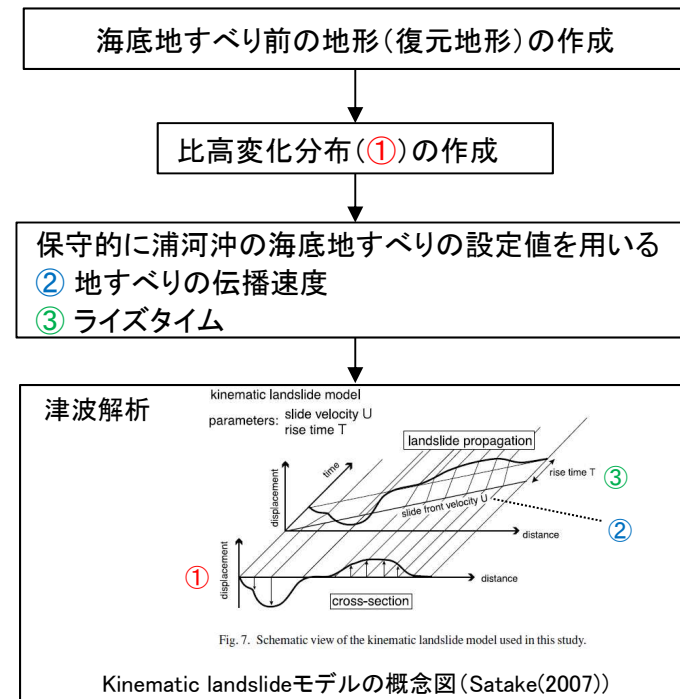
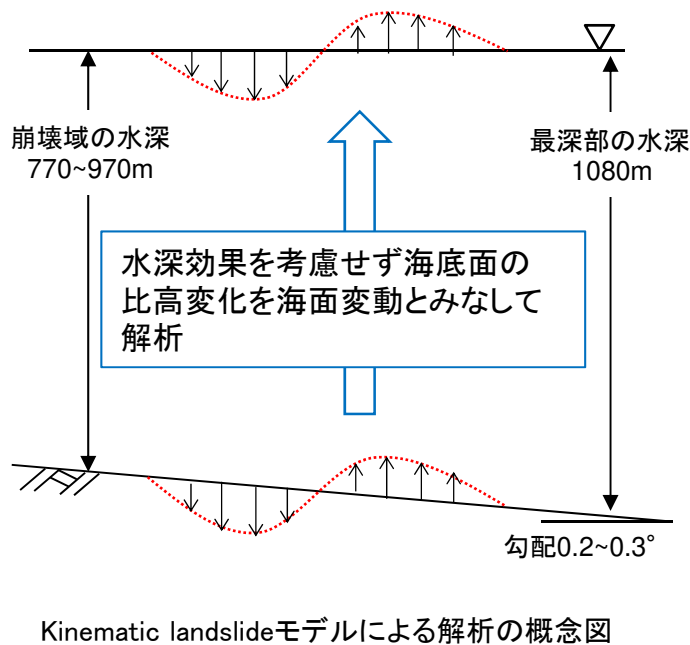


V. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 保守的な条件設定による影響検討: 検討方針

S209

- ・ 尻屋崎沖の海底地すべりは、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ため、津波高さに影響がある水深効果を考慮せず、地すべりの伝播速度及びライズタイムを任意に設定できるKinematic landslideモデルを用いて、影響検討を実施する。
- ・ 津波解析は、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発生の2ケースを対象とする。
- ・ Kinematic landslideモデルに用いる伝播速度及びライズタイムの設定について、尻屋崎沖の海底地すべりの発生形態は並進すべり型であり、円弧すべり型の浦河沖の海底地すべりの伝播速度及びライズタイムよりも遅いと考えられるが、保守的に浦河沖の海底地すべりにおいて設定した地すべり伝播速度及びライズタイムを用いる。



解析フロー

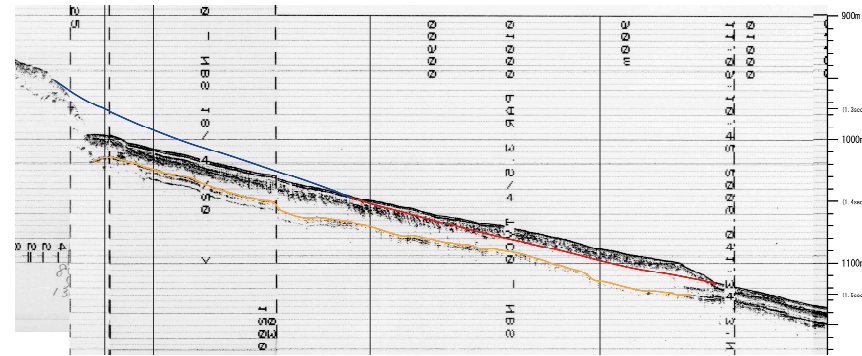
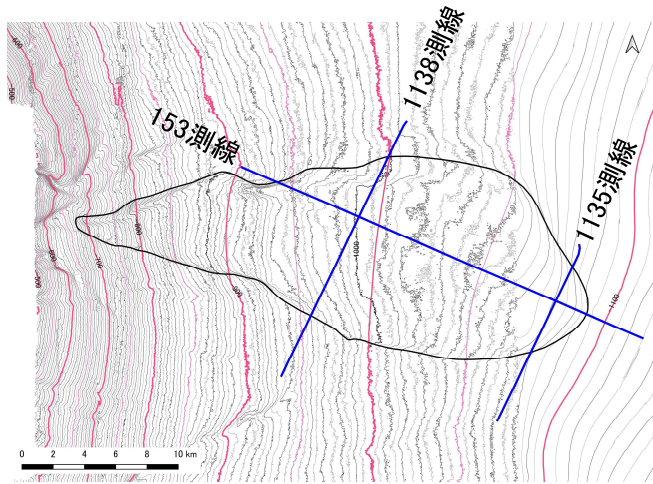
V. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 保守的な条件設定による影響検討: 地すべり地形判読結果

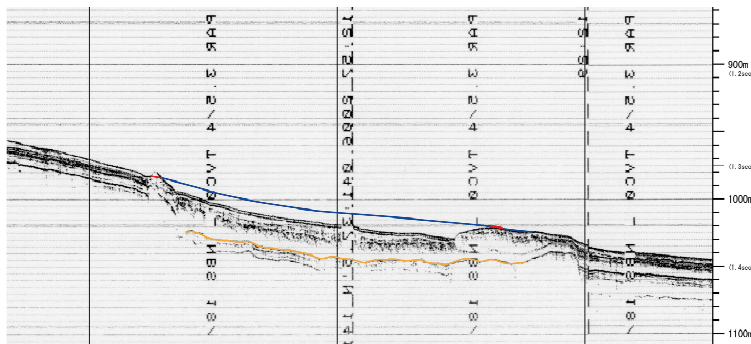
S209

- 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。

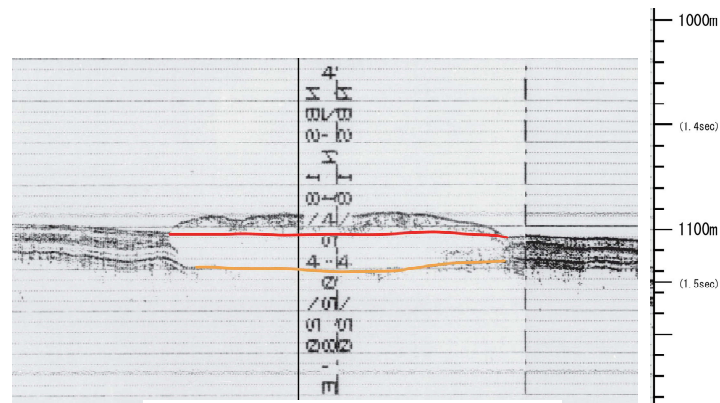
【海底地すべり前後の等深線図及び海上音波探査記録を用いた崩壊域、堆積域及びすべり面の推定結果】



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

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 尻屋崎沖の海底地すべり

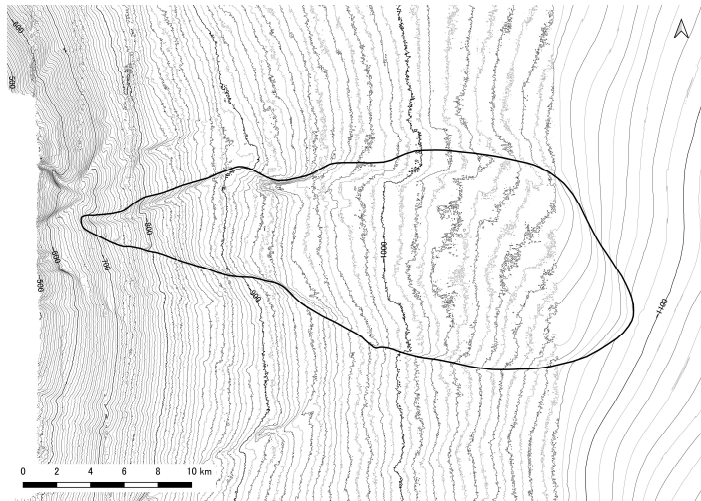
3.2.3 保守的な条件設定による影響検討: 地すべり地形判読結果

S209

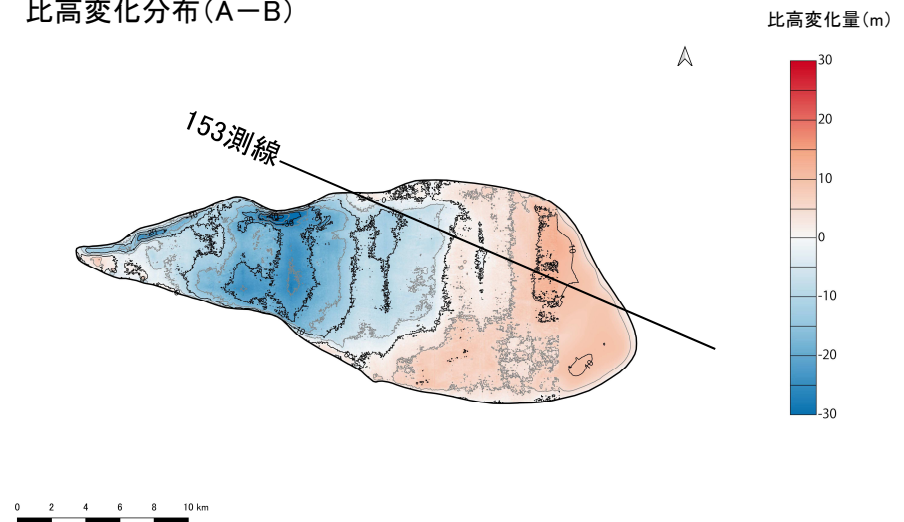
■ Kinematic landslideモデルに用いる比高変化分布の作成

- 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。

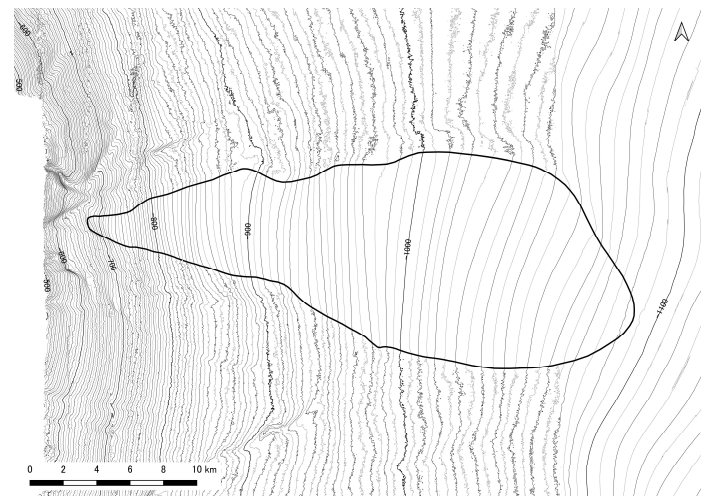
海底地すべり地形(現地形)(A)



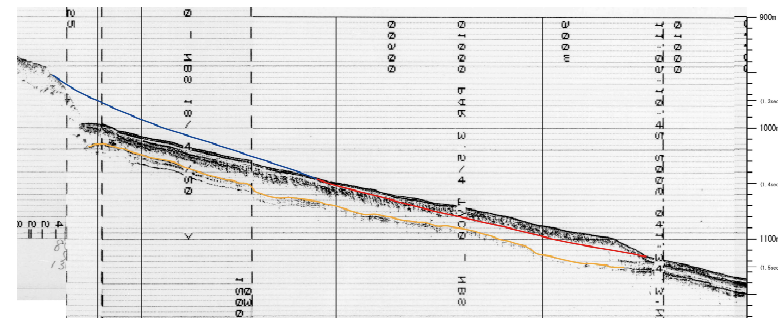
比高変化分布(A-B)



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

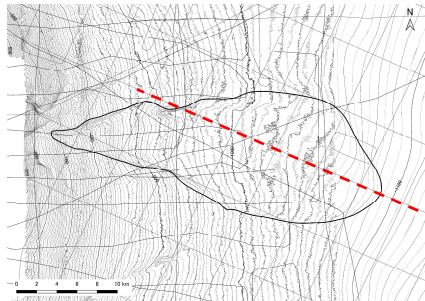
3.2.3 保守的な条件設定による影響検討: 地すべりの伝播速度およびライズタイムの設定

■ Kinematic landslideモデルに用いる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の音波探査記録を以下に示す。
- ・ 尻屋崎沖の海底地すべりの勾配(0.2~0.3°程度)は浦河沖の勾配(5~15°程度)よりも緩く、かつ地すべり規模も小さい。また、尻屋崎沖の海底地すべり発生形態は並進すべり型であり、円弧すべり型の浦河沖の海底地すべりの伝播速度及びライズタイムよりも遅いと考えられるが (Posamentier and Martinsen (2011)), 保守的に浦河沖の海底地すべりの地すべり伝播速度6m/s, ライズタイム5分(300秒)を用いる*。

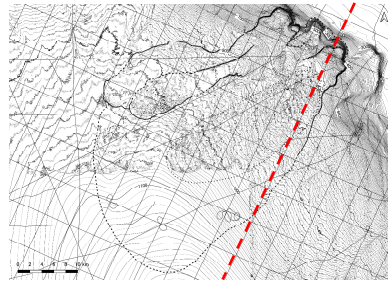
*: 地すべり伝播速度及びライズタイム設定の詳細については、本資料「II. 地震以外に起因する津波の評価 1. 地すべり及び斜面崩壊 1.4 海底地すべりに起因する津波の評価」に記載

