

東通原子力発電所1号炉審査資料	
資料番号	A1-CA-0113
提出年月日	2023年2月27日

東通原子力発電所 津波評価について
(第1068回審査会合コメントに対するコメント回答及び評価方針)
(補足説明資料)

2023年2月27日
東北電力株式会社

目次

I. 津波水位の評価位置

1. 発電所敷地及び耐震重要施設等の配置	3
2. 津波水位の評価位置	4
3. 時刻歴波形抽出位置	11

II. 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(第1068回審査会合資料(抜粋))

1. 評価対象とする津波の選定	13
2. 評価方針	15
3. 海底地すべりが発生する時間範囲の算定	16
4. 組合せ時間の算定位置	19
5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定	20
6. 同波動場での津波解析	27
7. 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	30

III. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりの評価(第1068回審査会合資料(抜粋))

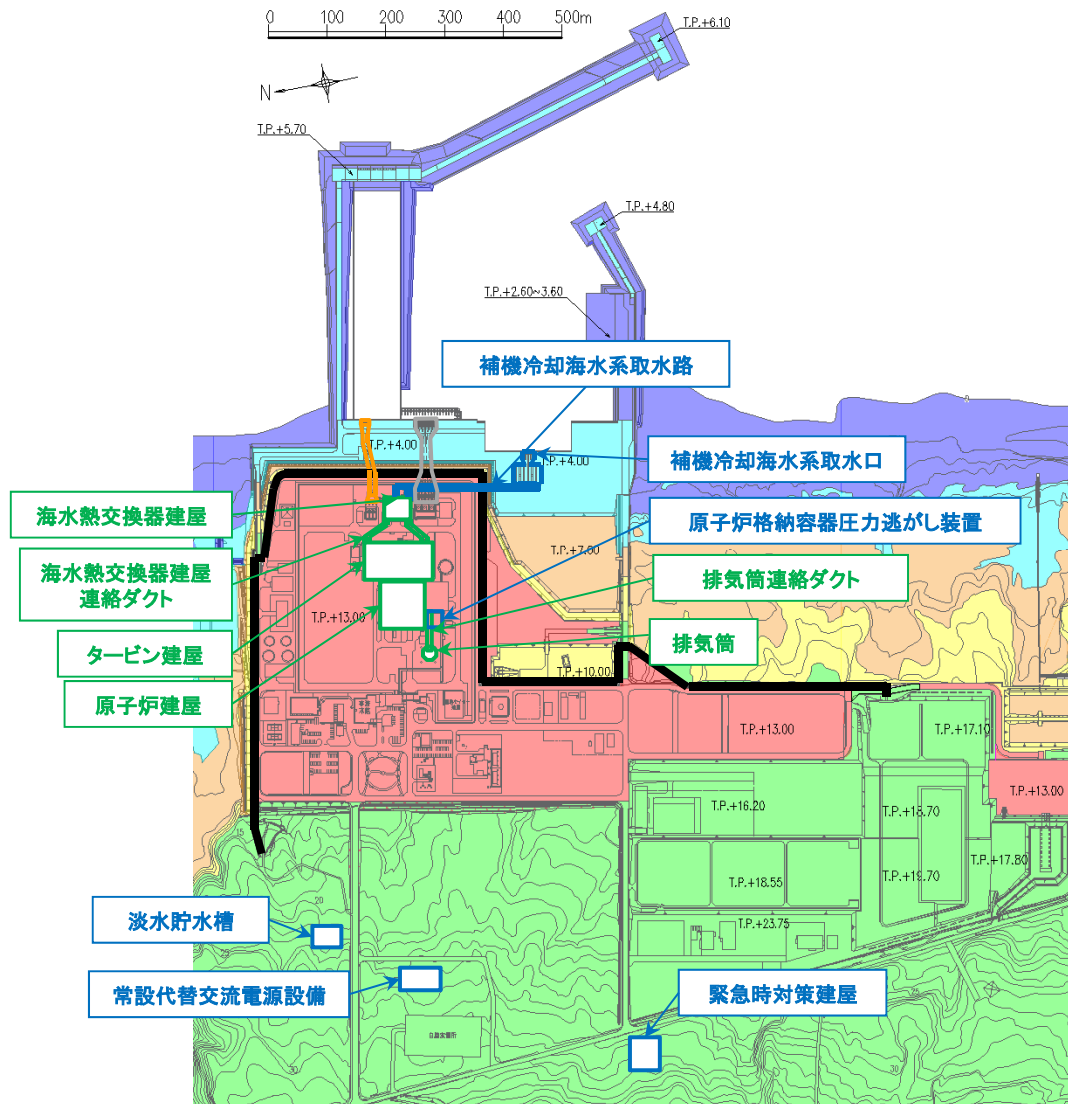
1. 検討概要	35
2. 海底地すべり前の地形(復元地形)の作成	36
3. 津波解析	37

I . 津波水位の評価位置

1. 発電所敷地及び耐震重要施設等の配置
2. 津波水位の評価位置
3. 時刻歴波形抽出位置

1. 発電所敷地及び耐震重要施設等の配置

- 東通原子力発電所の主要設備が設置される敷地はT.P.+4.0m, T.P.+13.0mであり, その主要設備周辺はT.P.+4.0m~T.P.+23.75mに整地されている。
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の一部はT.P.+13.0mに設置し, 緊急時対策建屋等の常設重大事故等対処施設の一部はT.P.+13.0mよりもさらに高い敷地に設置する。
- 耐震重要施設等が設置された敷地 (T.P.+13.0m) への津波の流入経路は, 常用系の海水を取水する取水路, 非常用系の海水を取水する補機冷却海水系取水路, 並びに常用系・非常用系を放水する放水路がある。



【標高 (T.P., m)】

0 ≤	< 4
4 ≤	< 7
7 ≤	< 10
10 ≤	< 13
13 =	
13 <	

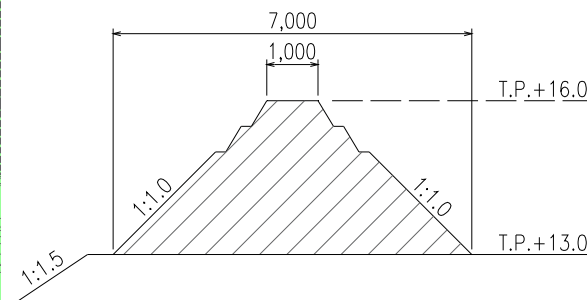
【施設位置】

—	: 防潮堤 (自主対策設備)※1
□ (Green)	: 耐震重要施設※2及び 常設重大事故等対処施設※3
□ (Blue)	: 常設重大事故等対処施設
□ (Yellow)	: 放水設備
□ (Grey)	: 取水設備

※1 緊急安全対策の更なる安全性向上のための対策として設置。設置標高はT.P.+13.0mであり津波が到達しないことから, 解析結果には影響しない。

※2 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)

※3 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)



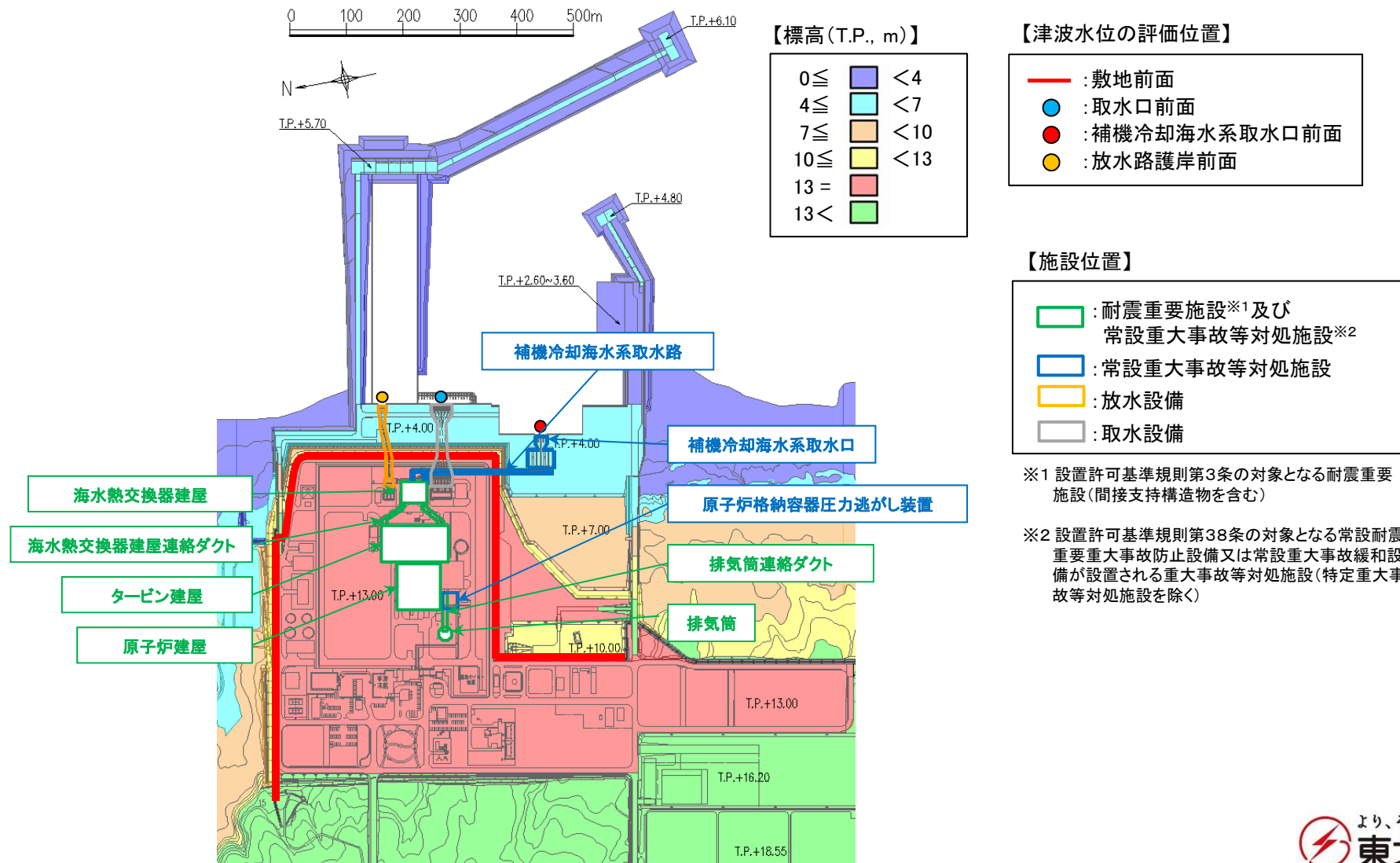
防潮堤 (セメント改良土) 標準断面図

I. 津波水位の評価位置

2. 津波水位の評価位置:水位上昇側

■敷地前面

- 耐震重要施設等が設置された敷地 (T.P.+13.0m) へ津波が遡上するかを評価するため敷地前面 (下図: 赤線) を津波水位の評価位置とする。
- なお、津波水位が低く、敷地前面位置まで津波が遡上しない場合には、敷地前面周辺での最大水位を抽出する。