尻屋崎沖の海底地すべり

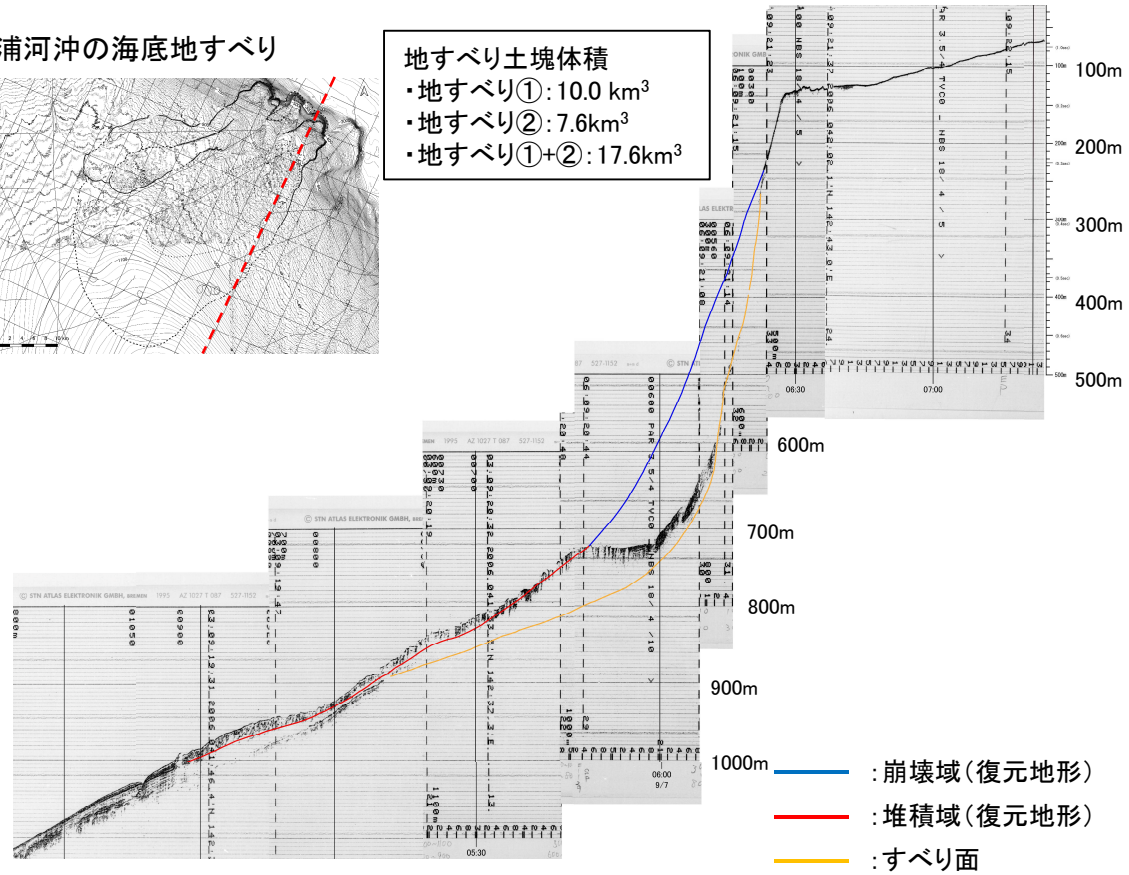
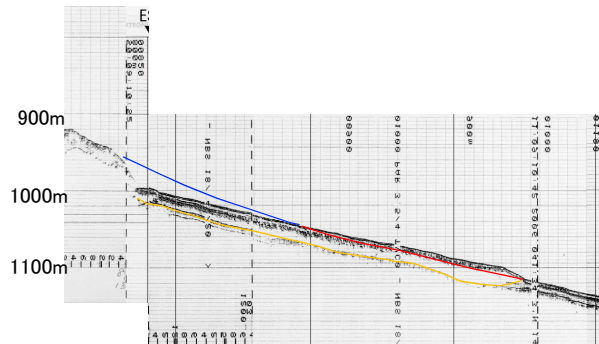


地すべり土塊体積: 6.5km³

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

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 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 保守的な条件設定による影響検討:解析結果(尻屋崎沖の海底地すべり単独)

■津波解析(Kinematic landslideモデル):解析結果(1/2)

- ・ 尻屋崎沖の海底地すべり単独に伴う津波の最大水位上昇量及び最大水位下降量を以下に示す。
- ・ 尻屋崎沖の海底地すべりは、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、Kinematic landslideモデルを用いて、保守的な条件で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
尻屋崎沖の海底地すべり	0.22	0.20	0.20	0.00

【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 ^{※2} を下回る時間(分)
尻屋崎沖の海底地すべり	-0.20	— ^{※3}

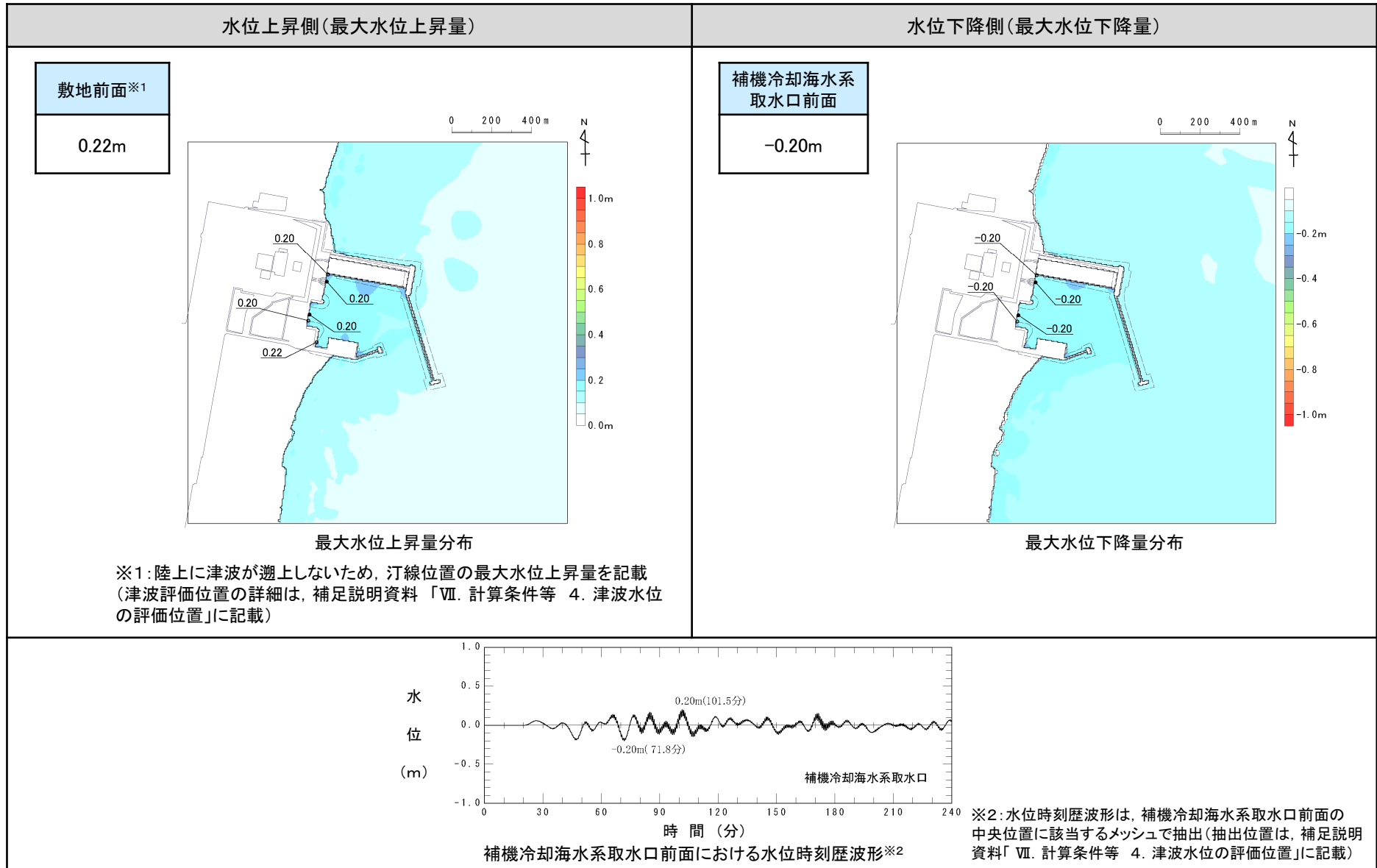
※1:陸上に津波が遡上しないため、汀線位置の最大水位上昇量を記載(津波評価位置の詳細は、補足説明資料「VII. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置」に記載)

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

※3:取水口敷高(T.P.-4.0m)を下回らない。

3.2.3 保守的な条件設定による影響検討:解析結果(尻屋崎沖の海底地すべり単独)

■津波解析(Kinematic landslideモデル):解析結果(2/2)



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 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 保守的な条件設定による影響検討:解析結果(浦河沖と尻屋崎沖の海底地すべりの同時発生)

S209

■津波解析(Kinematic landslideモデル):解析結果

- 浦河沖と尻屋崎沖の同時発生に伴う津波と、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、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いと考えられる。

【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※1	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海 底地すべりの同時発生	1.61	1.54	1.57	0.00
浦河沖の海底地すべり	1.61	1.55	1.58	0.00

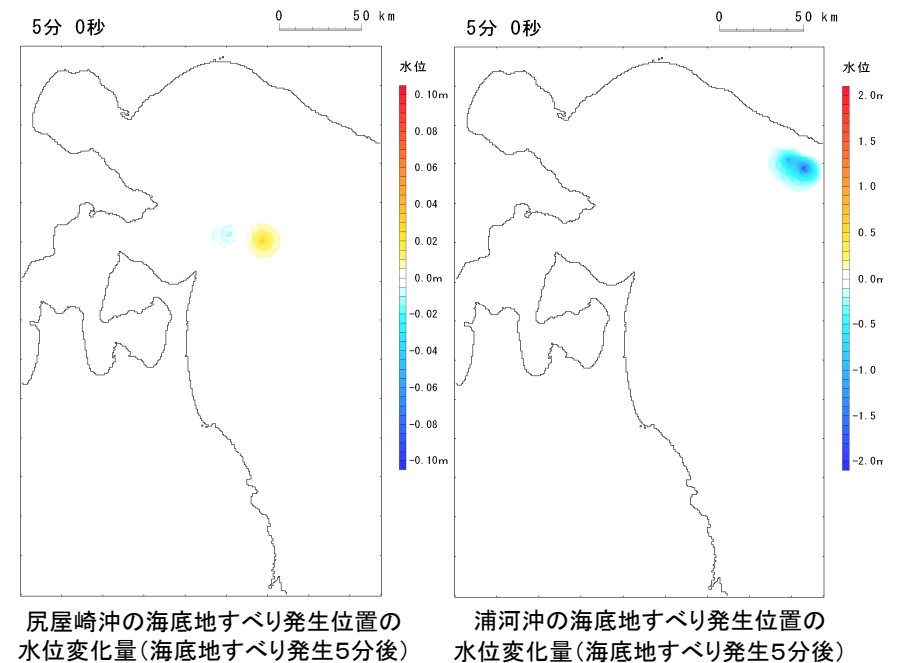
【水位下降側】

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※2を下回る時 間(分)
浦河沖と尻屋崎沖の海 底地すべりの同時発生	-1.25	—※3
浦河沖の海底地すべり	-1.24	—※3

※1:陸上に津波が遡上しないため、汀線位置の最大水位上昇量を記載(津波評価位置の詳細は、補足説明資料「Ⅶ. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置」に記載)

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

※2:取水口敷高(T.P.-4.0m)を下回らない。

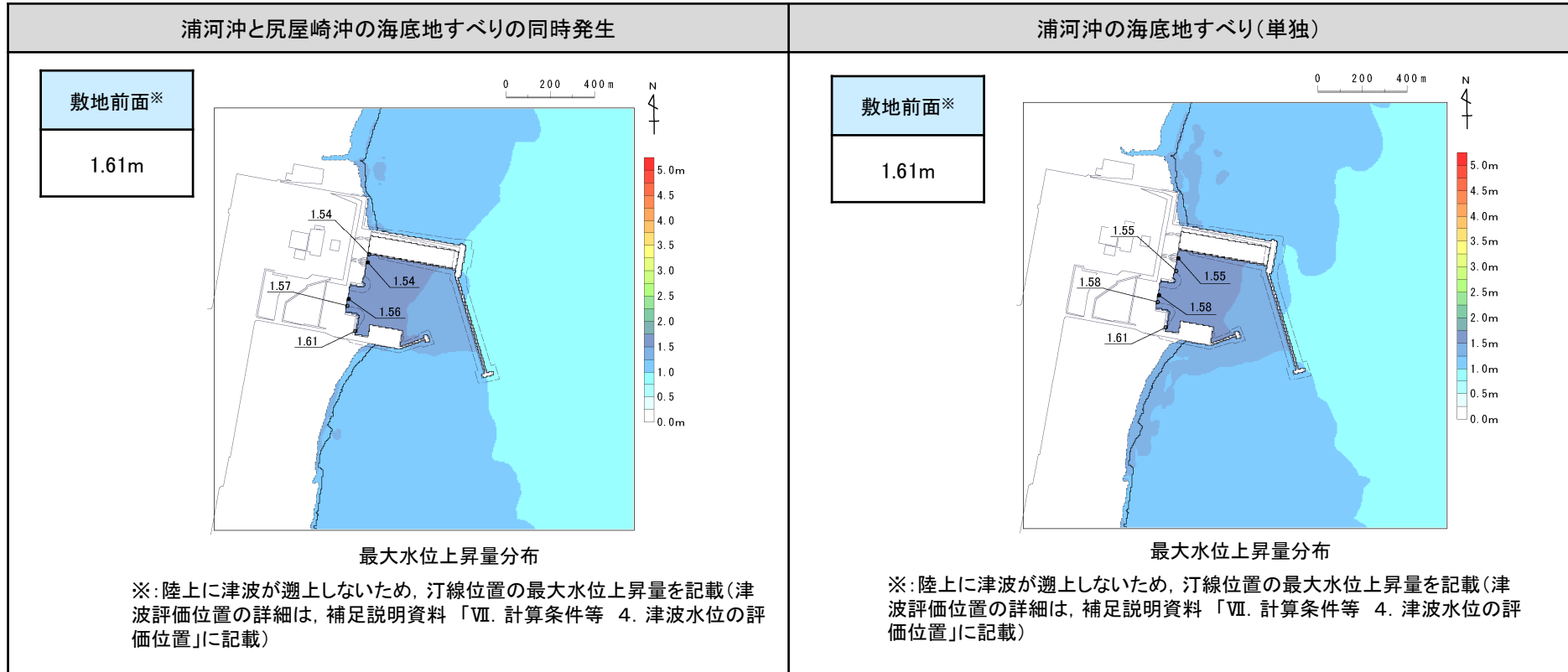


V. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 保守的な条件設定による影響検討:解析結果(浦河沖と尻屋崎沖の同時発生と浦河沖の海底地すべり(単独)の比較)

S209

■津波解析(Kinematic landslideモデル):解析結果 最大水位上昇量分布

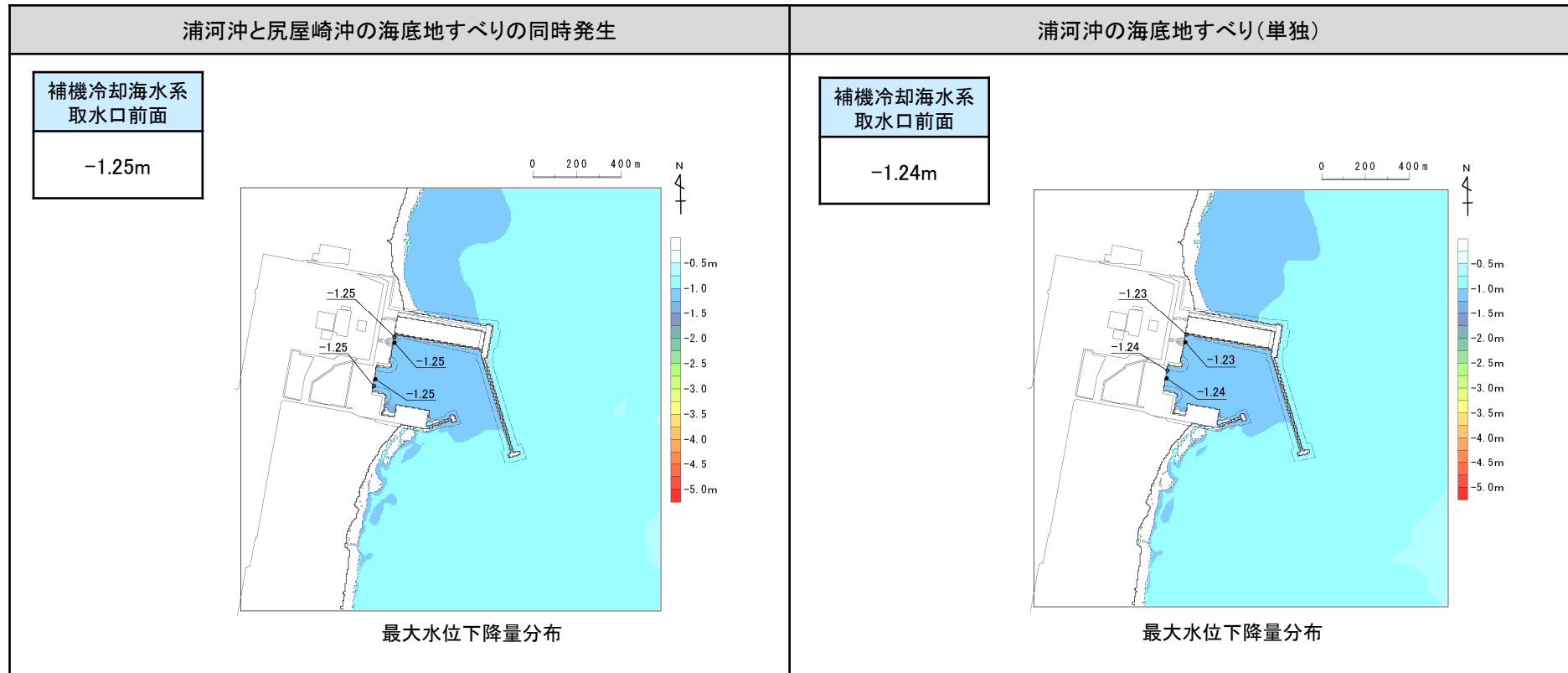


V. 地震以外に起因する津波の評価 3. 日高舟状海盆の海底地すべり 3.2 尻屋崎沖の海底地すべり

3.2.3 保守的な条件設定による影響検討: 解析結果(浦河沖と尻屋崎沖の同時発生と浦河沖の海底地すべり(単独)の比較)

S209

■津波解析(Kinematic landslideモデル): 解析結果 最大水位下降量分布



VI. 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. 評価対象とする津波の選定

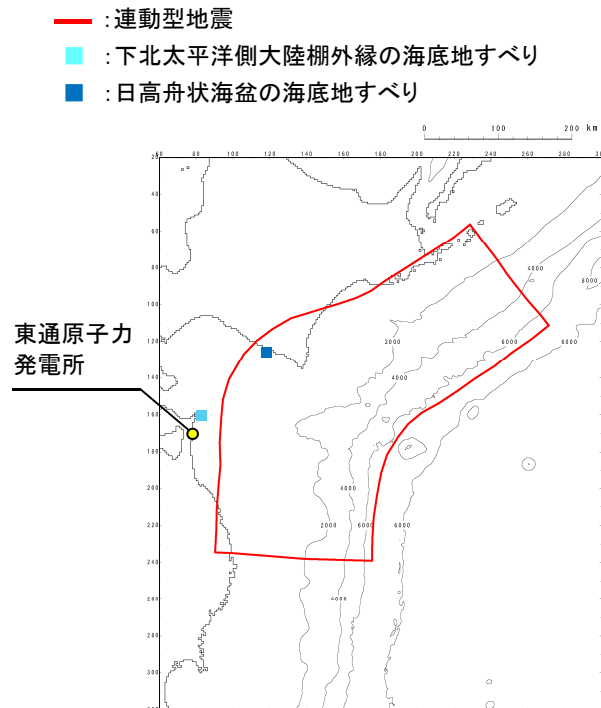
- 1. 1 評価対象とする海底地すべりに起因する津波の妥当性の確認方法
- 1. 2 津波高さの比較

VI. 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. 評価対象とする津波の選定

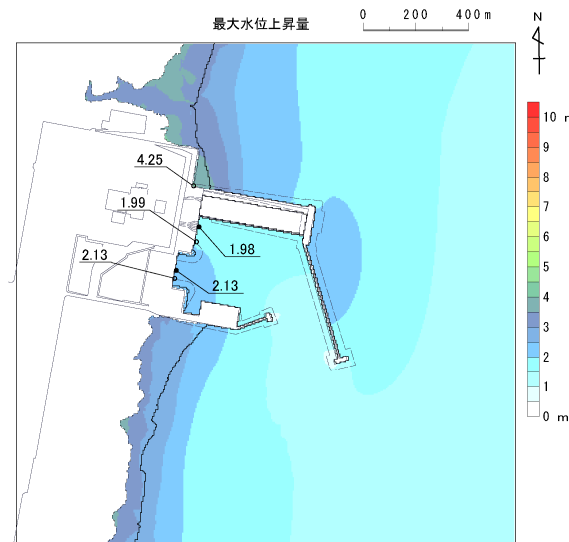
1.1 評価対象とする海底地すべりに起因する津波の妥当性の確認方法

S210

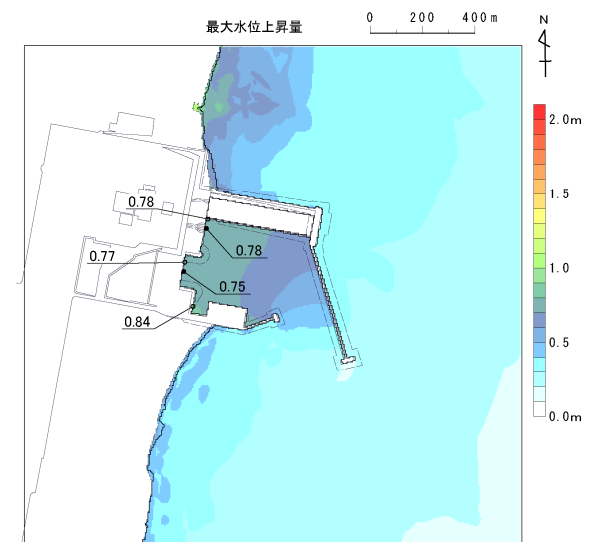
- 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」の活動により励起される可能性がある海底地すべりは、発電所の津波高さ及び補機冷却海水系取水口敷高を下回る継続時間に与える影響が最も大きい「日高舟状海盆の海底地すべり」のほか、「下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり」がある。
- 日高舟状海盆の海底地すべりを組合せ対象として選定することの妥当性について、下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりは陸上に遡上しないことを踏まえ、補機冷却海水系取水口前面の水位時刻歴波形の線形足し合わせによる最大水位上昇量及び最大水位下降量の比較から確認する。



■ 最大水位上昇量分布の比較



日高舟状海盆の海底地すべり
(浦河沖の海底地すべり, 二層流モデル)



下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり
(SLS-2, 二層流モデル)

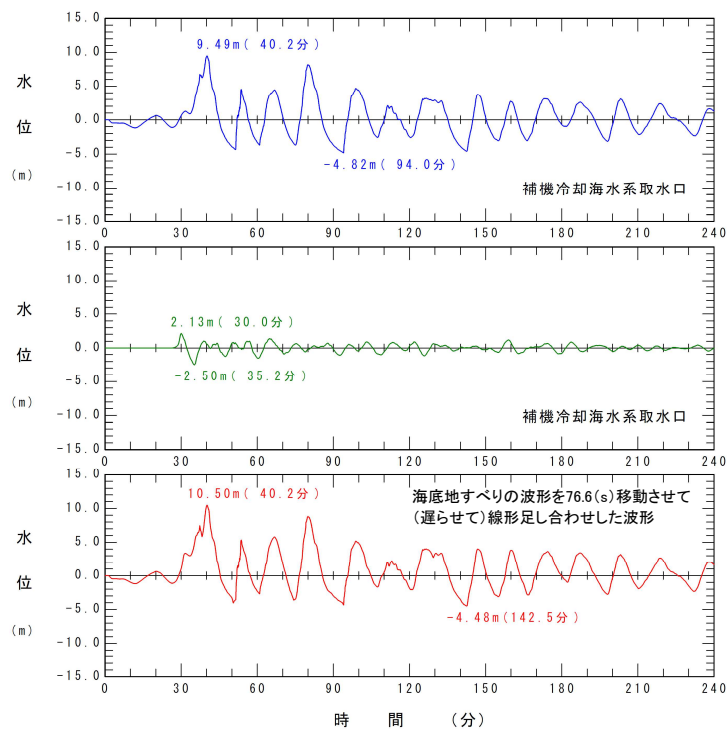
1.2 津波高さの比較

■ 水位上昇側: 基準断層モデル①

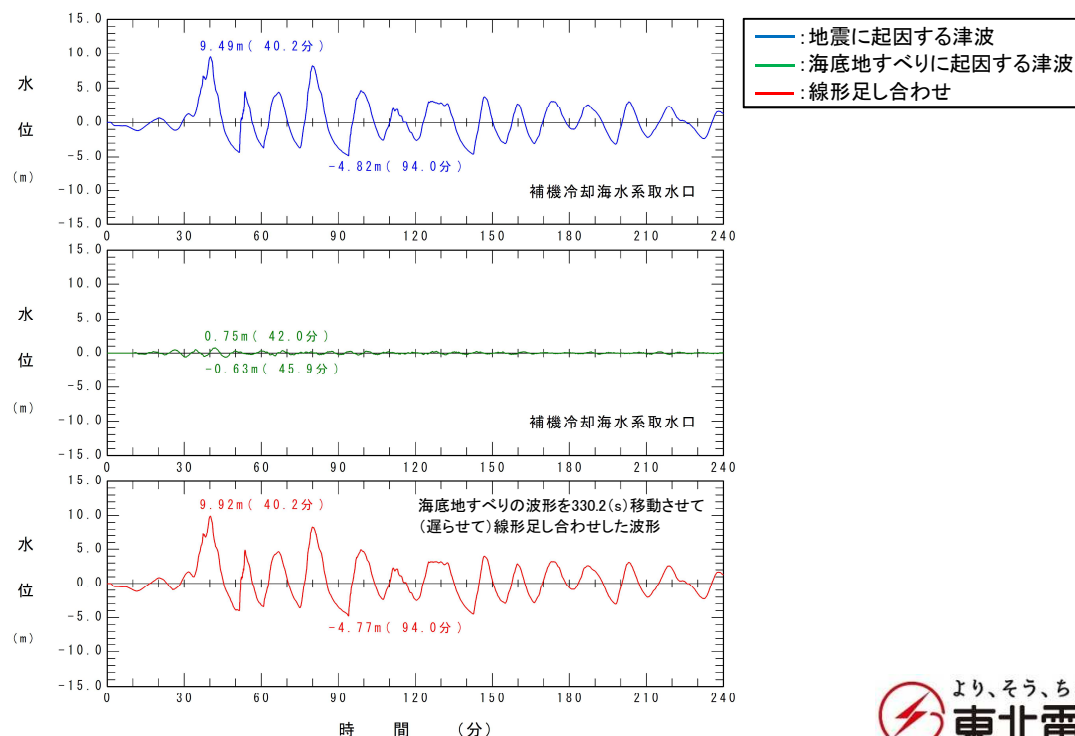
- 連動型地震と各海底地すべりの線形足し合わせによる最大水位上昇量の比較を以下に示す。
- 最大水位上昇量は日高舟状海盆の海底地すべりの方が大きいことから、組合せの評価対象として妥当であることを確認した。

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	日高舟状海盆 浦河沖の海底地すべり(二層流モデル)	76.0(s) ~ 339.9(s)	76.6 (s)	+10.50 (m)
	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)	+9.92 (m)

【日高舟状海盆の海底地すべりとの組合せ】



【下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりとの組合せ】



VI. 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. 評価対象とする津波の選定

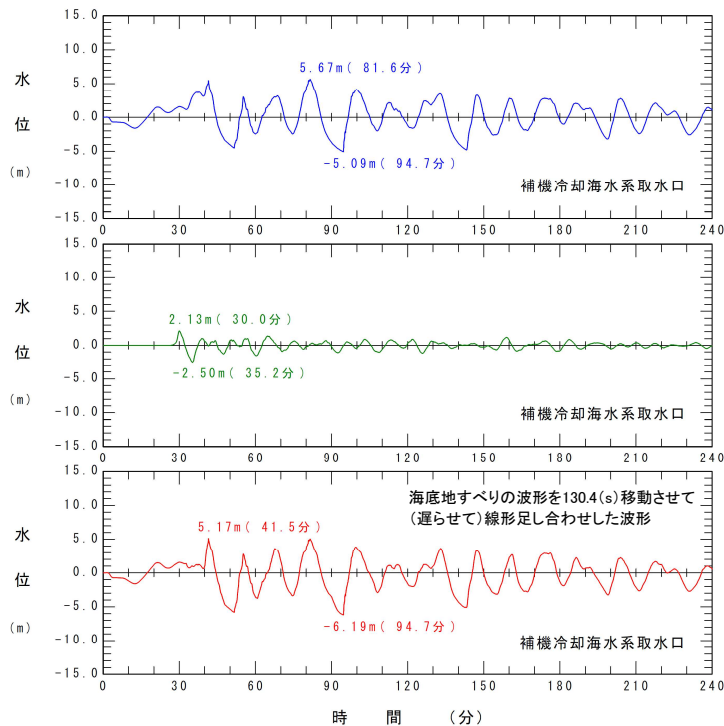
1.2 津波高さの比較

■水位下降側: 基準断層モデル②

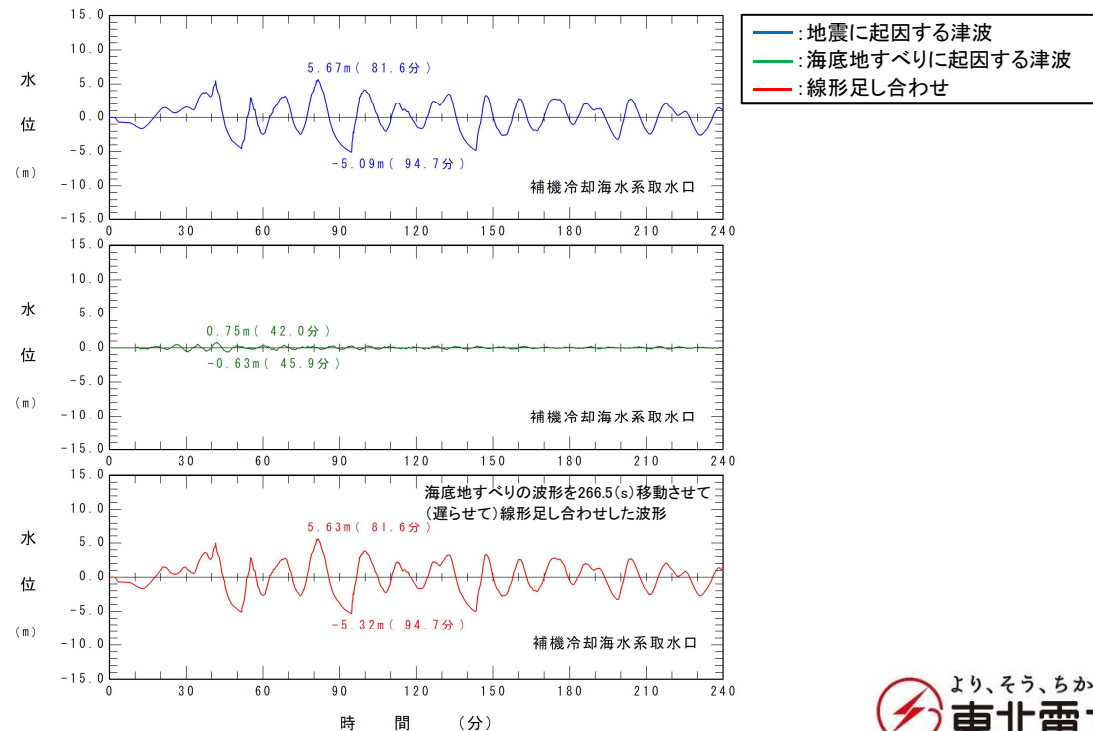
- 連動型地震と各海底地すべりの線形足し合わせによる最大水位下降量の比較を以下に示す。
- 最大水位下降量は日高舟状海盆の海底地すべりの方が大きいことから、組合せの評価対象として妥当であることを確認した。