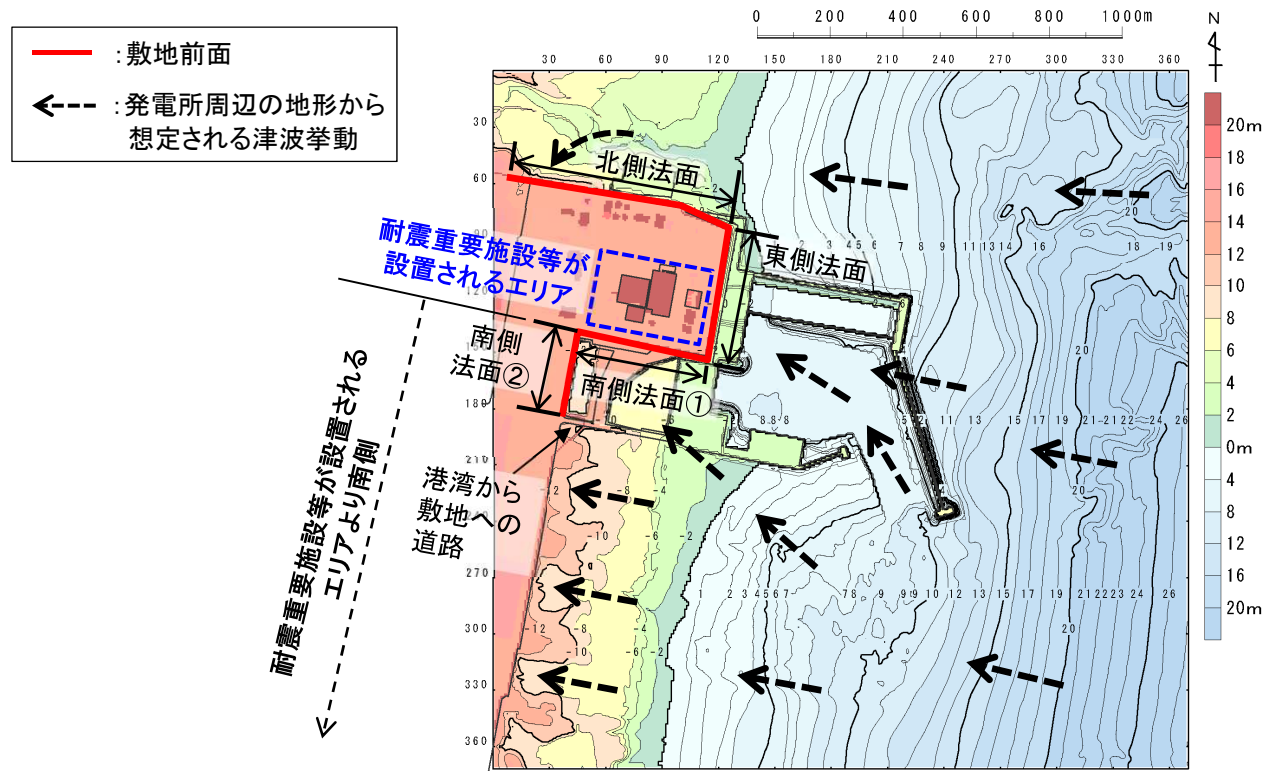
I. 津波水位の評価位置

2. 津波水位の評価位置:水位上昇側

■敷地前面の設定の考え方

- 発電所周辺の地形から想定される津波挙動を考慮し、敷地 (T.P.+13.0m) のうち耐震重要施設等が設置されるエリア (以下、「エリア」という。) を取り囲むように津波水位の評価位置を設定した (敷地前面を北側法面, 東側法面, 南側法面①, 南側法面②で構成した)。

- 北側法面: 東から来襲した津波が谷状地形に沿って遡上し, エリアへの遡上波の回り込みが想定されることから評価位置とし, 北側法面の西側の端部はT.P.+16.0mの地山に擦りつく位置に設定した。
- 東側法面: 東から来襲した津波が直接来襲することが想定されることから, 評価位置に設定した。
- 南側法面①: 東から来襲した津波が海底地形の影響により北西方向に回折し, エリアへの遡上波の回り込みが想定されることから評価位置に設定した。
- 南側法面②: エリアより南側は, 東から来襲した津波が海底地形の影響によりそのまま西方向へ遡上することが想定されるため, エリアへの遡上波の回り込みはなく, 津波水位の評価位置として設定する必要はない。ただし, 「南側法面①」の西側の端部がエリアに近接することから, 一定の離隔を確保する観点で「南側法面②」を評価位置に設定し, その端部は港湾から敷地への道路の交差部までとした。以上から, 南側法面②よりさらに南側は評価位置に設定しない。



I. 津波水位の評価位置

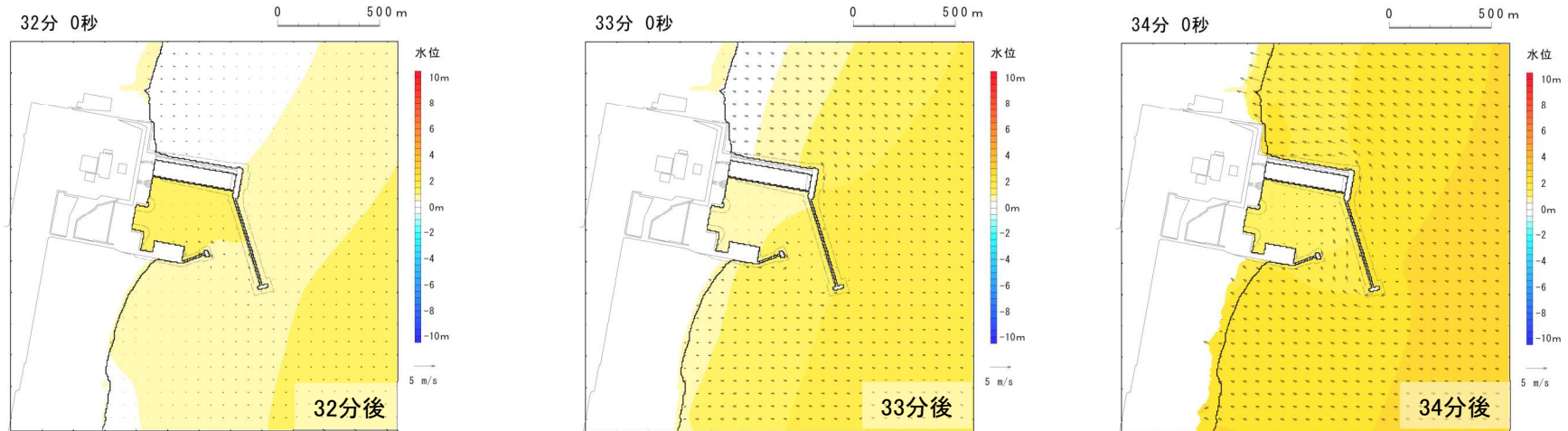
2. 津波水位の評価位置:水位上昇側

S222

- 敷地前面の設定範囲の妥当性について、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)の津波来襲特性から以下のとおり確認した。

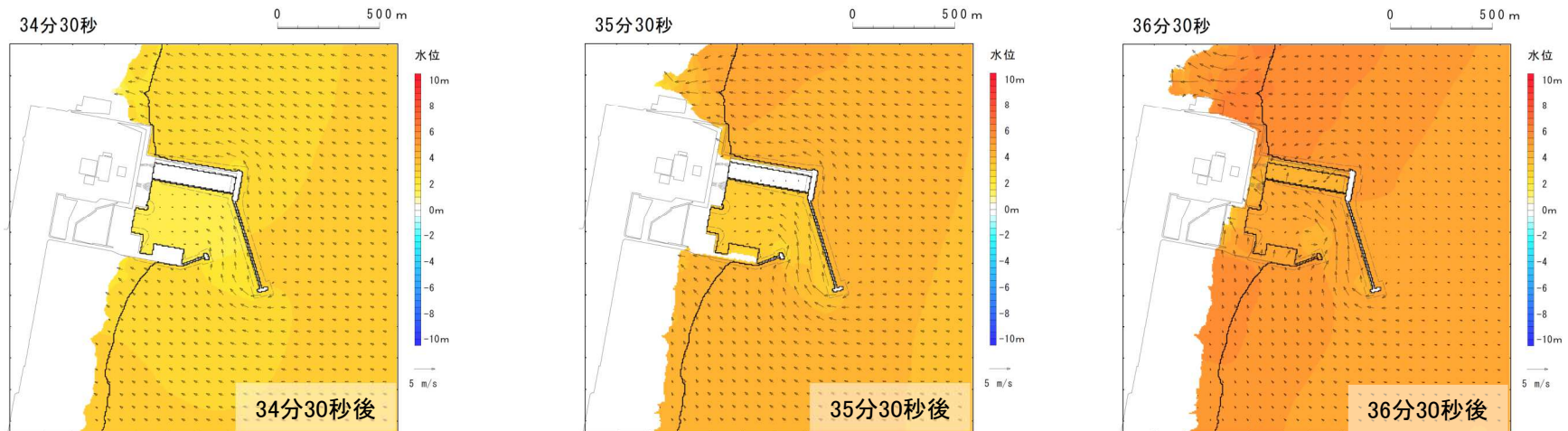
■ 第1波の来襲状況

- 津波は発電所に対し東から来襲する。



■ 耐震重要施設等が設置されるエリアの北側の遡上状況

- 東から来襲した津波は谷状地形に沿って遡上する。

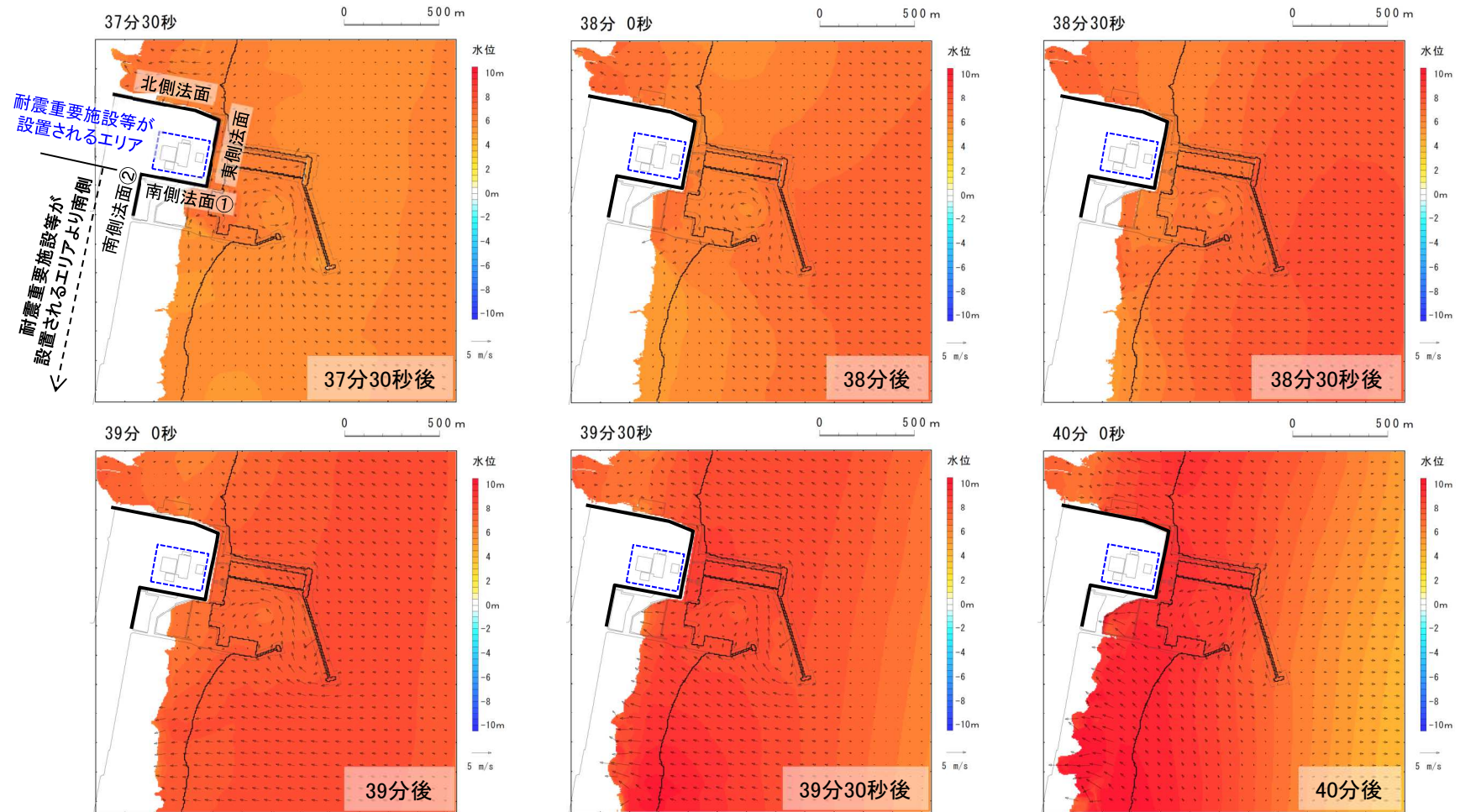


2. 津波水位の評価位置:水位上昇側

■敷地前面の設定の妥当性(耐震重要施設等が設置されるエリアへの来襲状況)

- ・ エリアに対する津波の来襲状況から、敷地前面の設定範囲の妥当性を以下のとおり確認した。

- 北側法面: 谷状地形に沿って遡上した津波が、エリアに回り込むように遡上する(地震発生38分30秒~40分後)。
- 東側法面: 東から来襲した津波がエリアに直接来襲する(地震発生37分30秒~40分後)。
- 南側法面①: 東から来襲した津波が海底地形の影響により北西方向に回折し、エリアの南側に回り込むように遡上する(地震発生39分~40分後)。
- 南側法面②(エリアより南側): 東から来襲した津波が海底地形の影響によりそのまま西方向へ遡上し、エリアへの回り込みはない(地震発生39分~40分後)。

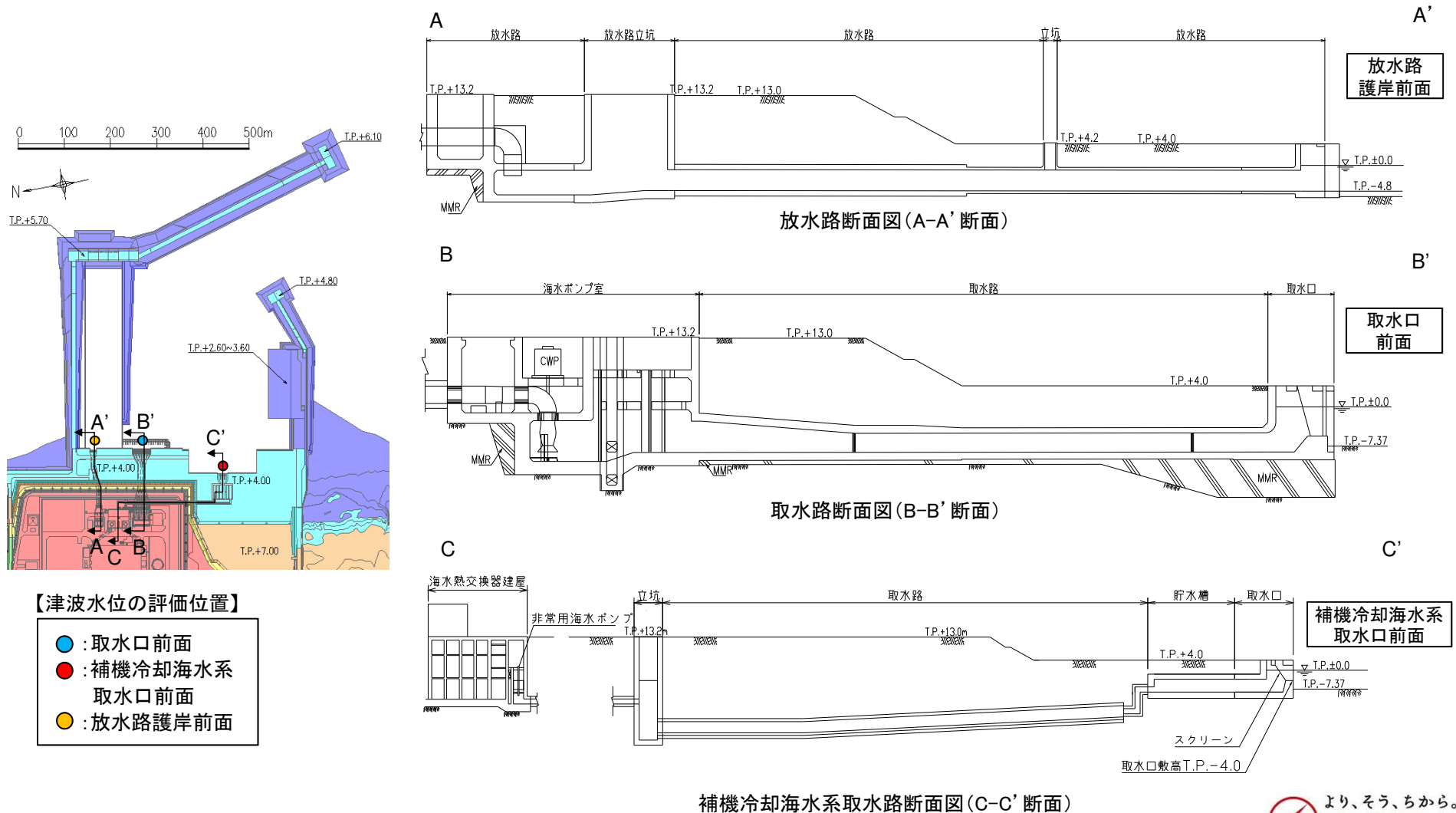


I. 津波水位評価位置

2. 津波水位の評価位置:水位上昇側

■取水口前面, 補機冷却海水系取水口前面, 放水路護岸前面

- 取水路及び放水路を介し, 重要な安全機能を有する施設の設置された敷地(T.P.+13.0m)へ津波が流入する可能性を評価するため, 取水口前面, 補機冷却海水系取水口前面及び放水路護岸前面を津波水位の水位上昇側の評価位置とする。



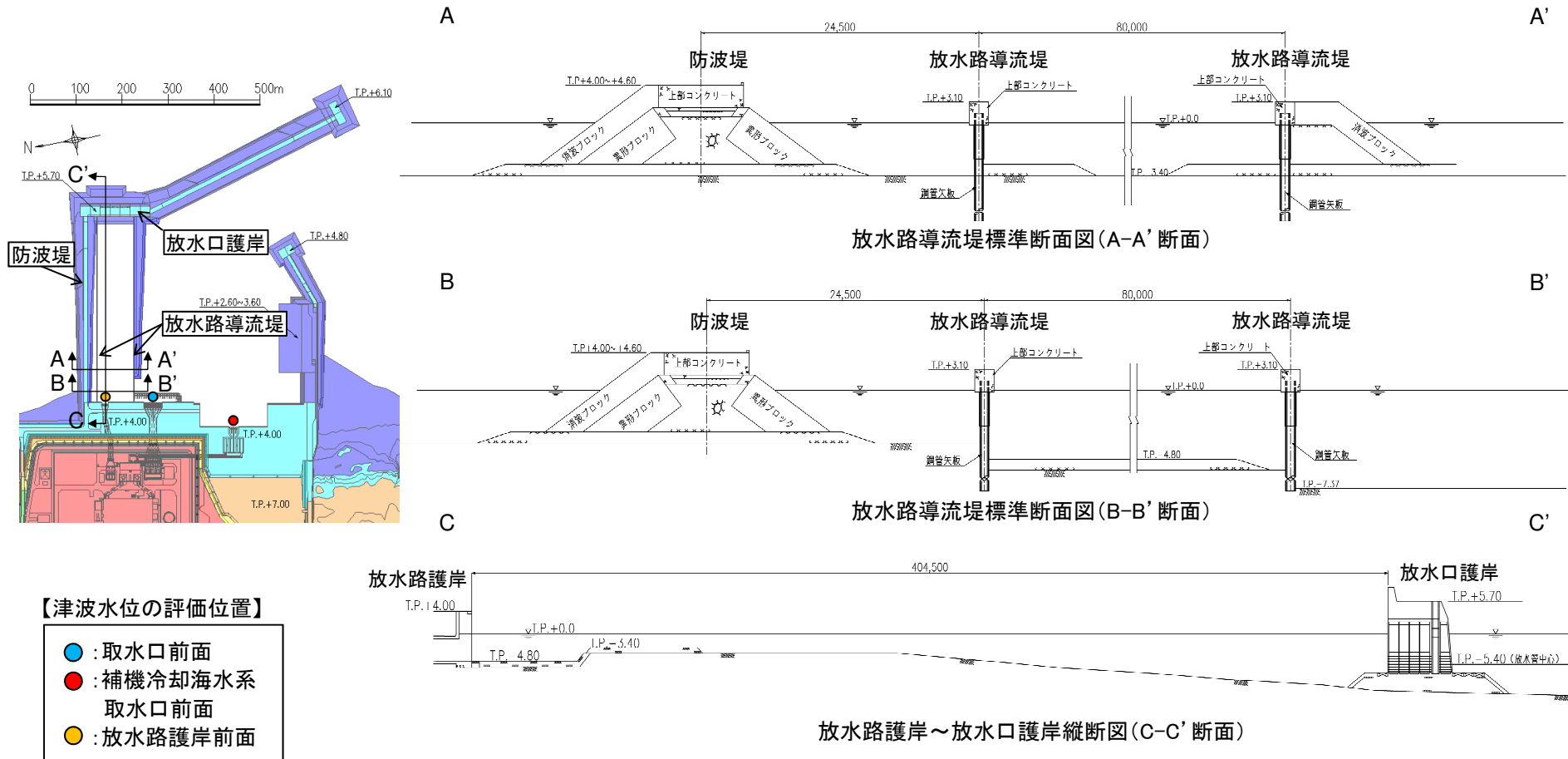
補機冷却海水系取水路断面図(C-C' 断面)

I. 津波水位の評価位置

2. 津波水位の評価位置:水位上昇側

■放水路護岸前面

- 放水路護岸～放水口護岸までの構造は下図のとおりであり、放水路護岸前面は高さT.P.+3.1mの放水路導流堤及びT.P.+5.7mの放水口護岸で囲まれた区域内に位置するため、それらを越波しない限り、津波は到達しない。



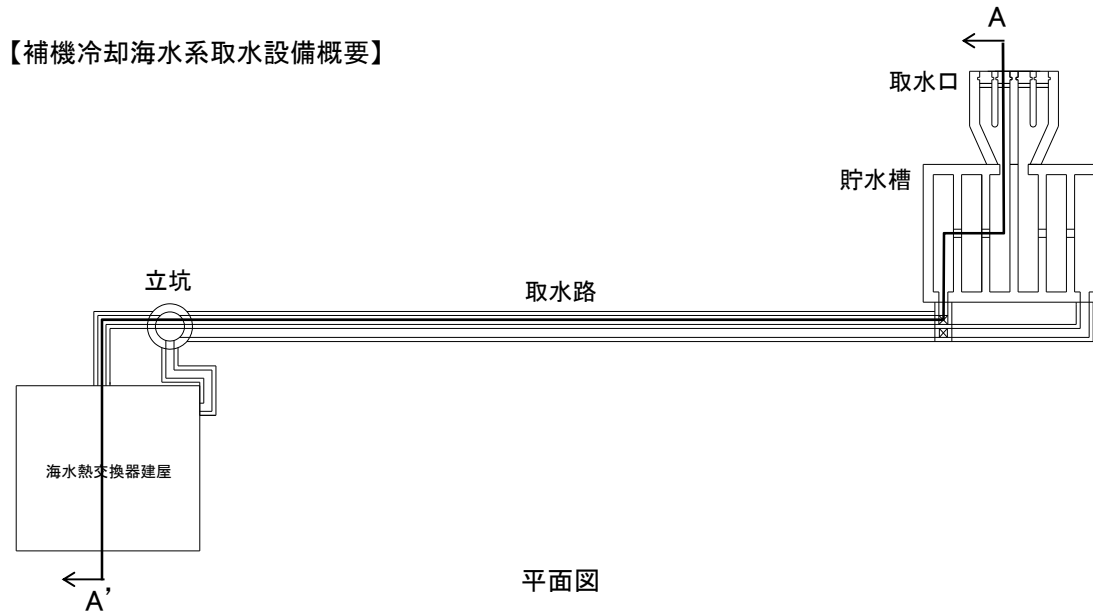
I. 津波水位の評価位置

2. 津波水位の評価位置:水位下降側

■補機冷却海水系取水口前面

- 非常用海水ポンプ(原子炉補機冷却海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ)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水位下降側の評価位置とする。
- 補機冷却海水系取水設備は, 津波が取水口敷高(T.P.-4.0m)を下回る場合の非常用海水ポンプの運転に必要な海水を貯留する構造を兼ねていることから, 補機冷却海水系取水口敷高を下回る継続時間についても評価する。

【補機冷却海水系取水設備概要】



■非常用海水ポンプの運転可能継続時間

(A)有効貯水量:約5,000(m³)