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②	日高舟状海盆 浦河沖の海底地すべり(二層流モデル)	45.2(s)~268.1(s)	130.4(s)	-6.19(m)
	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)	266.5(s)	-5.32(m)

【日高舟状海盆の海底地すべりとの組合せ】



【下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりとの組合せ】



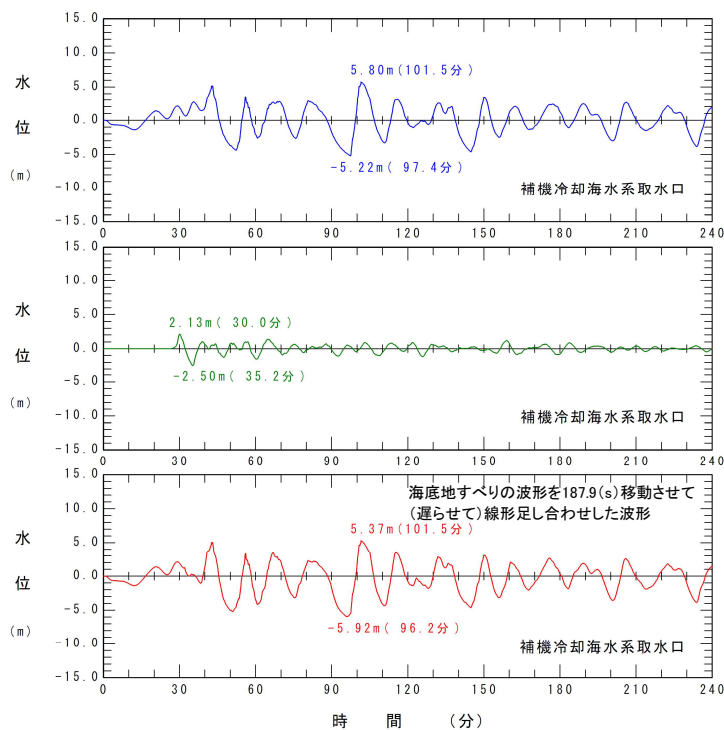
1.2 津波高さの比較

■水位下降側: 基準断層モデル③

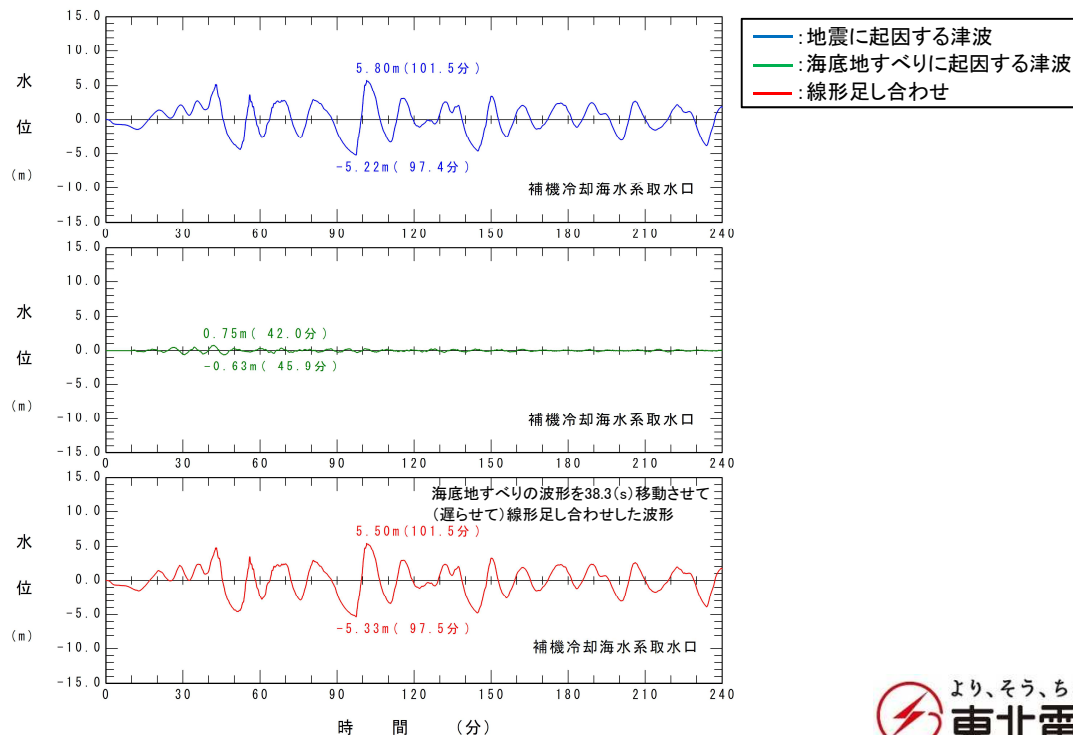
- 連動型地震と各海底地すべりの線形足し合わせによる最大水位下降量の比較を以下に示す。
- 最大水位下降量は日高舟状海盆の海底地すべりの方が大きいことから、組合せの評価対象として妥当であることを確認した。

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	日高舟状海盆 浦河沖の海底地すべり(二層流モデル)	17.9(s)~187.9(s)	187.9(s)	-5.92 (m)
	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)

【日高舟状海盆の海底地すべりとの組合せ】



【下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりとの組合せ】



VII. 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. 水位下降側の評価方法
6. 想定津波群の作成方法
7. 津波伝播特性の検討

Ⅶ. 計算条件等

1. 潮位条件

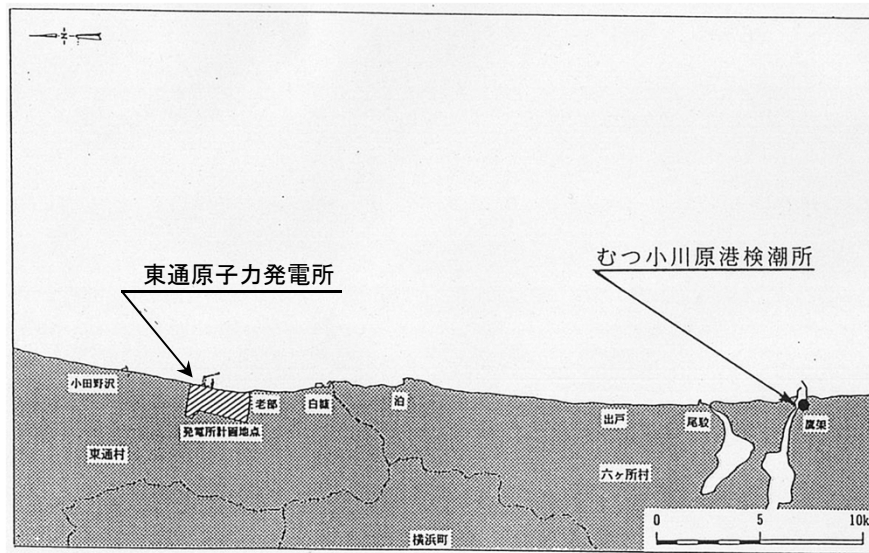
1. 1 潮位条件

1. 2 朔望平均潮位の妥当性

Ⅶ. 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

Ⅶ. 計算条件等 1. 潮位条件

1.2 朔望平均潮位の妥当性

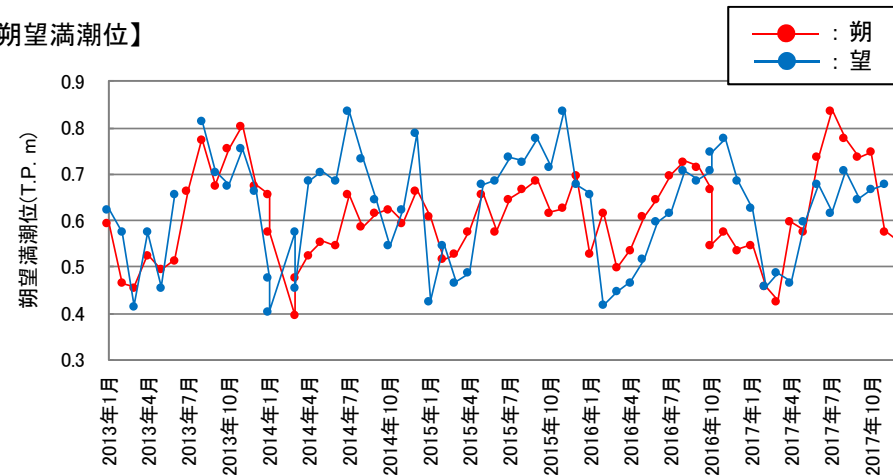
- 近年(2013年~2017年)の観測記録※を用いて朔望平均潮位を算定した結果、朔望平均満潮位はT.P.+0.66m、朔望平均干潮位はT.P.-0.81mであり、基準津波評価で考慮している朔望平均潮位と有意な差がないことを確認した。