取水口敷高(T.P.-4.0m)から非常用海水ポンプの取水可能水位(T.P.-7.5m)までの容量

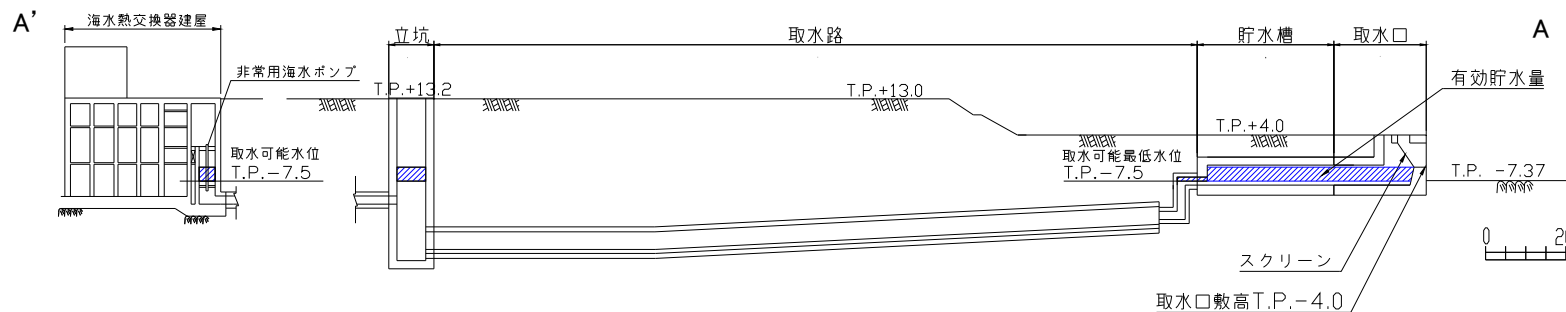
(B)非常用海水ポンプの運転可能継続時間:約35(分)


(A)/非常用海水ポンプの取水量
=5,000(m³)/8,340(m³/hr)×60=約35分

非常用海水ポンプの取水量

	運転台数*	流量 (m ³ /hr)	取水量 (m ³ /hr)
原子炉補機冷却海水ポンプ	2台×2系統	8,000	8,340
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	1台×1系統	340	

※:非常用海水ポンプの最大運転台数を考慮



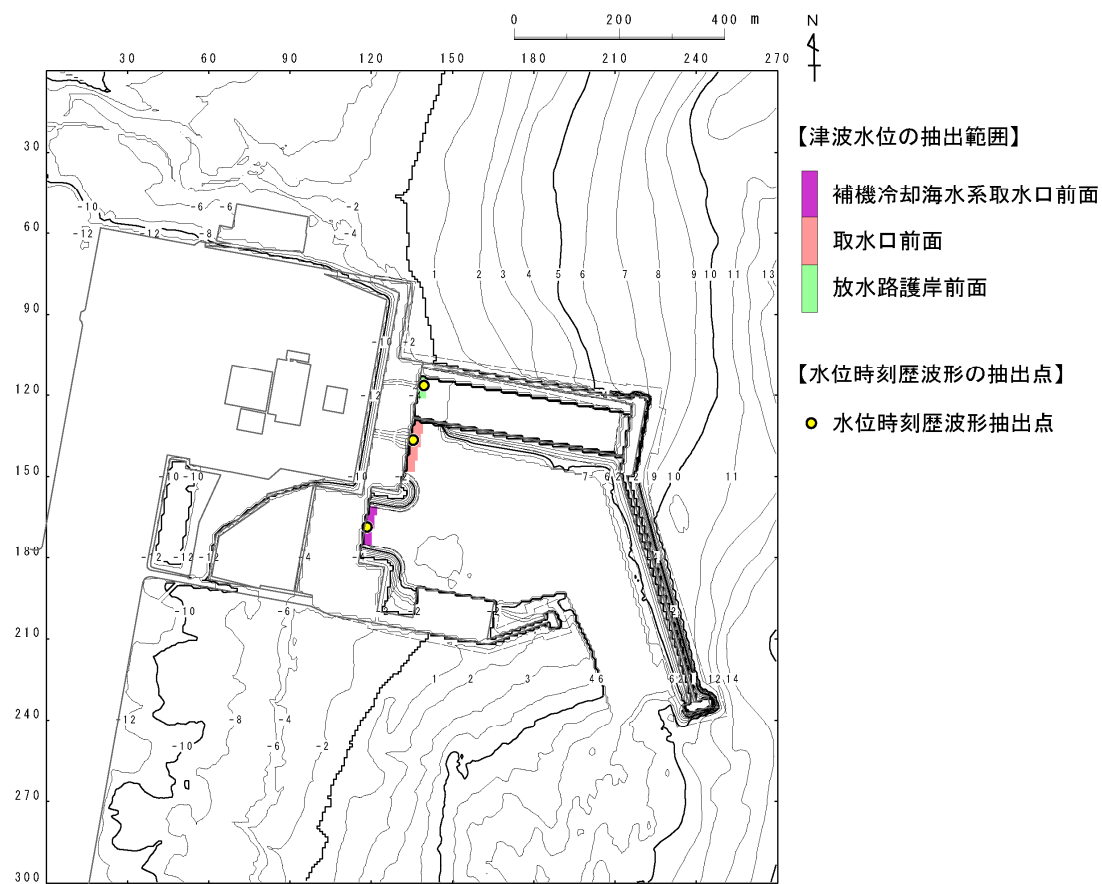
 :津波水位が取水口敷高を下回る場合に, 非常用海水ポンプの取水に必要な海水が設備内に確保される範囲(約5,000m³)

断面図(A-A'断面)

I. 津波水位の評価位置

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

Ⅱ. 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 (第1068回審査会合資料(抜粋))

1. 評価対象とする津波の選定
2. 評価方針
3. 海底地すべりが発生する時間範囲の算定
4. 組合せ時間の算定位置
5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定
6. 同波動場での津波解析
7. 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

Ⅱ. 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

■基本方針

- 津波発生要因に係る敷地の地学的背景、津波発生要因の関連性及び発電所の津波高さや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を考慮して、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を評価する。

■評価対象とする津波の選定

【地震に起因する津波】

- 想定波源域、地震規模が大きく、発電所に与える影響が最も大きい「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」を評価対象とする。

【地震以外に起因する津波】

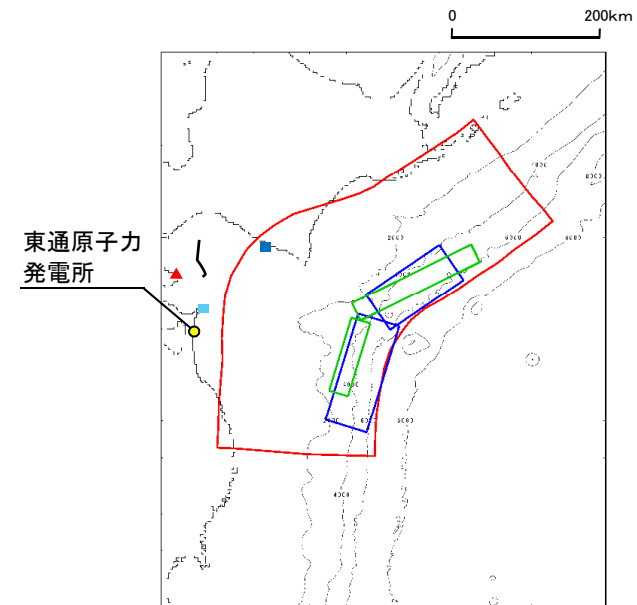
- 「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」の活動により地すべりが励起される可能性を考慮し、発電所に与える影響が最も大きい「日高舟状海盆の海底地すべり(浦河沖の海底地すべり)」を評価対象とする。
- 「ハワイ付近の海底地すべり」、「恵山の山体崩壊」については、「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」の活動との関連性は無いと考えられることから、評価対象外とする。
- 「日本海溝付近における海山の海底地すべり」のほか、短周期の波を発生させる要因の1つと考えられる未知なる分岐断層(=「その他の地震」)や海底地すべり等が存在する可能性については、「十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震」のうち特性化モデル④で考慮していることから、本検討の対象外とする。

<地震に起因する津波>

- 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震 <右図中: 赤線>
- 津波地震 <右図中: 青線>
- 海洋プレート内地震(正断層型の地震) <右図中: 緑線>
- 海域の活断層による地殻内地震(恵山沖断層) <右図中: 黒線>

<地震以外に起因する津波>

- 陸上の地すべり及び斜面崩壊
- 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべり <右図中: 水色四角>
- 日高舟状海盆の海底地すべり(浦河沖の海底地すべり) <右図中: 紺色四角>
- 日本海溝付近における海山の海底地すべり
- ハワイ付近の海底地すべり
- 恵山の山体崩壊 <右図中: 赤三角>



各津波波源の位置関係

II. 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

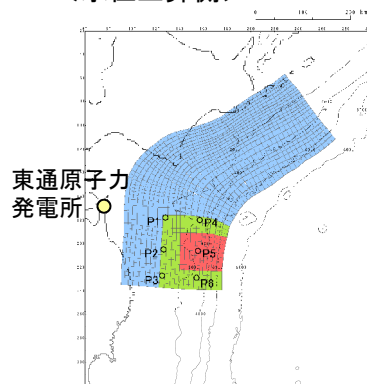
1. 評価対象とする津波の選定

■津波波源の選定

- 各津波発生要因の最大水位上昇量, 最大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決定ケースを対象とする。

【地震に起因する津波】 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震

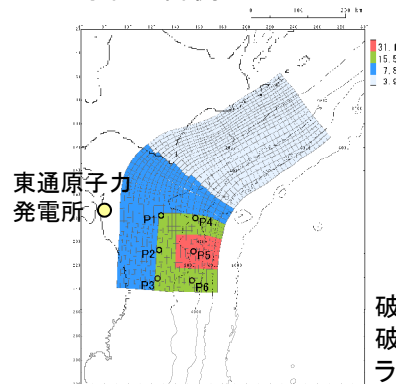
<水位上昇側>



基準断層モデル①

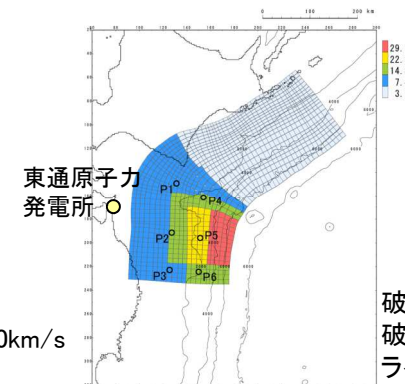
破壊開始点:P6
破壊伝播速度:2.0km/s
ライズタイム:60s

<水位下降側>



基準断層モデル②

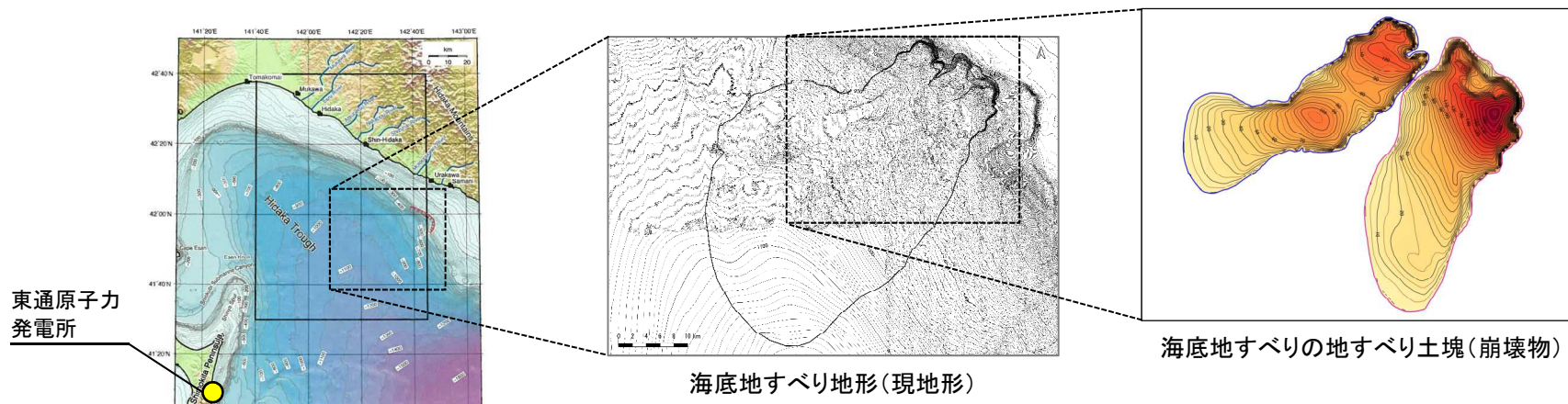
破壊開始点:P4
破壊伝播速度:1.0km/s
ライズタイム:60s



基準断層モデル③

破壊開始点:P1
破壊伝播速度:1.0km/s
ライズタイム:60s

【地震以外に起因する津波】 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)



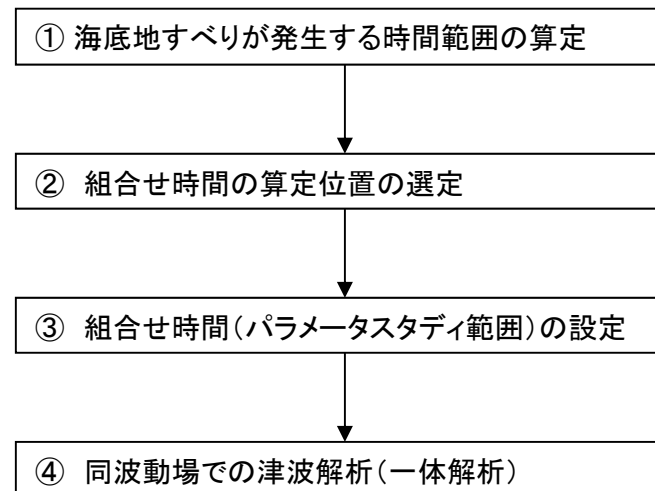
海底地すべり位置(産業技術総合研究所(2013)に一部加筆)

II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

2. 評価方針

- 日高舟状海盆の海底地すべりは、十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震による地震動が海底地すべり位置に到達する時間(T_s)から、海底地すべり位置での地震動継続時間(T_d)の時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)で発生するものとし、津波解析は同波動場で実施する(一体解析)。
- 地震と海底地すべりの組合せ時間について、発電所敷地前面(遡上域)及び発電所港湾内(海域)の複数地点を対象に、各津波の水位時刻歴波形の線形足し合わせにより、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及ぼす影響が大きい組合せ時間を算定する。
- 津波解析は、上記線形足し合わせにより算定した組合せ時間が同波動場による解析においても影響が大きくなるとは限らないことを踏まえ、各位置で算定した組合せ時間を基本として、日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の周期(約10分=約600秒)の1/100に相当する±6秒の範囲を対象に、3秒間隔でパラメータスタディを実施し、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を評価する。なお、±6秒の範囲でピークが確認できない場合には、ピークを確認できるまでパラメータスタディ範囲を拡大する。

【評価フロー】



II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

3. 海底地すべりが発生する時間範囲の算定

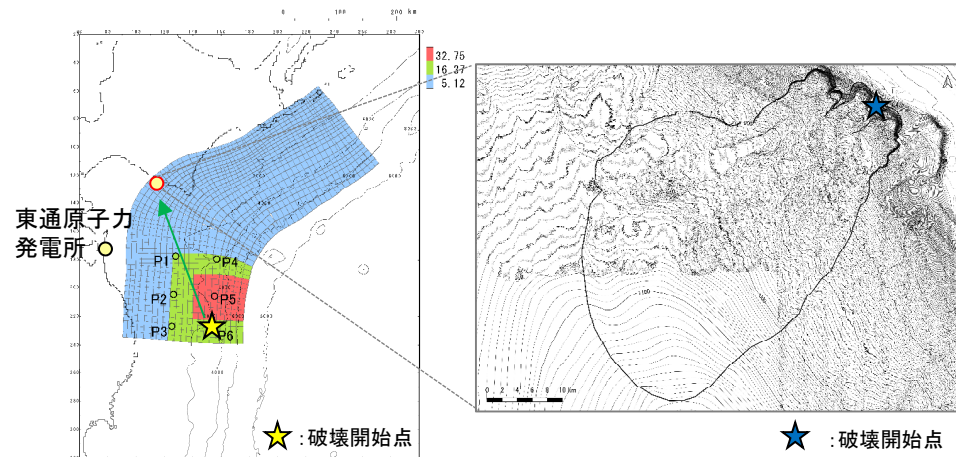
■算定方針

- 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震による地震動が海底地すべり位置に到達する時間(T_s)から, Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性から得られる地震動継続時間(T_d)の範囲($T_s \sim T_s + T_d$)で, 日高舟状海盆の海底地すべりが発生することを想定する。

■海底地すべりが発生する時間範囲の設定方法

① 地震動の到達時間(T_s)の算定

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

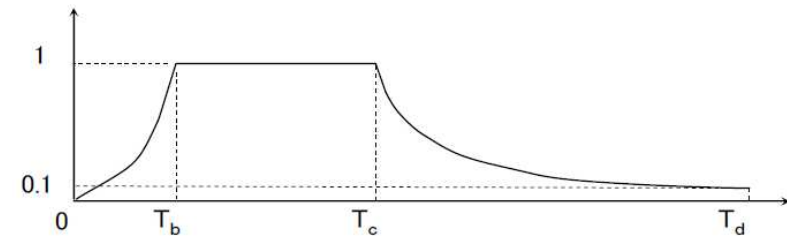


十勝沖・根室沖から岩手県沖北部
の連動型地震
水位上昇量決定ケース
(破壊開始点:P6)

日高舟状海盆の海底地すべり
(浦河沖の海底地すべり)

② 海底地すべり位置での地震動継続時間(T_d)の算定

- Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性から地震動が到達する時間(T_d)を算定する。



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

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

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

Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性

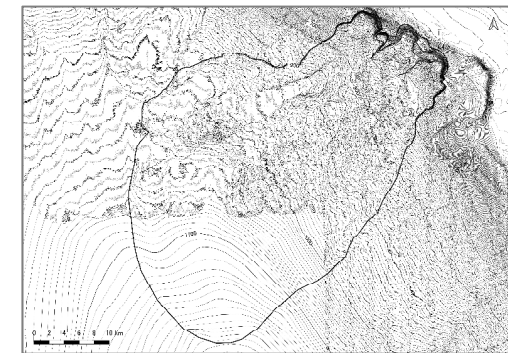
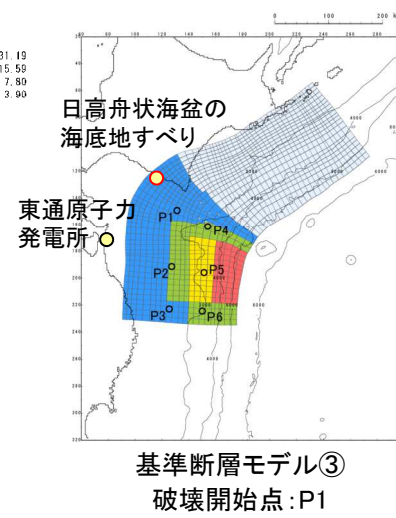
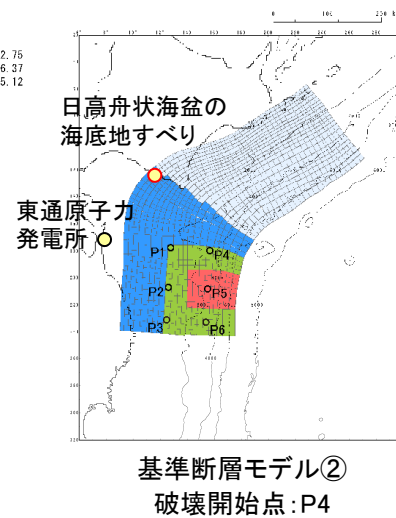
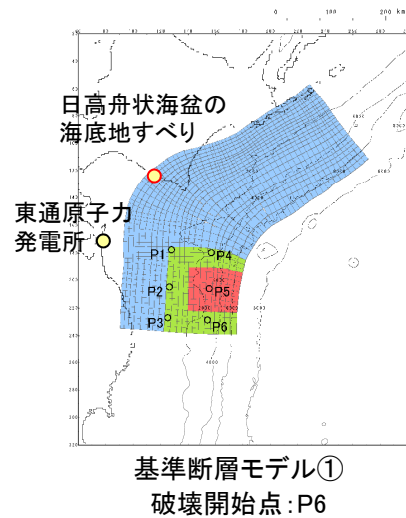
II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

3. 海底地すべりが発生する時間範囲の算定

■地震動の到達時間(T_s)の算定

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

区分	波源モデル	破壊開始点位置	海底地すべり	地震の破壊開始点から海底地すべり頂部までの距離(=震源距離)	S波速度	地震動到達時間(T_s)
水位上昇側	基準断層モデル①	P6	日高舟状海盆	258.3(km)	3.4(km/s)	76.0(s)
水位下降側	基準断層モデル②	P4	日高舟状海盆	153.8(km)	3.4(km/s)	45.2(s)
	基準断層モデル③	P1	日高舟状海盆	60.9(km)	3.4(km/s)	17.9(s)



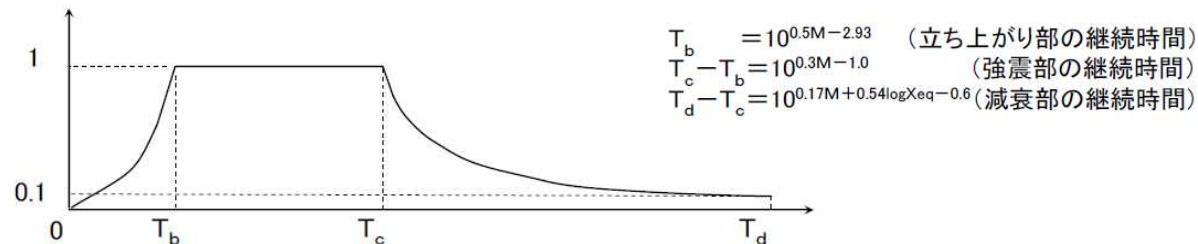
II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

3. 海底地すべりが発生する時間範囲の算定

■地震動継続時間(T_d)の算定

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

区分	波源モデル	破壊開始点	地震規模	地震の破壊開始点から海底地すべり頂部までの距離(=震源距離)	振幅包絡線の経時特性		
					T_b	T_c	T_d
水位上昇側	基準断層モデル①	P6	9.04	258.3(km)	38.9(s)	90.4(s)	263.9(s)
水位下降側	基準断層モデル②	P4	9.05	153.8(km)	39.4(s)	91.2(s)	222.9(s)
	基準断層モデル③	P1	9.04	60.9(km)	38.9(s)	90.4(s)	170.0(s)



Noda et al.(2002)による振幅包絡線の経時特性

■海底地すべりが発生する時間範囲の算定

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

区分	波源モデル	破壊開始点	地震動到達時間(T_s)	地震動継続時間(T_d)	海底地すべりが発生する時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)
水位上昇側	基準断層モデル①	P6	76.0(s)	263.9(s)	76.0(s) ~ 339.9(s)
水位下降側	基準断層モデル②	P4	45.2(s)	222.9(s)	45.2(s) ~ 268.1(s)
	基準断層モデル③	P1	17.9(s)	170.0(s)	17.9(s) ~ 187.9(s)

II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

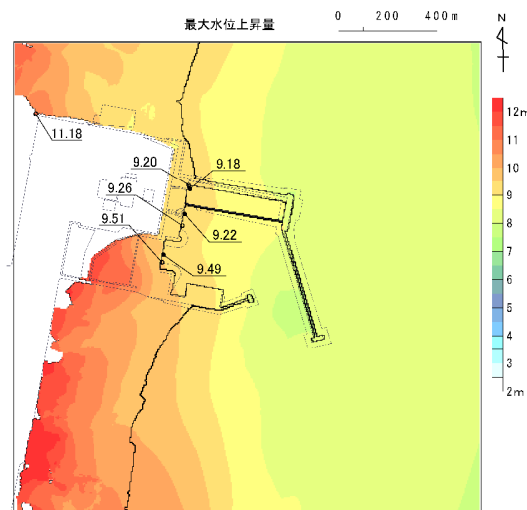
4. 組合せ時間の算定位置

■水位上昇側

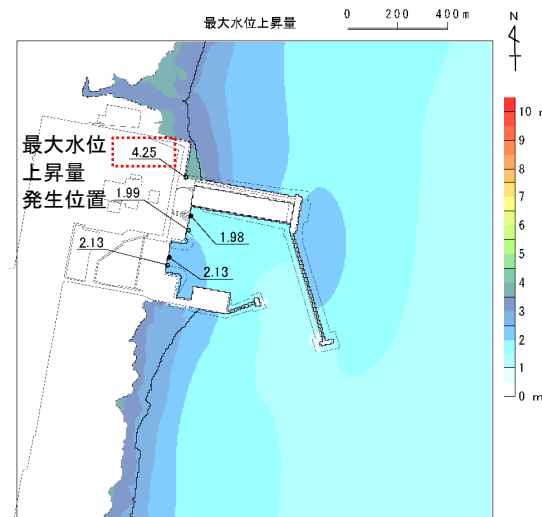
- 敷地前面(遡上域)については、十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震と日高舟状海盆の海底地すべりの最大水位上昇量分布(遡上範囲)の比較から、日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の最大水位上昇量発生位置を代表地点として、遡上域の津波高さに及ぼす影響が大きい組合せ時間を算定する。
- 発電所港湾内については、水位上昇側及び水位下降側の評価点である水位時刻歴波形抽出位置のうち十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震と日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波が到達する補機冷却海水系取水口前面及び取水口前面位置を対象に、津波高さに及ぼす影響が大きい組合せ時間を算定する。