※: 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。

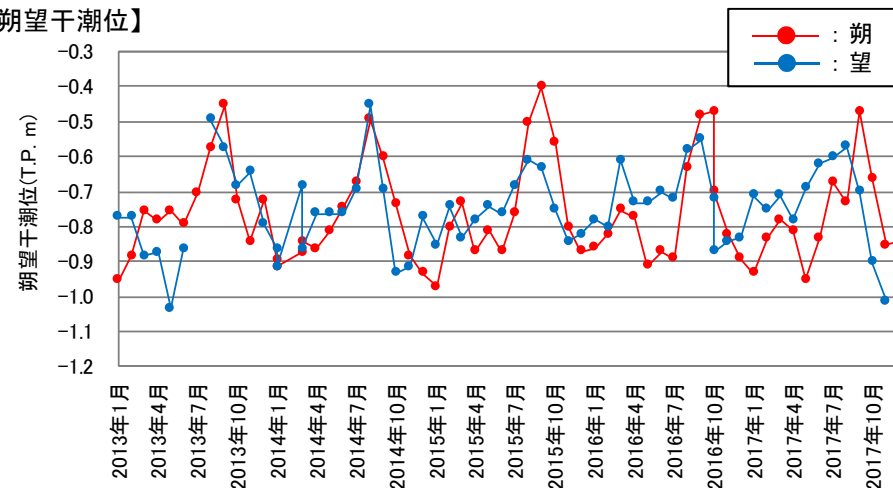
朔望平均潮位の比較

	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

Ⅶ. 計算条件等

2. 津波解析条件

2. 1 計算条件

2. 2 計算領域

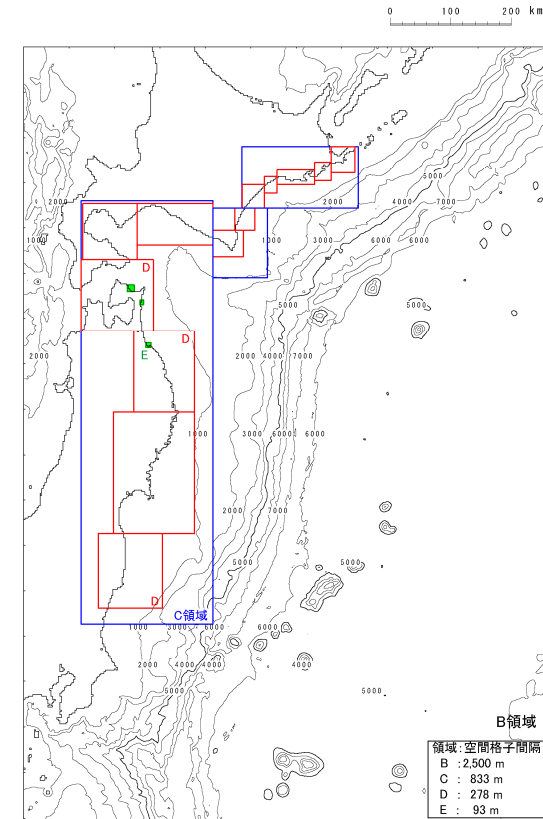
Ⅶ. 計算条件等 2. 津波計算条件

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						

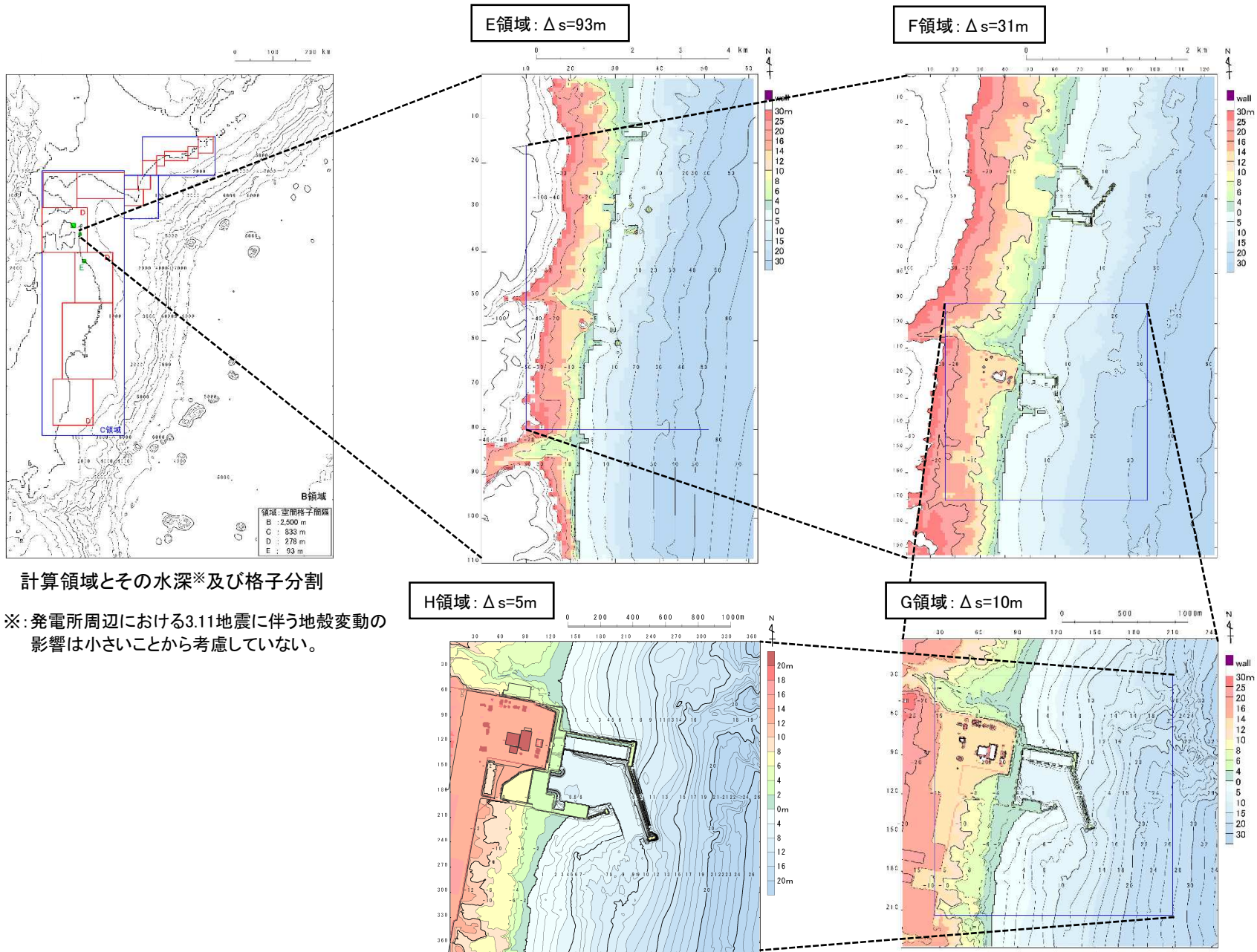


計算領域^{*2}とその水深及び格子分割

※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



Ⅶ. 計算条件等

3. 既往津波の再現解析

- 3. 1 計算領域
- 3. 2 評価方法
- 3. 3 評価結果

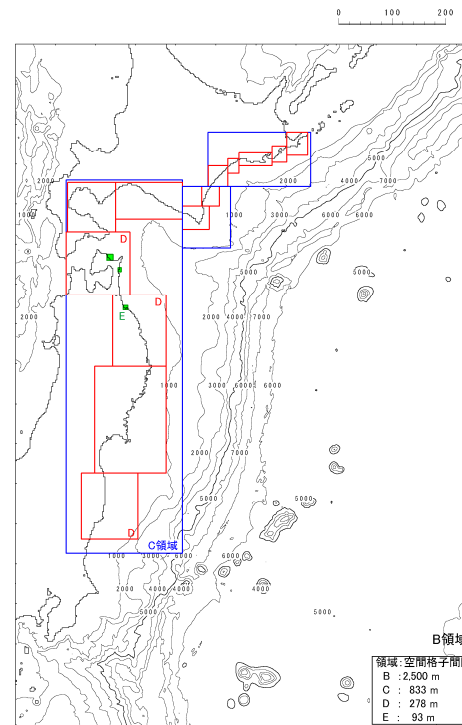
Ⅶ. 計算条件等 3. 既往津波の再現解析

3.1 計算領域

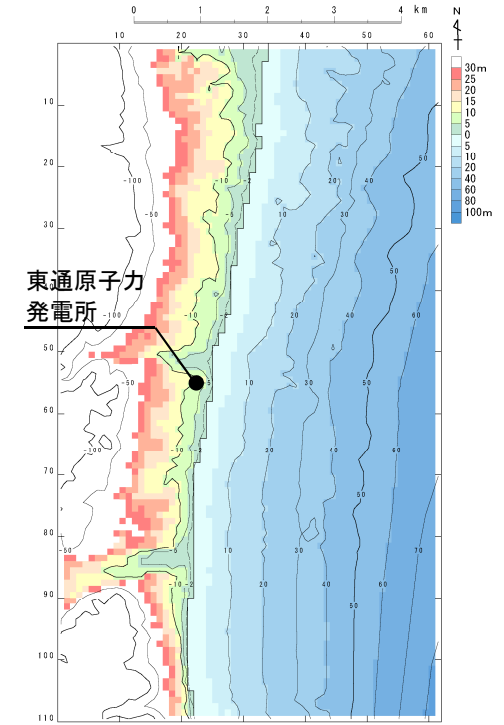
- ・ 数値シミュレーションの手法の妥当性を確認するために、既往津波の再現解析を実施した。
- ・ 再現解析は、次の計算条件等に基づき実施した。

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

Ⅶ. 計算条件等 3. 既往津波の再現解析

3.2 評価方法

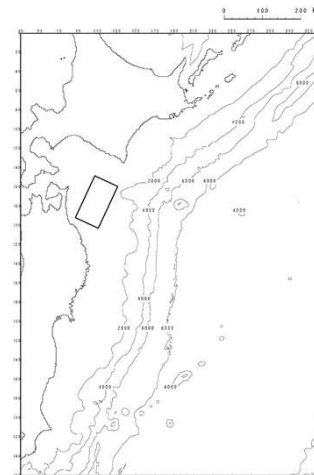
- ・ 再現性の評価は、各地点における既往津波高と数値シミュレーションによる津波高を比較することにより行った。
- ・ 再現性の指標は、相田(1977)による既往津波高と数値シミュレーションにより計算された津波高との比から求める幾何平均値K及びばらつきを表す指標 k を用いた。
- ・ 評価に用いた既往津波は、地震種別毎に評価することを基本として選定した。

評価に用いた既往津波

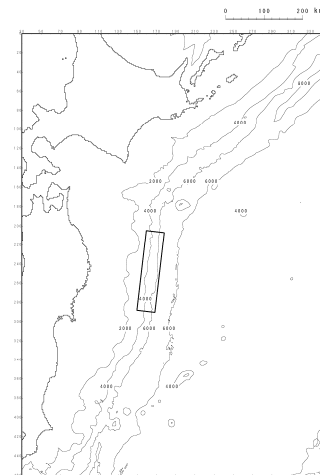
地震種別		既往津波
プレート間地震	津波地震	1896年明治三陸地震津波
	プレート間地震	1856年の津波
		1968年十勝沖地震に伴う津波
海洋プレート内地震		1933年昭和三陸地震津波

主な断層パラメータ

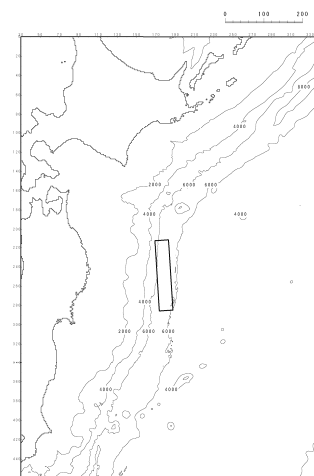
断層パラメータ		1856年	1896年	1933年	1968年
モーメントマグニチュード*	Mw	8.35	8.28	8.35	8.41
長さ	L(km)	120	210	185	150
幅	W(km)	70	50	50	100
走向	θ (°)	205	190	180	195
断層上縁深さ	d(km)	26	1	1	6
傾斜角	δ (°)	20	20	45	20
すべり角	λ (°)	90	75	270	76
すべり量	D(m)	10.0	9.0	6.6	6.9



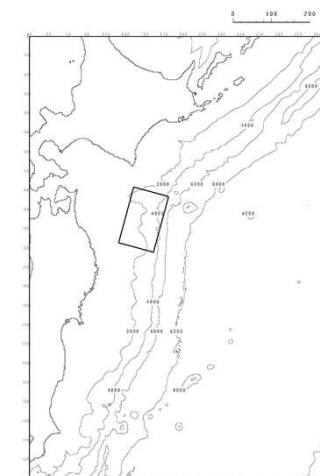
1856年の津波



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

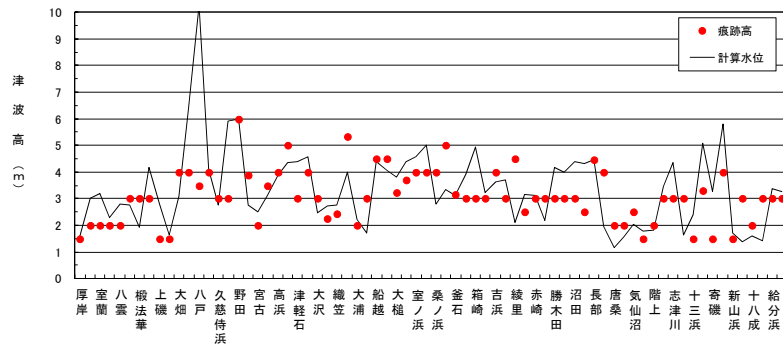
3.3 評価結果

- 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。

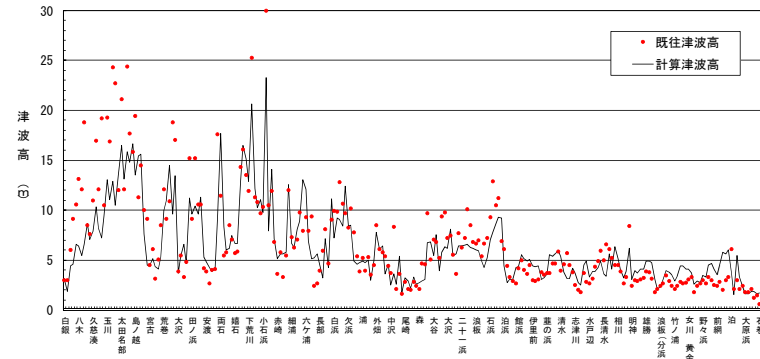
再現性の評価結果※

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)

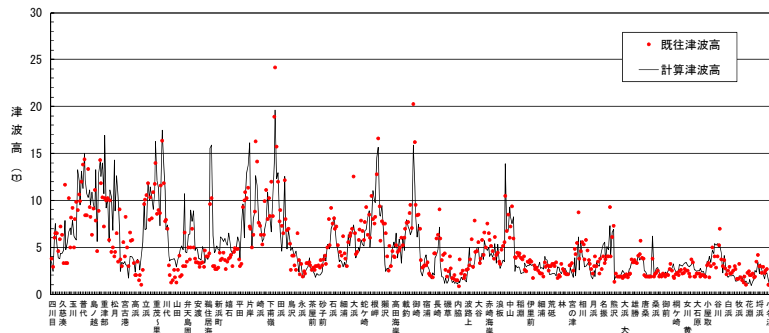
※土木学会(2016)による再現性の目安 : $0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$



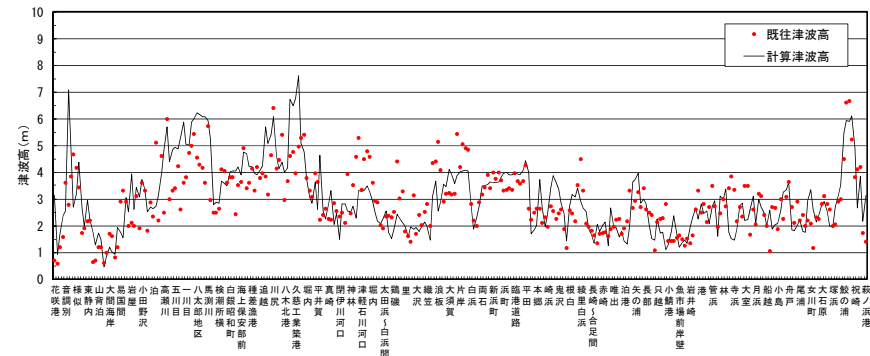
1856年の津波



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

Ⅶ. 計算条件等

4. 津波水位の評価位置

- 4. 1 敷地前面, 取水口前面及び放水路護岸前面
- 4. 2 補機冷却系取水路前面
- 4. 3 時刻歴波形抽出位置

Ⅶ. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置

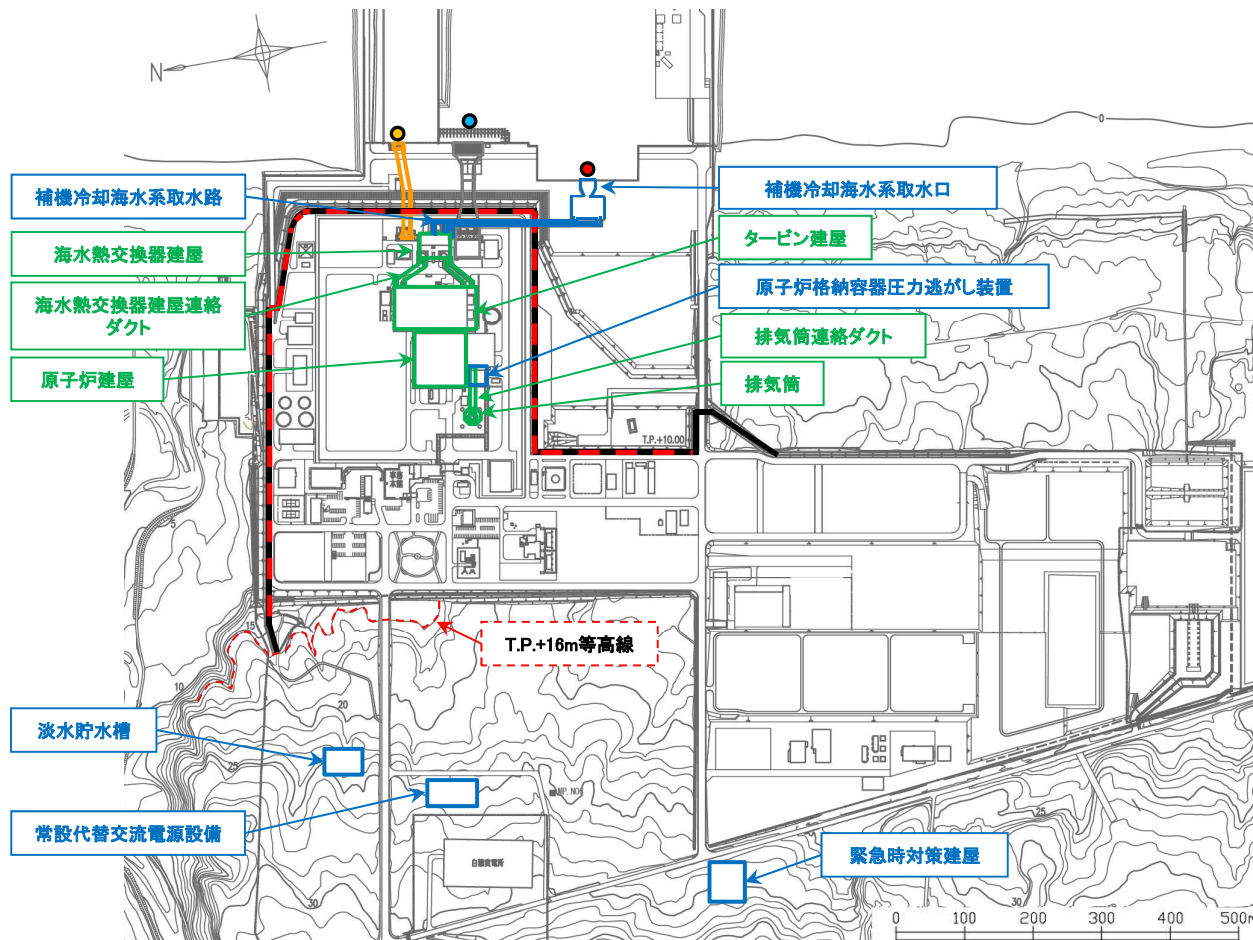
4. 1 敷地前面, 取水口前面及び放水路護岸前面

■敷地前面

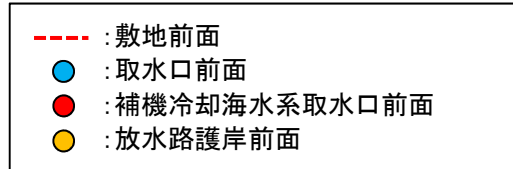
- 耐震重要施設等が設置された敷地 (T.P.+13m) へ津波が遡上するかを評価するため、敷地前面 (下図: 赤点線) を津波水位の評価位置とする。
- なお、津波水位が低く、陸上に津波が遡上しない場合には、汀線位置の最大水位を抽出する。

■取水口前面, 放水路護岸前面

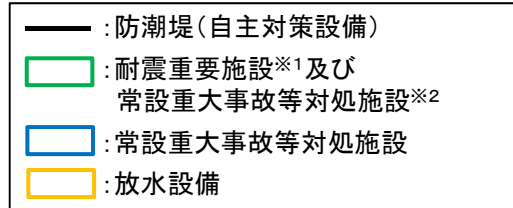
- 耐震重要施設等が設置された敷地 (T.P.+13m) へ取水路, 放水路から津波が流入するかを評価するため、取水口前面 (下図: 水色丸), 補機冷却海水系取水口前面 (下図: 赤色丸), 放水路護岸前面 (下図: 黄色丸) を津波水位の評価位置とする。



【津波水位の評価位置】

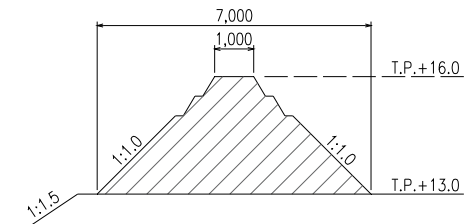


【施設位置】



※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)