■水位下降側

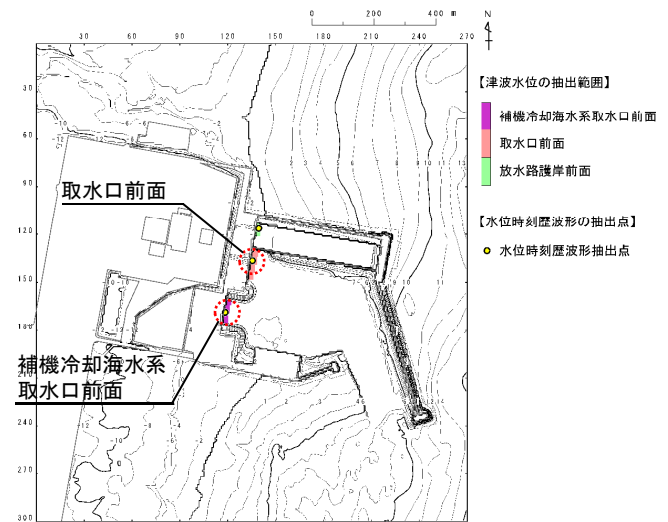
- 水位上昇側及び水位下降側の評価点である水位時刻歴波形の抽出位置のうち十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震と日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波が到達する補機冷却海水系取水口前面、取水口前面位置を対象に、津波高さに及ぼす影響が大きい組合せ時間を算定する。



十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震に伴う津波の最大水位上昇量分布
(基準断層モデル①)



日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形の抽出位置

II. 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

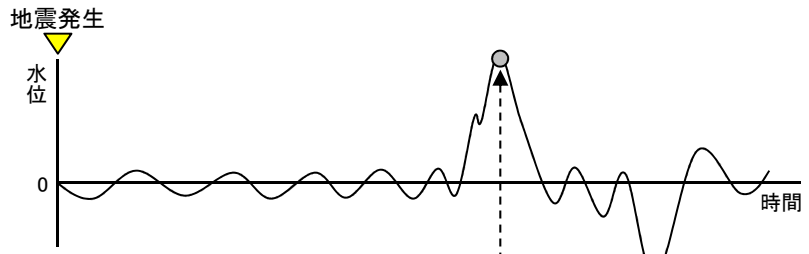
5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

■設定方針

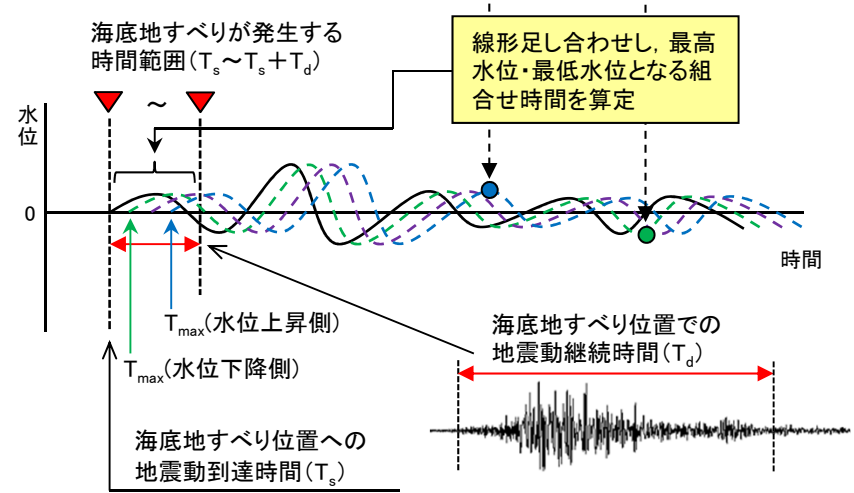
- 津波水位の大小と補機冷却海水系取水口敷高を下回る継続時間の長短には相関性があることを踏まえ、組合せ時間(パラメータスタディ範囲)は、津波水位に着目して設定する。具体的には、各算定位置における水位時刻歴波形を用いて、津波水位が最も高くなる、もしくは最も低くなる組合せ時間(T_{max})を線形足し合わせにより算定する(【STEP1】)。
- 各位置で算定した組合せ時間(T_{max})を基本として、日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の周期(約10分=約600秒)の1/100に相当する±6秒の範囲を対象に、3秒間隔でパラメータスタディを実施する(【STEP2】)。

【STEP1】線形足し合わせによる組合せ時間(T_{max})の算定

地震に起因する津波の水位時刻歴波形



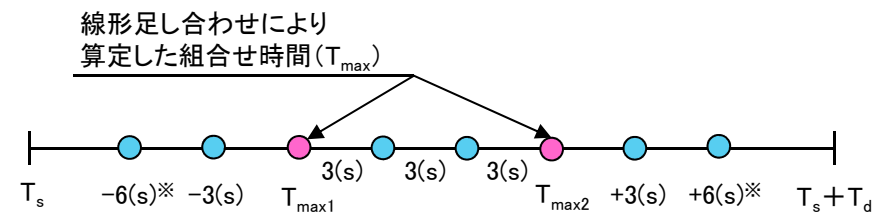
海底地すべりに起因する津波の水位時刻歴波形



【STEP2】組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

- STEP1で算定した各算定位置の組合せ時間(T_{max})を基本に、日高舟状海盆の海底地すべりの津波周期(約10分=600秒)の1/100に相当する±6秒の範囲を対象に、3秒間隔でパラメータスタディを実施する。
- 上記±6秒の範囲でピークが確認できない場合には、ピークを確認できるまでパラメータスタディ範囲を拡大する。

パラメータスタディ範囲の設定(概念)



※: ±6秒の範囲でピークが確認されない場合には、ピークが確認できるまでパラメータスタディ範囲を拡大する。

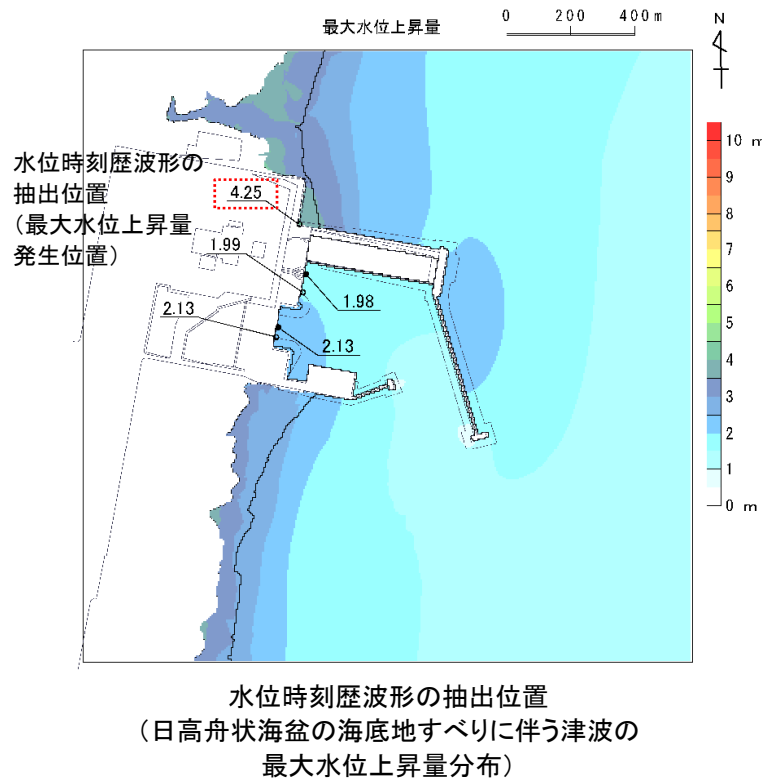
II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

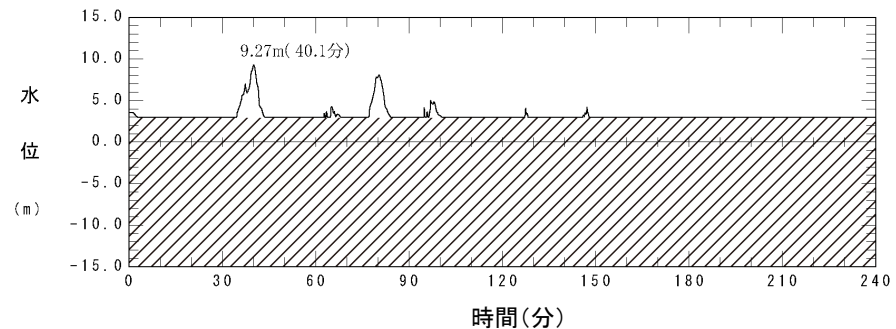
■線形足し合わせによる組合せ時間(Tmax)の算定(1/4)

【水位上昇側(基準断層モデル①)】敷地前面(日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の最大水位上昇量発生位置)(1/2)

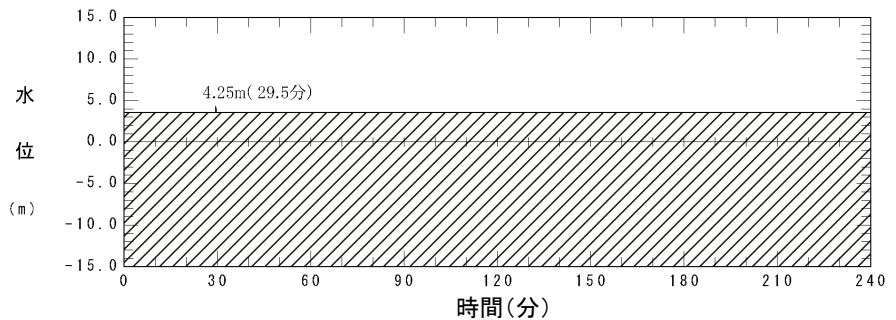
- ・ 日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の最大水位上昇量発生位置における各津波の水位時刻歴波形を以下に示す。
- ・ 日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波は、十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震に伴う津波よりも早く敷地前面(遼上域)に到達するとともに、第1波のみしか陸域に遡上しないことから(詳細は、次頁に記載)、海底地すべりが発生する時間範囲:76.0s~339.9sでは、十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震に伴う津波の水位上昇に影響しないことを確認した。



【各津波の水位時刻歴波形】



十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震に伴う津波
(基準断層モデル①)※



日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波※

※: 図中斜線部は水位抽出点の地盤の標高を示す

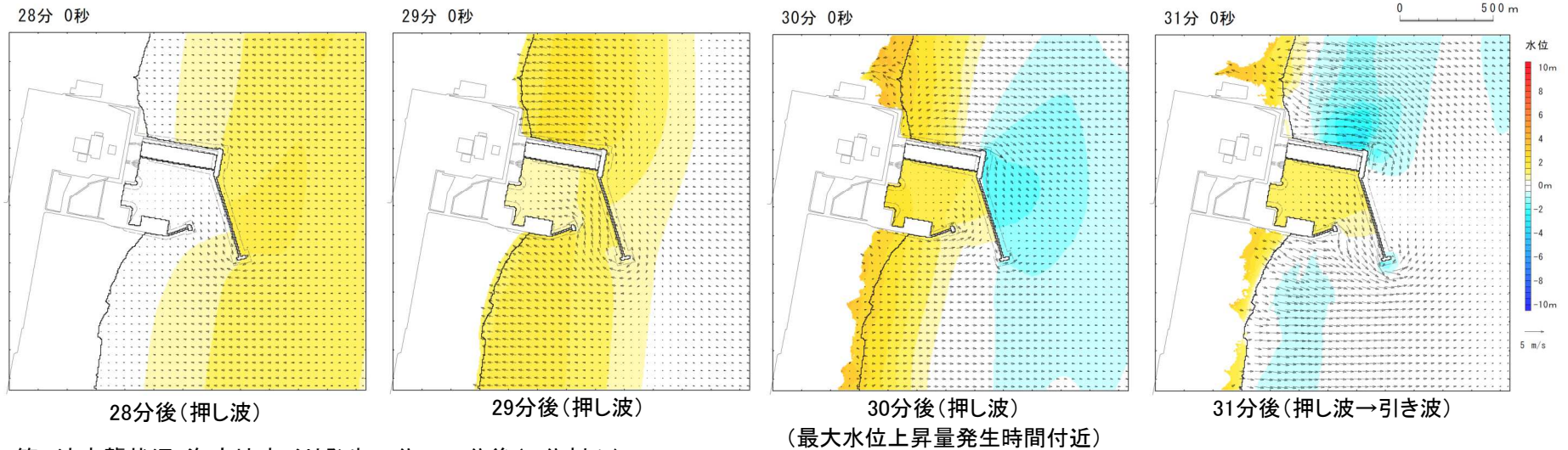
II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

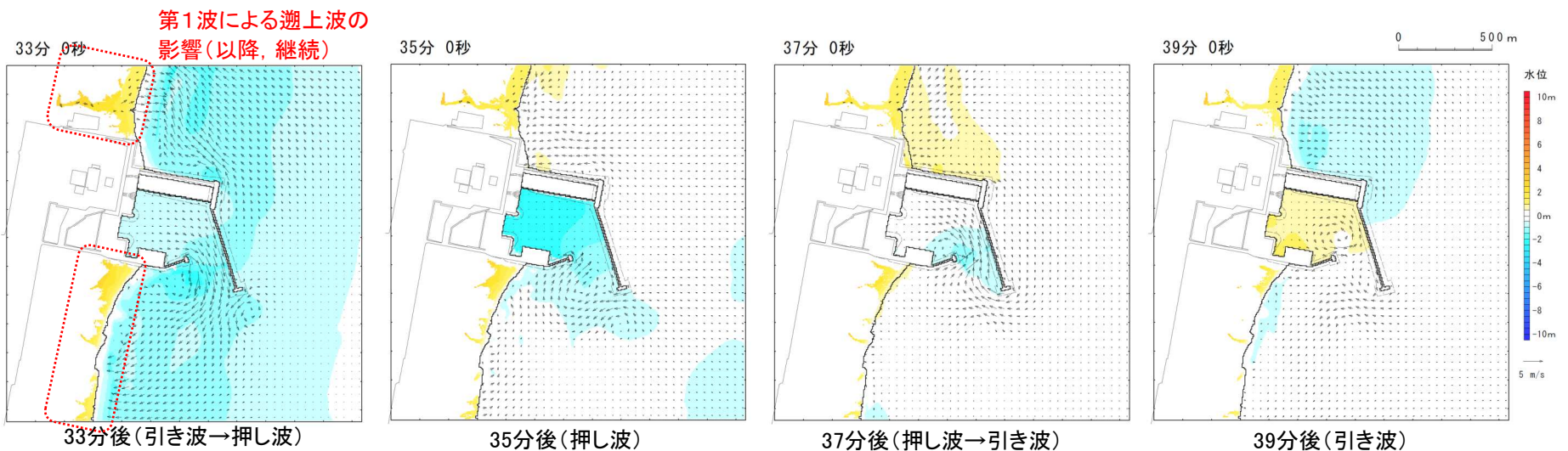
【水位上昇側(基準断層モデル①)】敷地前面(日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波の最大水位上昇量発生位置)(2/2)

- 日高舟状海盆の海底地すべりに伴う津波が敷地前面(遡上域)に到達する第1波及び第2波の来襲状況(スナップショット)を以下に示す。

■第1波来襲状況:海底地すべり発生28分~31分後(1分刻み)



■第2波来襲状況:海底地すべり発生33分~39分後(2分刻み)



II. 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

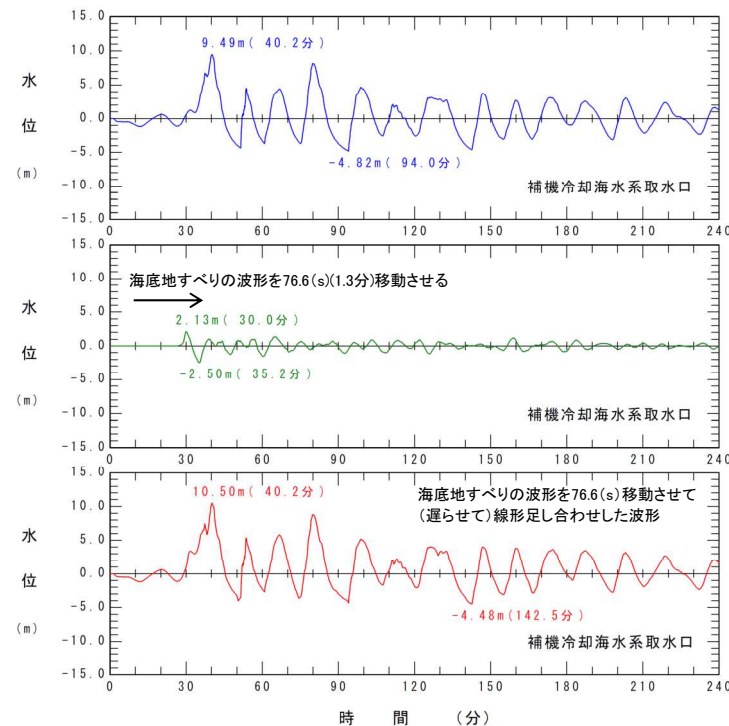
5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

■線形足し合わせによる組合せ時間(T_{max})の算定(2/4)

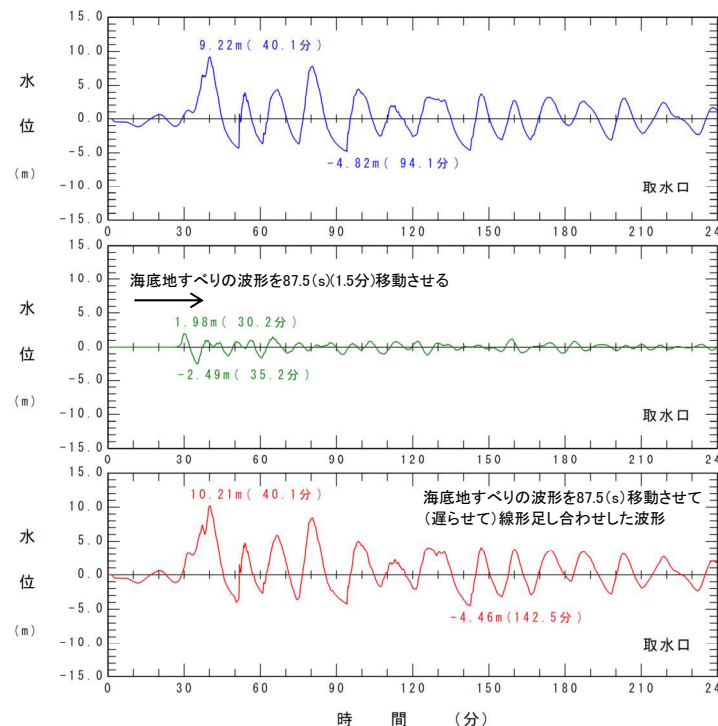
【水位上昇側(基準断層モデル①)】補機冷却海水系取水口前面, 取水口前面

- 各津波の補機冷却海水系取水口前面及び取水口前面位置における水位時刻歴波形を線形足し合わせし, 組合せ時間(T_{max})を以下のとおり算定した。

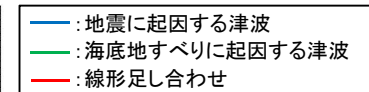
波源モデル		海底地すべりが発生する時間範囲 (T _s ~T _s +T _d)	組合せ時間(T _{max})	
十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の運動型地震	日高舟状海盆の海底地すべり		補機冷却海水系取水口前面	取水口前面
基準断層モデル①	二層流モデル	76.0(s)~339.9(s)	76.6(s)	87.5(s)



補機冷却海水系取水口前面



取水口前面



II. 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

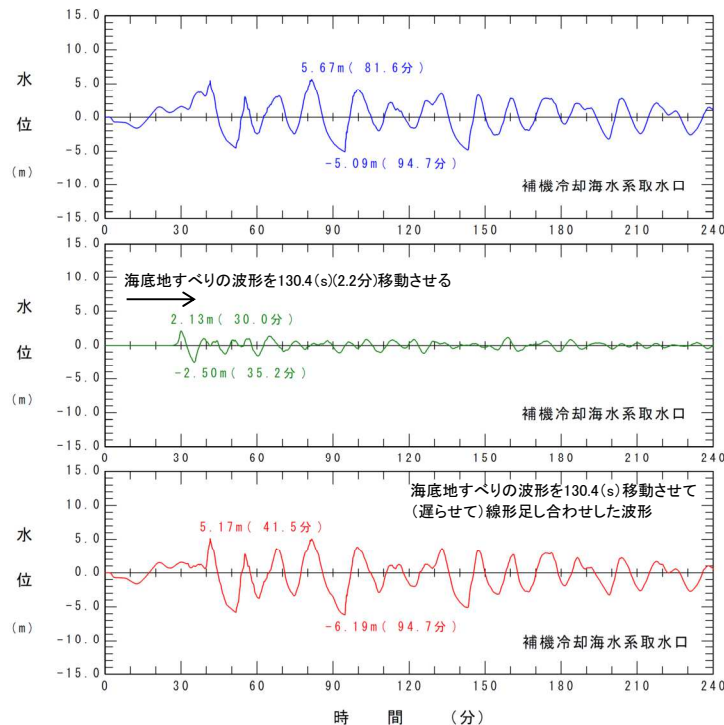
5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

■線形足し合わせによる組合せ時間(T_{max})の算定(3/4)

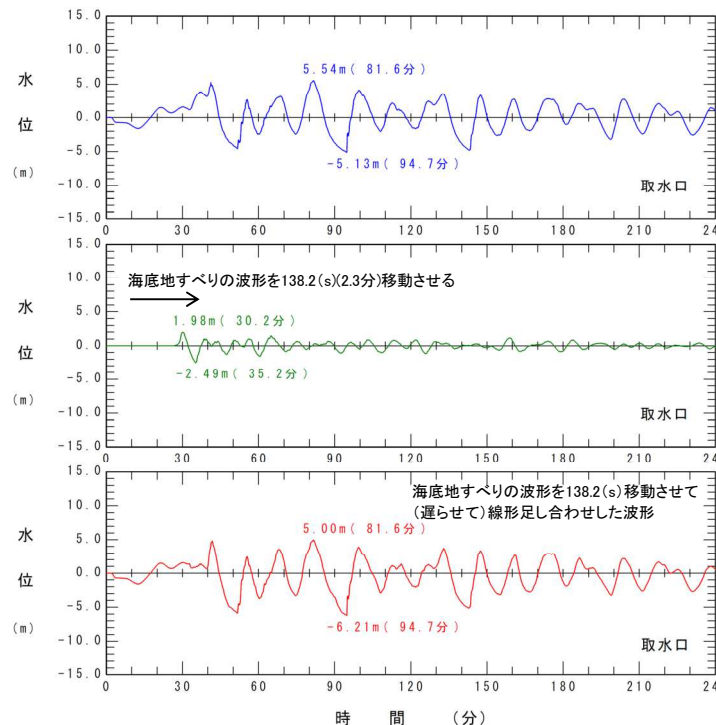
【水位下降側(基準断層モデル②)】補機冷却海水系取水口前面, 取水口前面

- 各津波の補機冷却海水系取水口前面及び取水口前面位置における水位時刻歴波形を線形足し合わせし, 組合せ時間(T_{max})を以下のとおり算定した。

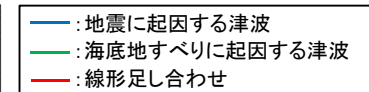
波源モデル		海底地すべりが発生する時間範囲 (T _s ~T _s +T _d)	組合せ時間(T _{max})	
十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の運動型地震	日高舟状海盆の海底地すべり		補機冷却海水系取水口前面	取水口前面
基準断層モデル②	二層流モデル	45.2(s)~268.1(s)	130.4(s)	138.2(s)