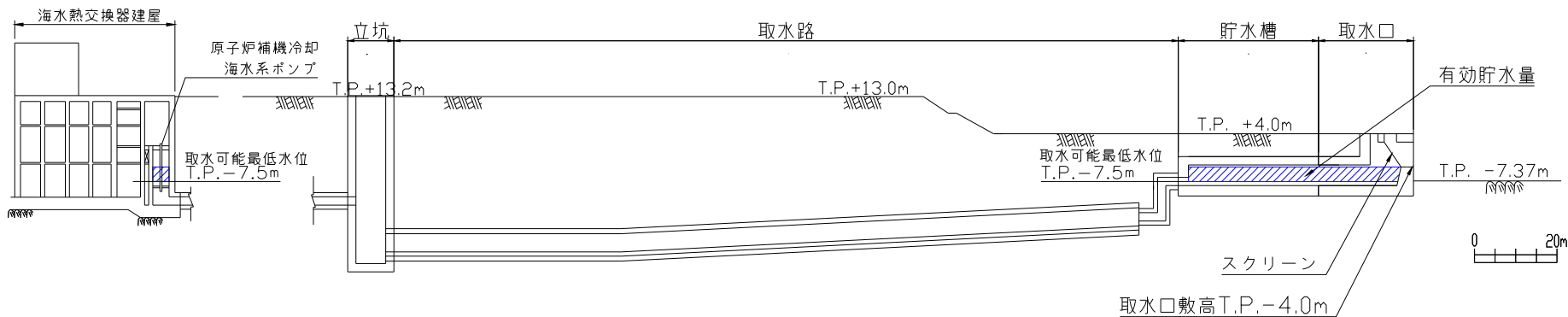
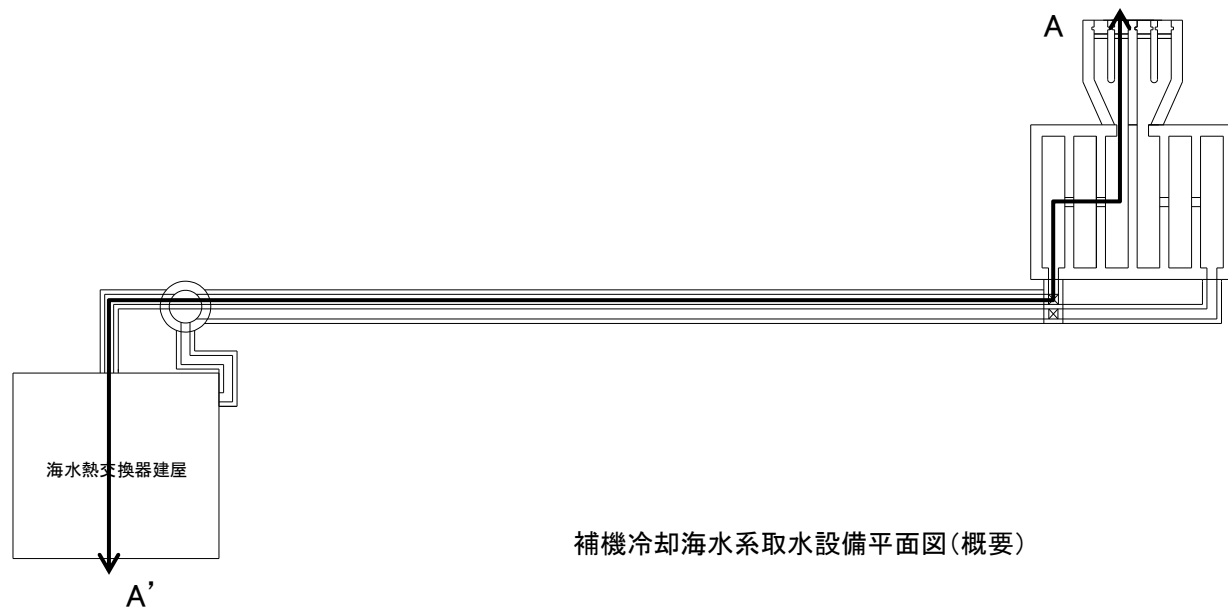



防潮堤 (セメント改良土) 標準断面図

Ⅶ. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置

4.2 補機冷却系取水路前面

- 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)

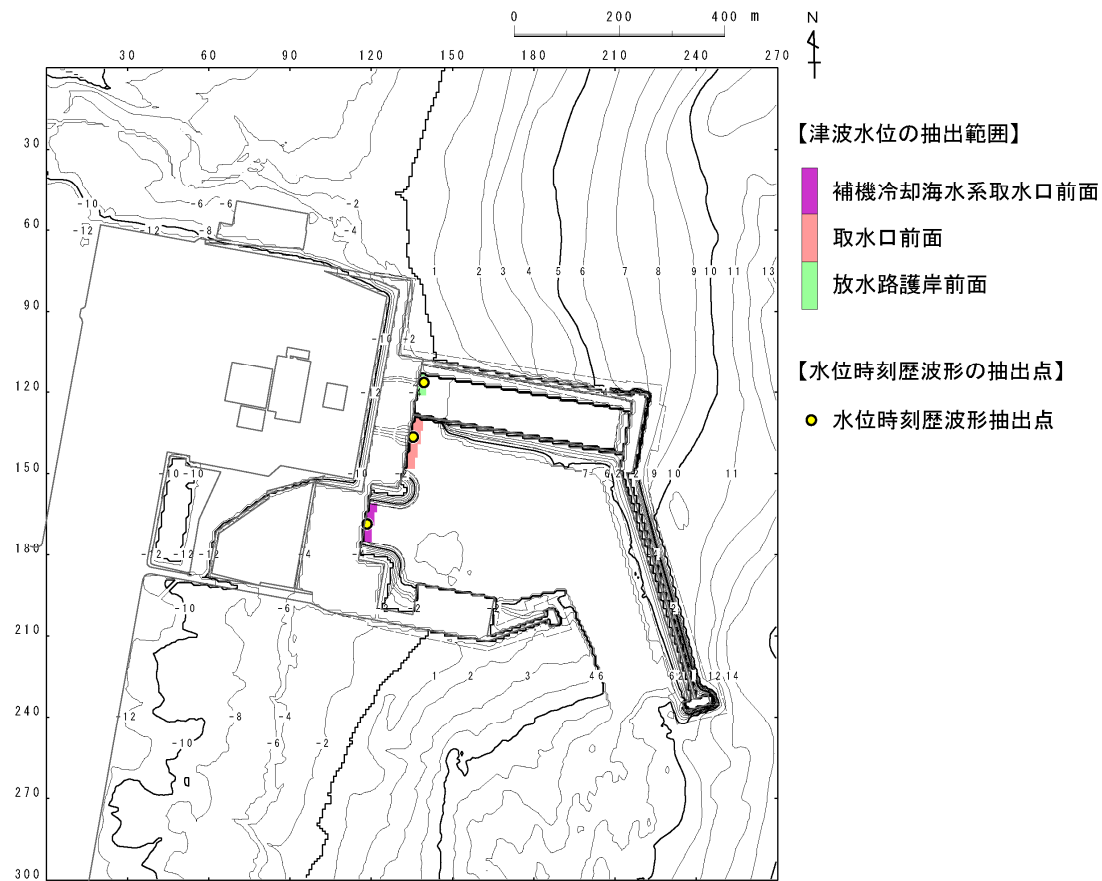
※:原子炉補機冷却海水系ポンプ(4台)、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ポンプ(1台)の最大運転台数を考慮

補機冷却海水系取水設備断面図(概要)(A-A'断面)

Ⅶ. 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

Ⅶ. 計算条件等

5. 水位下降側の評価方法

5. 1 評価方針

5. 2 水位下降量及び取水口敷高を下回る時間の比較

Ⅶ. 計算条件等 5. 水位下降側の評価方法

5.1 評価方針

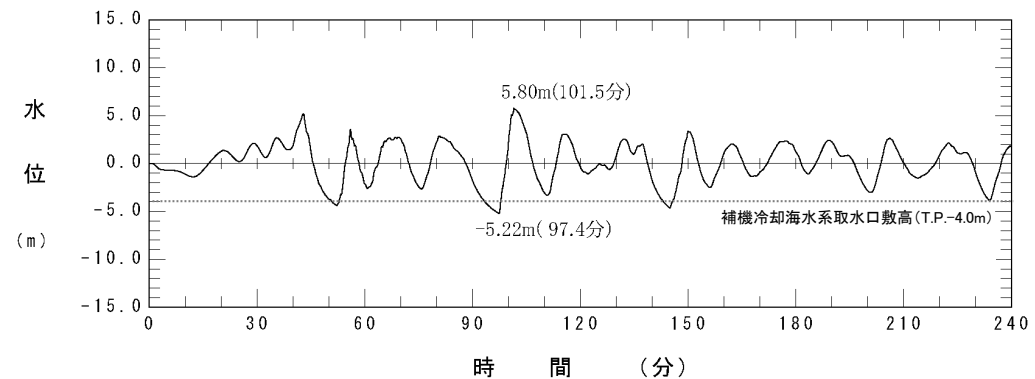
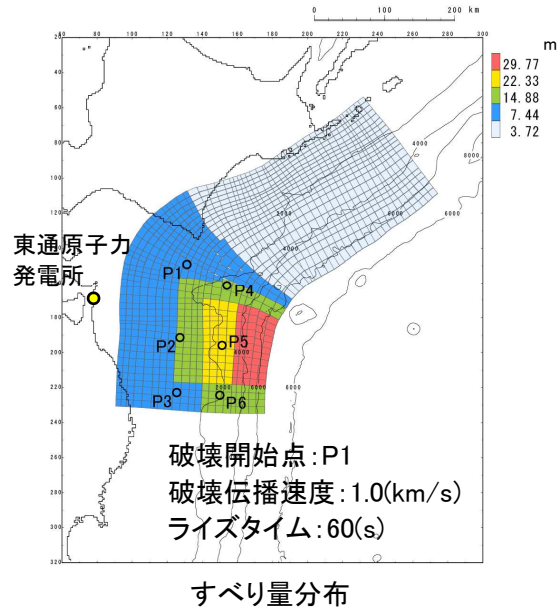
S213

- ・ 発電所の津波高さに与える影響が大きい津波は、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、津波地震)及び海洋プレート内地震であり、海域の活断層による地殻内地震、海底の地すべり及び火山現象に起因する津波と比較して、津波の周期は長く、一時的に水位が上昇するような波(パルス)は発生しない。
- ・ また、発電所は比較的平坦な海岸線に立地し、湾や入り江形等との共振の影響はほとんどないため、津波波源そのものの影響が支配的であることから^{※1}、水位下降量の大小と補機冷却海水系取水口敷高を下回る継続時間の長短には相関性がある。
- ・ 以上の津波特性及び立地的特徴を踏まえ、水位下降側の評価は、水位下降量に着目したパラメータスタディを実施し、決定ケースを対象に補機冷却海水系取水口敷高^{※2}を下回る継続時間を整理することを基本とする。
- ・ ただし、「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」に起因する津波については、①津波地震及び海洋プレート内地震と比較して、水位下降側の影響が大きいとともに、②3.11地震から得られた知見等を参考に複数の特性化モデルを設定したうえで、基準断層モデルを設定することを踏まえ、水位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の両面から評価する。

※1:詳細は、補足説明資料「Ⅰ. 「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 14. 発電所周辺地形及び各特性化モデルの周期特性」に記載。

※2:設備の詳細は、補足説明資料「Ⅶ. 計算条件等 4. 津波水位の評価位置」に記載。

■「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③(水位下降量決定ケース)^{※3}



補機冷却海水系取水口前面における水位時刻歴波形

※3:詳細は、本資料「Ⅰ. 地震に起因する津波の評価 1. 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震 1.5 動的破壊特性の不確かさの考慮(詳細パラメータスタディ) 1.5.3 詳細パラメータスタディ:基準断層モデル③」に記載。

VII. 計算条件等 5. 水位下降側の評価方法

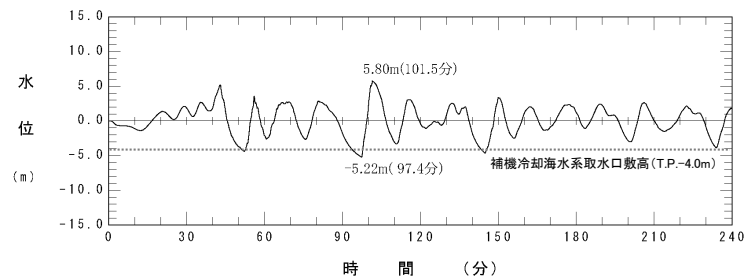
5.2 水位下降量及び取水口敷高を下回る時間の比較

- 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震、津波地震及び海洋プレート内地震に起因する津波について、補機冷却海水系取水口前面における最大水位下降量及び補機冷却海水系取水口の敷高を下回る継続時間の比較を以下に示す。
- 連動型地震に起因する津波は、津波地震、海洋プレート内地震と比較して、最大水位下降量が大きく、かつ津波の周期が長いことに起因し、補機冷却海水系取水口敷高を下回る時間は長い※。

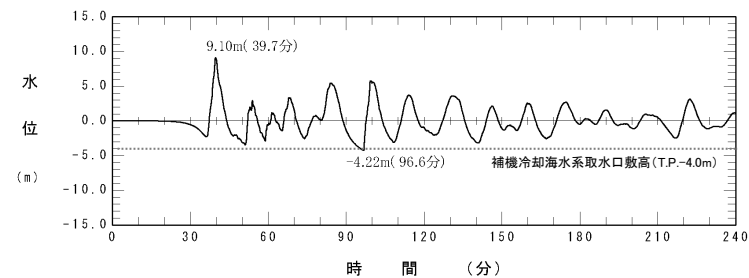
※:詳細は、本資料「I. 地震に起因する津波の評価 5. 地震に起因する津波の評価結果のまとめ 5.2 水位下降側」に記載。

波源モデル	補機冷却海水系取水口前面	
	最大水位下降量 (m)	取水口敷高を下回る継続時間 (分)
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	4.4
津波地震	-4.27	1.3
海洋プレート内地震(正断層型の地震)	-4.59	1.9

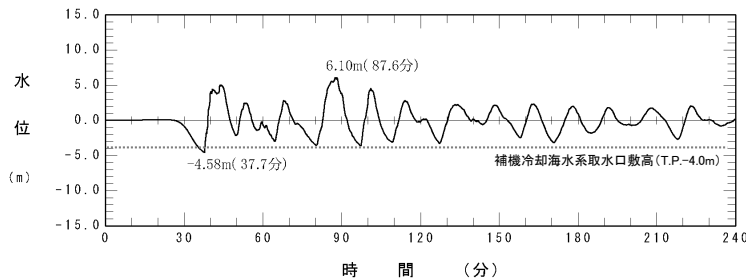
■十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震



■津波地震



■海洋プレート内地震



Ⅶ. 計算条件等

6. 想定津波群の作成方法

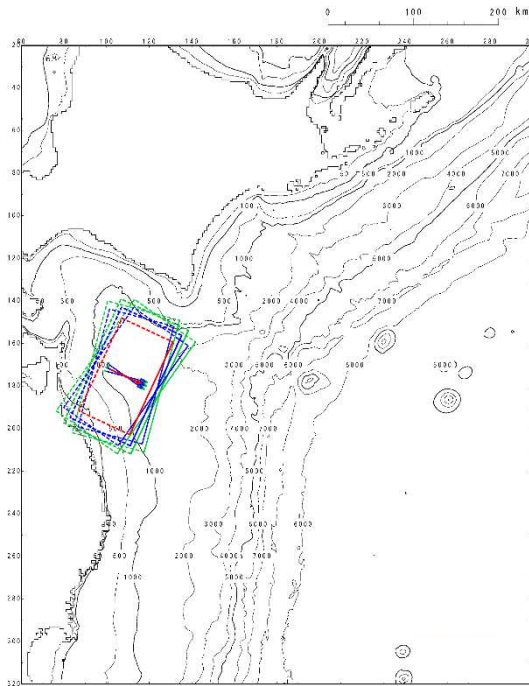
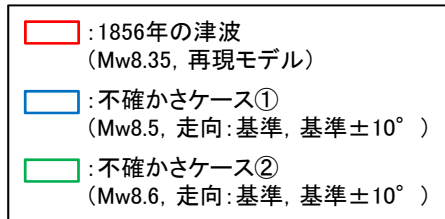
- 6. 1 1856年の津波
- 6. 2 連動型地震
- 6. 3 内閣府(2020) 日本海溝(三陸・日高沖)モデル
- 6. 4 各特性化モデルの詳細パラメータスタディ

Ⅶ. 計算条件等 6. 想定津波群の作成方法

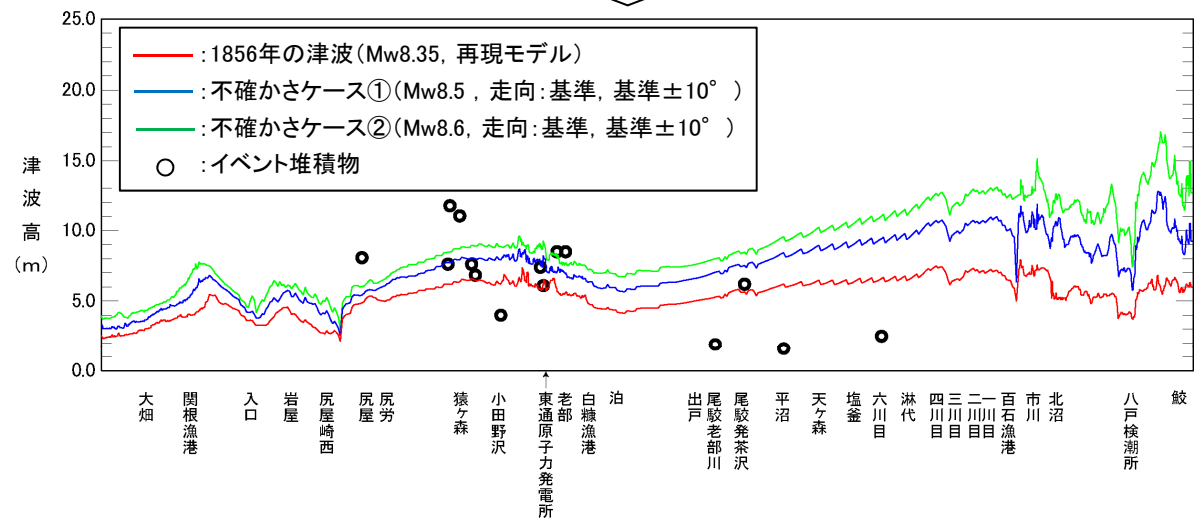
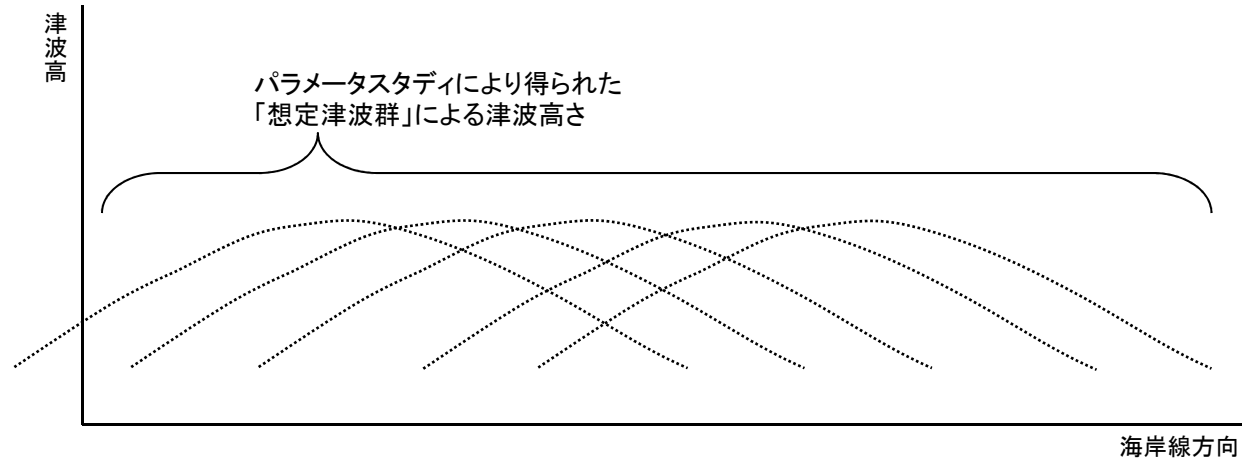
6.1 1856年の津波

- 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



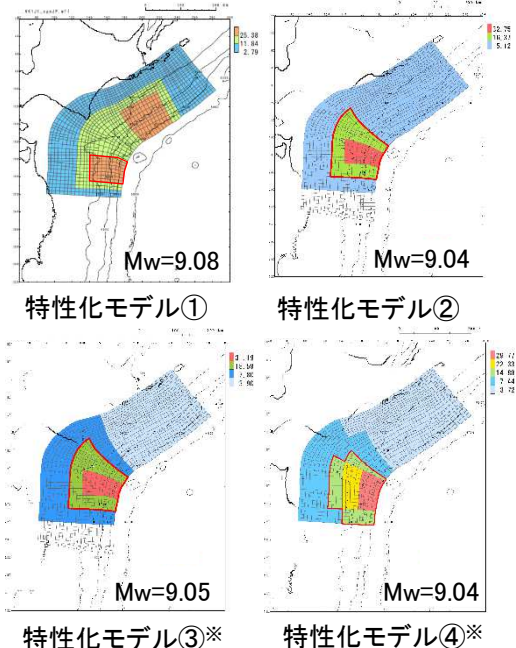
■想定津波群の作成



想定津波群とイベント堆積物の比較

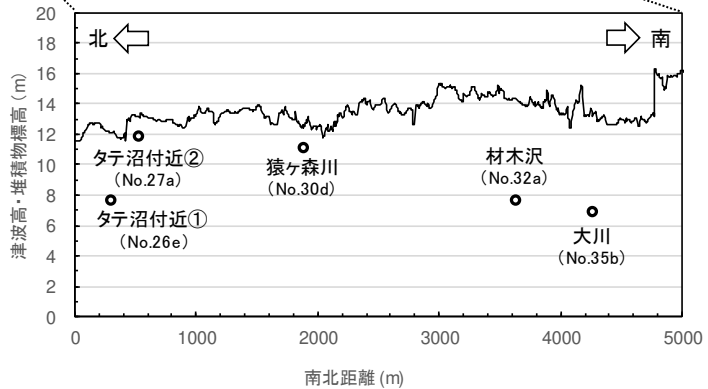
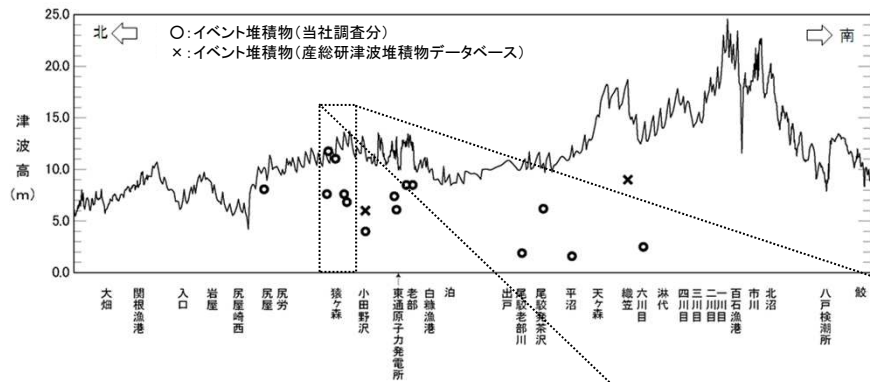
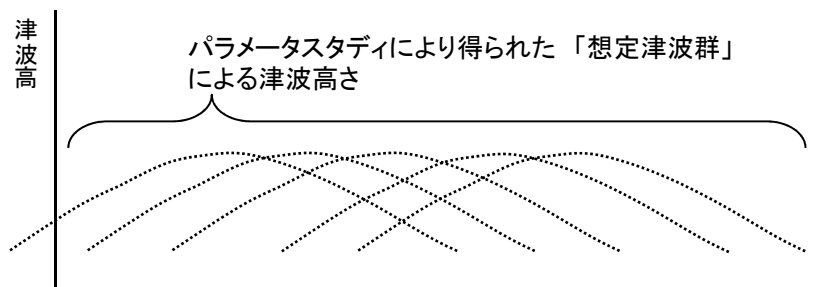
Ⅶ. 計算条件等 6. 想定津波群の作成方法
6.2 連動型地震

・ 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

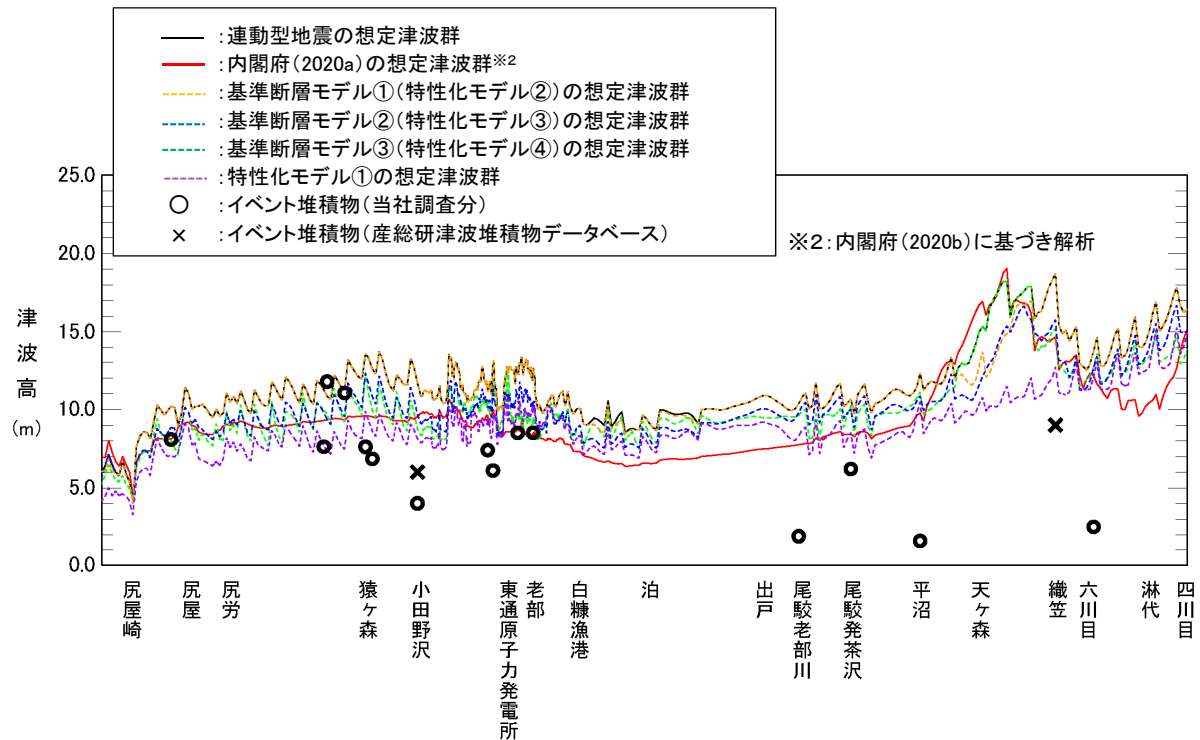
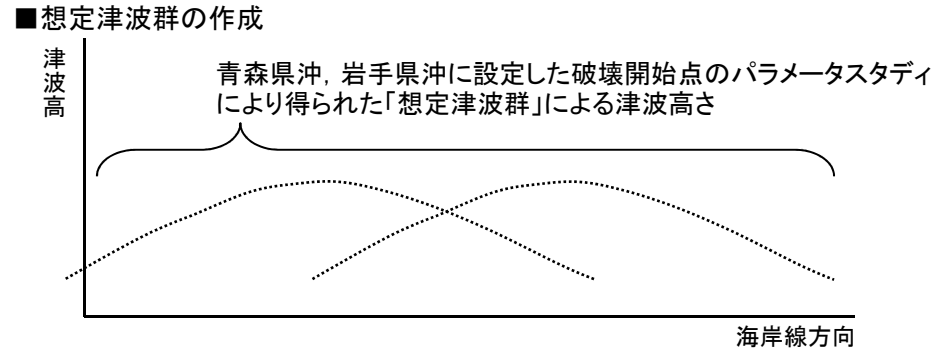
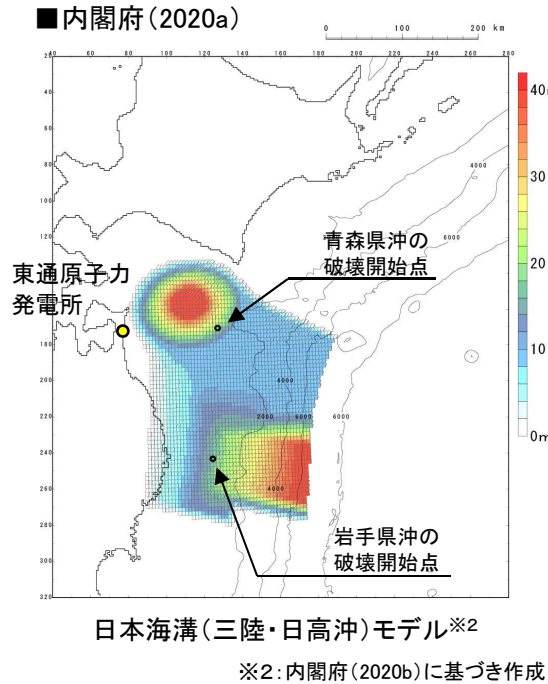


想定津波群とイベント堆積物の比較

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)

6.3 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。



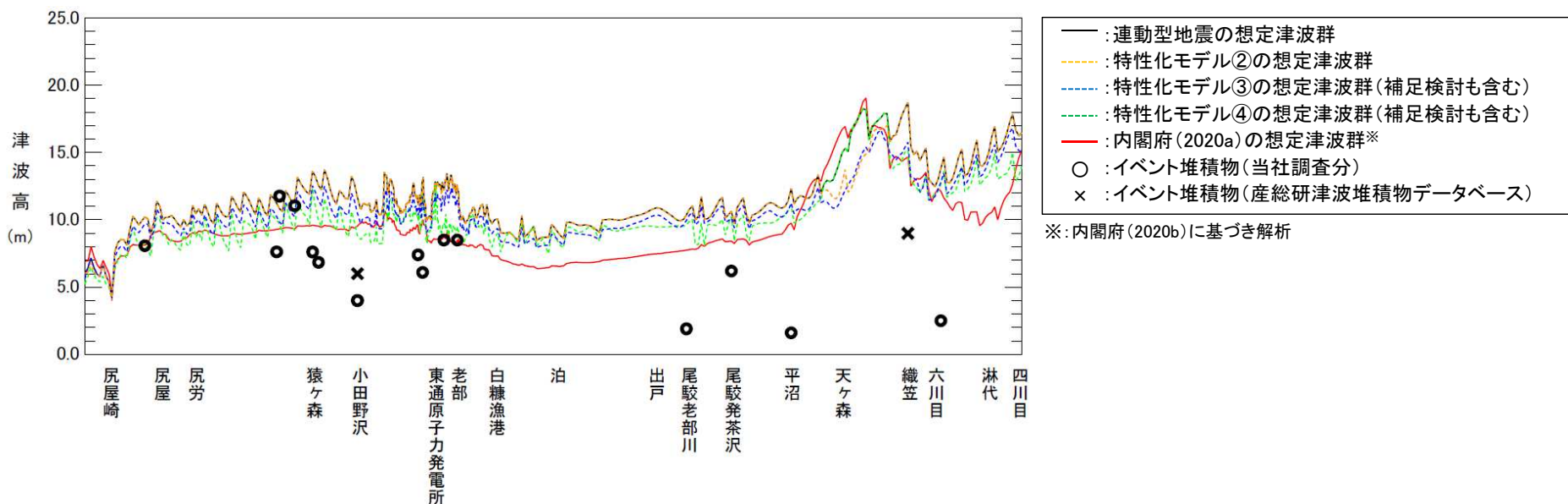
青森県北部太平洋沿岸の汀線位置における十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震の想定津波群とイベント堆積物及び内閣府(2020a)による日本海溝(三陸・日高沖)モデルの想定津波群の比較

Ⅶ. 計算条件等 6. 想定津波群の作成方法

6.4 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

Ⅶ. 計算条件等

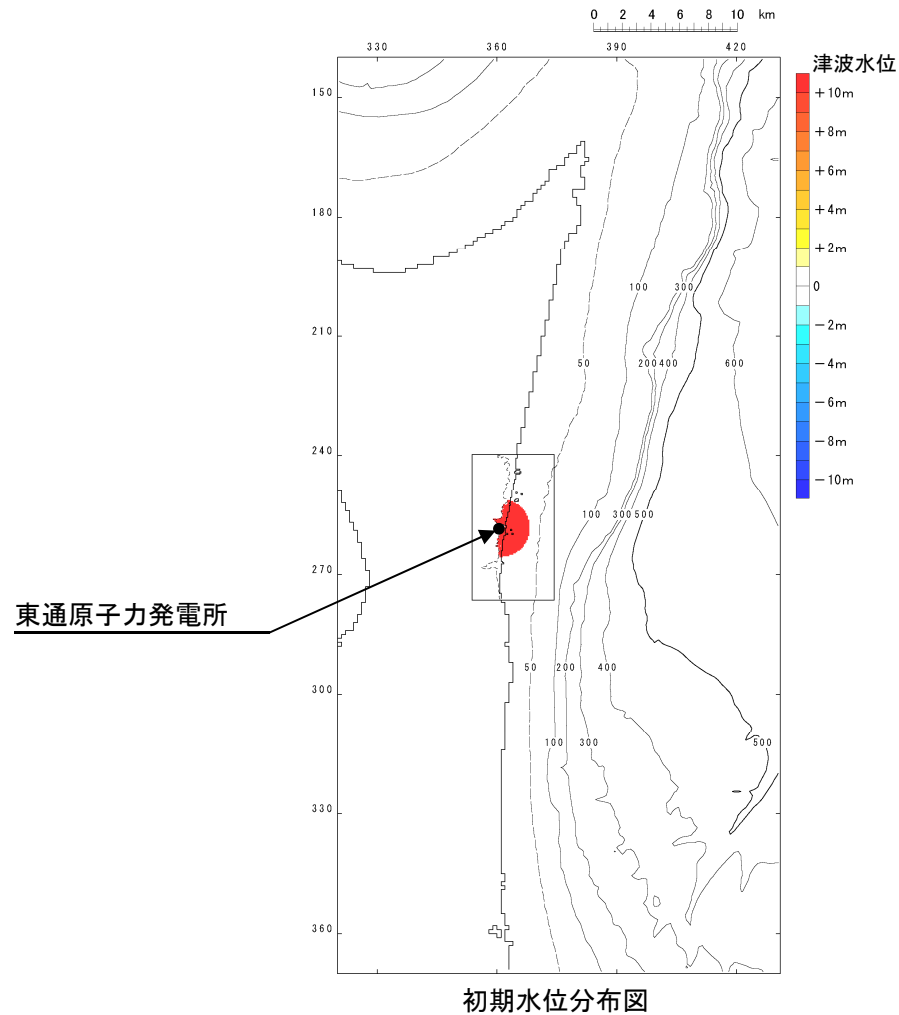
7. 津波伝播特性の検討

- 7. 1 検討方針
- 7. 2 最大水位上昇量分布
- 7. 3 津波の伝播状況

Ⅶ. 計算条件等 7. 津波伝播特性の検討

7.1 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。

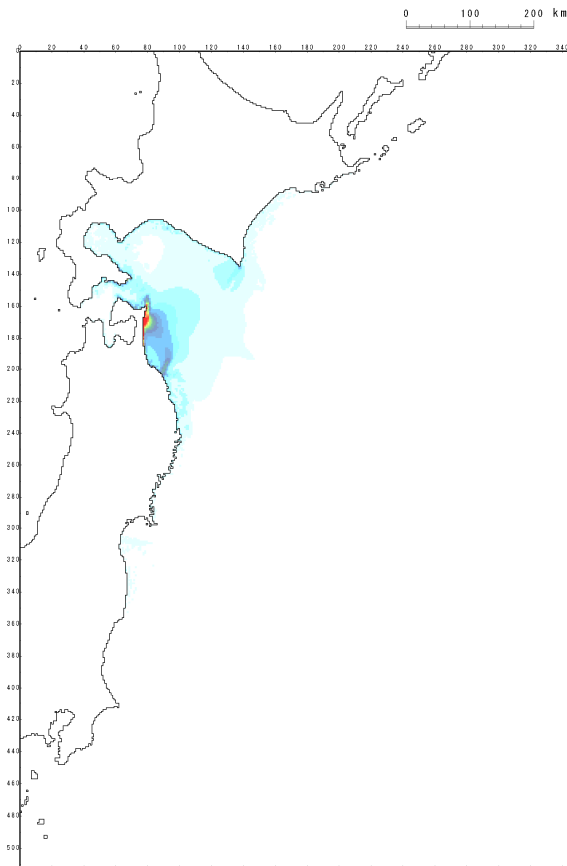


VII. 計算条件等 7. 津波伝播特性の検討

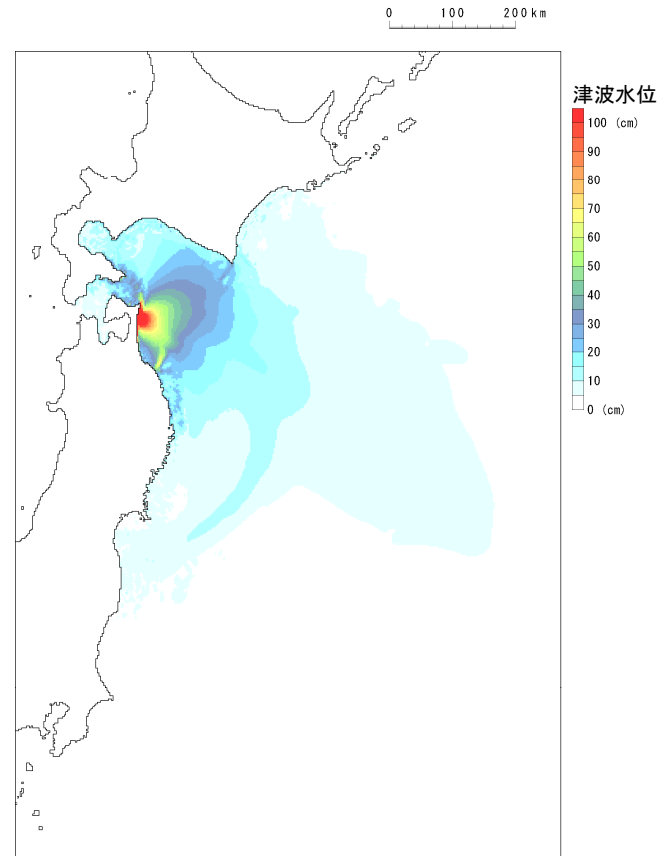
7.2 最大水位上昇量分布

- 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

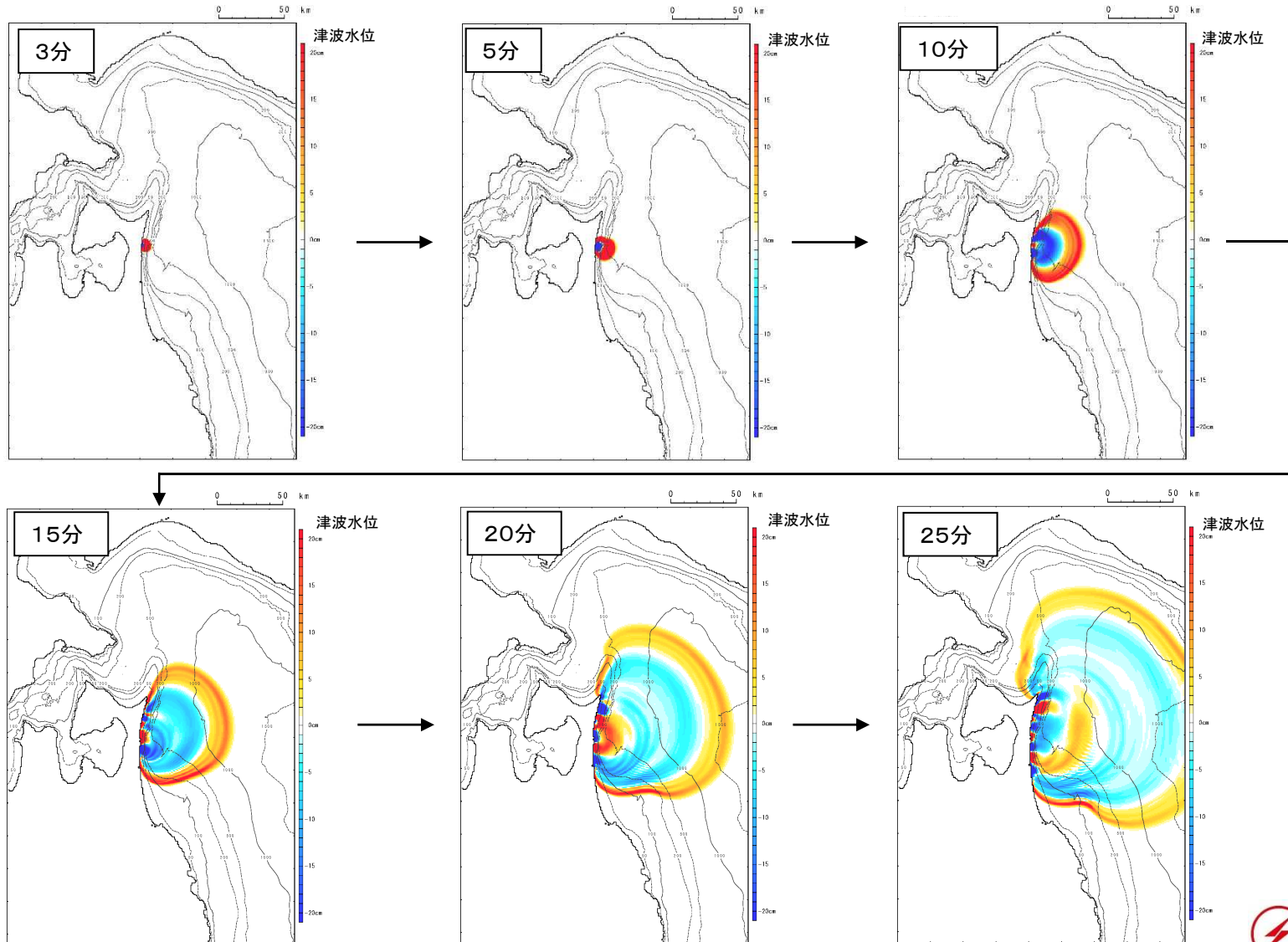


水位補正後

Ⅶ. 計算条件等 7. 津波伝播特性の検討

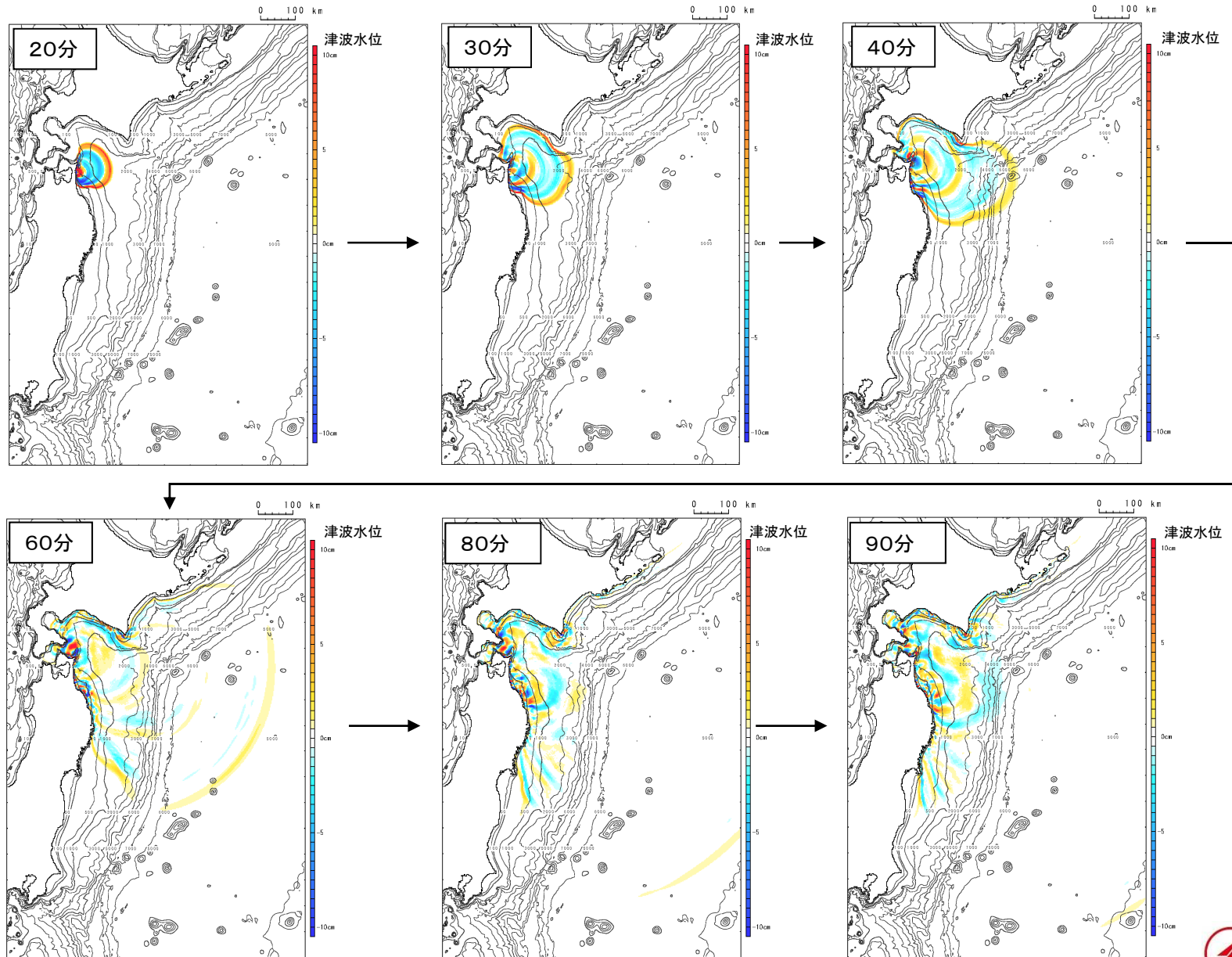
7.3 津波の伝播状況: 敷地近傍(3~25分後)

- 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。



7.3 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):ハンドコーラ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.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/tjt/>), 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. Posamentier, H. and Martinsen, H. (2011): The character and genesis of submarine mass-transport deposits: insights from outcrop and 3D seismic data. SEPM Special Publication "Mass-transport deposits in deepwater settings", Vol.96, pp.7-38.
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