補機冷却海水系取水口前面



取水口前面



II. 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

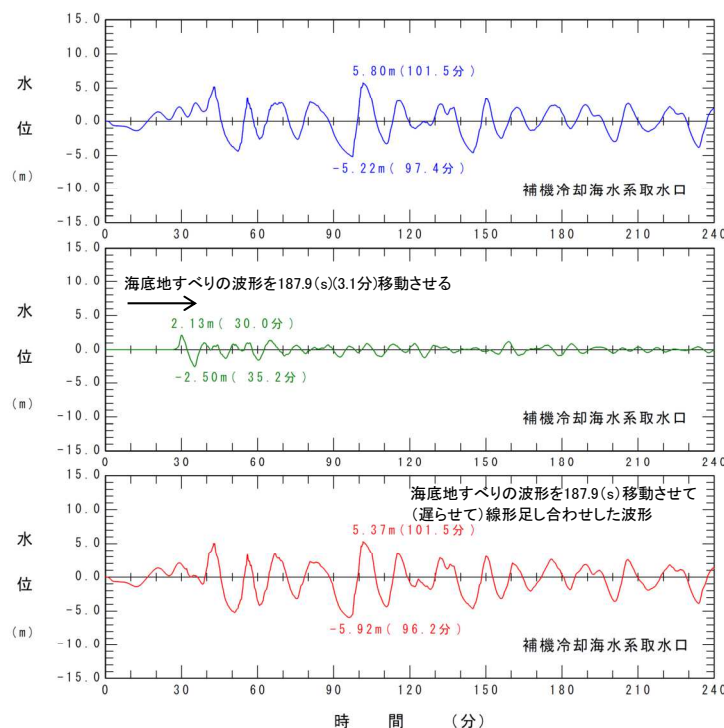
5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

■線形足し合わせによる組合せ時間(T_{max})の算定(4/4)

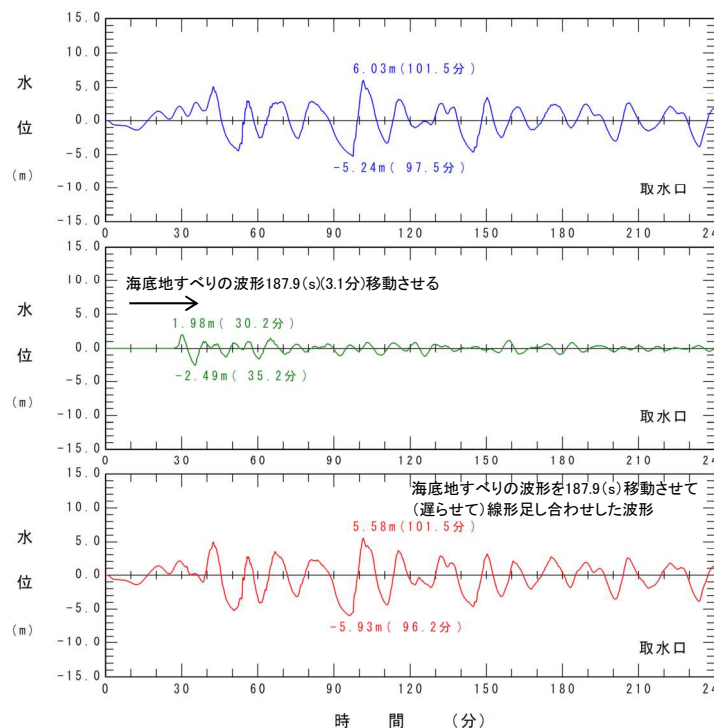
【水位下降側(基準断層モデル③)】補機冷却海水系取水口前面, 取水口前面

- 各津波の補機冷却海水系取水口前面及び取水口前面位置における水位時刻歴波形を線形足し合わせし, 組合せ時間(T_{max})を以下のとおり算定した。

波源モデル		海底地すべりが発生する時間範囲 (T _s ~T _s +T _d)	組合せ時間(T _{max})	
十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の運動型地震	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	取水口前面
基準断層モデル③	二層流モデル	17.9(s)~187.9(s)	187.9(s)	187.9(s)



補機冷却海水系取水口前面



取水口前面

—: 地震に起因する津波
—: 海底地すべりに起因する津波
—: 線形足し合わせ

II. 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

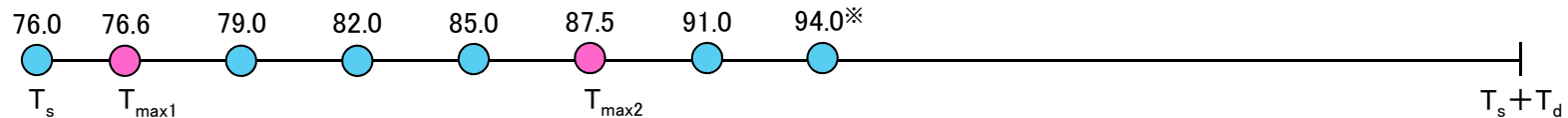
5. 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

■ 組合せ時間(パラメータスタディ範囲)の設定

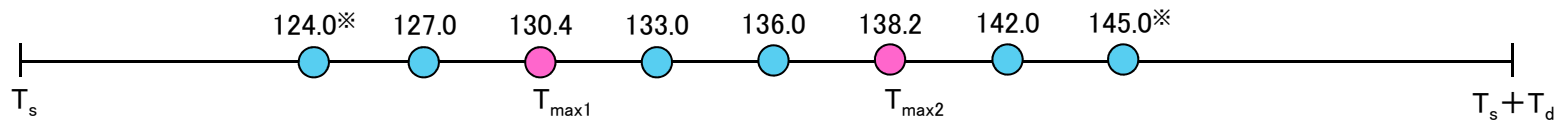
- 線形足し合わせによる組合せ時間(T_{max})を基本に、組合せ時間(パラメータスタディ範囲)を以下のとおり設定した。

	波源モデル		海底地すべりが発生する時間範囲($T_s \sim T_s + T_d$)	線形足し合わせによる組合せ時間		
	十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震	日高舟状海盆の海底地すべり		敷地前面	補機冷却海水系取水口前面(T_{max1})	取水口前面(T_{max2})
水位上昇側	基準断層モデル①	二層流モデル	76.0(s)～339.9(s)	重畳しない	76.6(s)	87.5(s)
水位下降側	基準断層モデル②	二層流モデル	45.2(s)～268.1(s)	—	130.4(s)	138.2(s)
	基準断層モデル③	二層流モデル	17.9(s)～187.9(s)	—	187.9(s)	187.9(s)

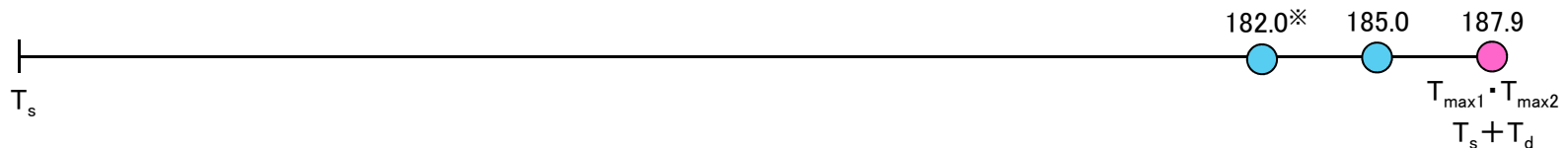
【水位上昇側(基準断層モデル①)】



【水位下降側(基準断層モデル②)】



【水位下降側(基準断層モデル③)】



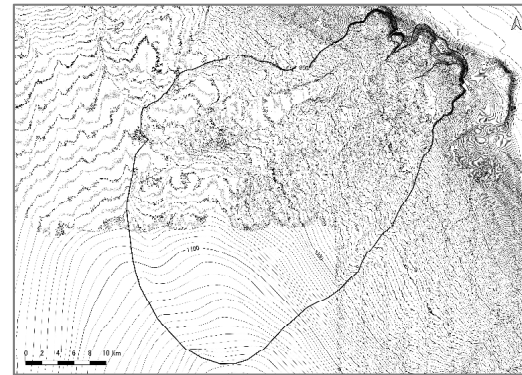
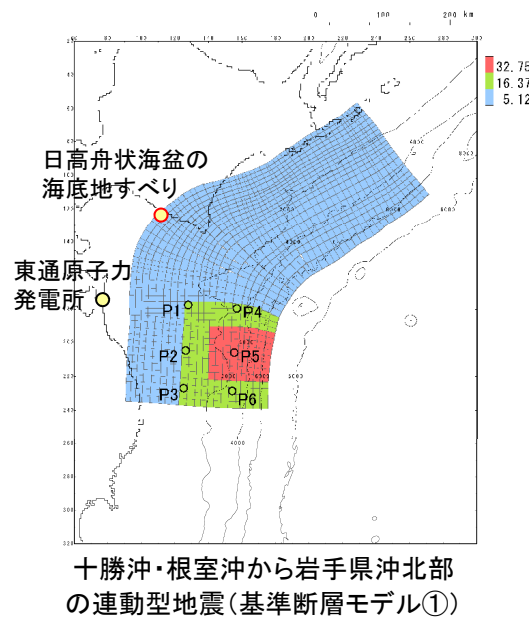
※:ピークが確認されない場合には、ピークが確認できるまでパラメータスタディ範囲を拡大する。

II. 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

6. 同波動場での津波解析: 水位上昇側

■ 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

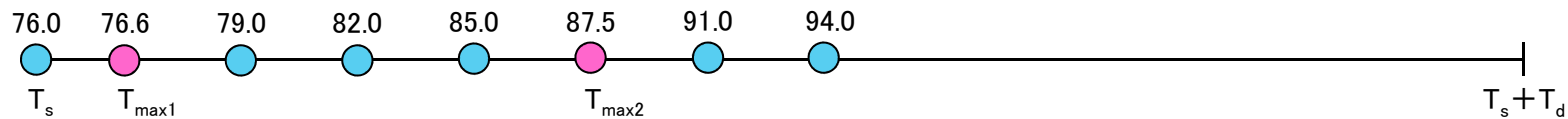
- 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震(基準断層モデル①)と日高舟状海盆の海底地すべりの組合せ時間をパラメータスタディした結果を以下に示す。



決定ケース

組合せ時間差 (s)	敷地前面最大水位上昇量 (m)	備考
76.0	10.10	
76.6	10.12	T_{max1}
79.0	10.09	
82.0	10.11	
85.0	10.10	
87.5	10.14	T_{max2}
91.0	10.11	
94.0	10.09	

【パラメータスタディ範囲】



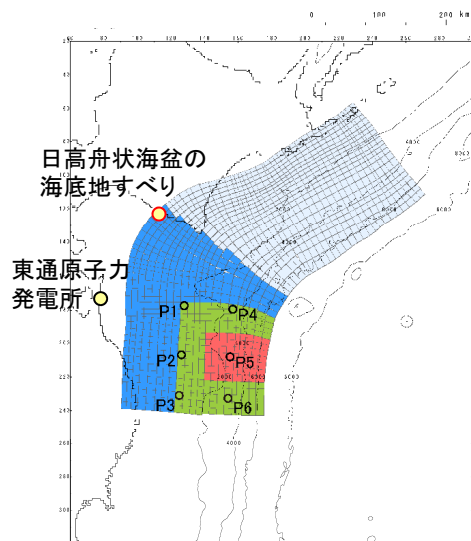
II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

6. 同波動場での津波解析: 水位下降側

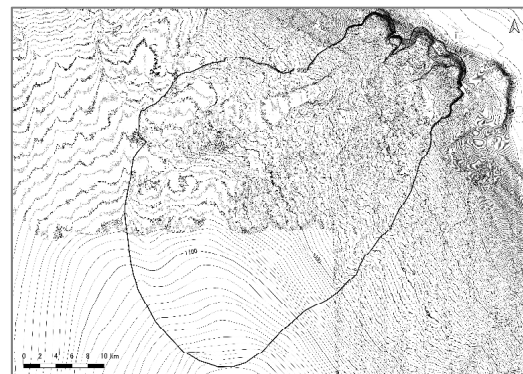
■ 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震: 基準断層モデル②

- 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②) と日高舟状海盆の海底地すべりの組合せ時間をパラメータスタディした結果を以下に示す。

 : 決定ケース



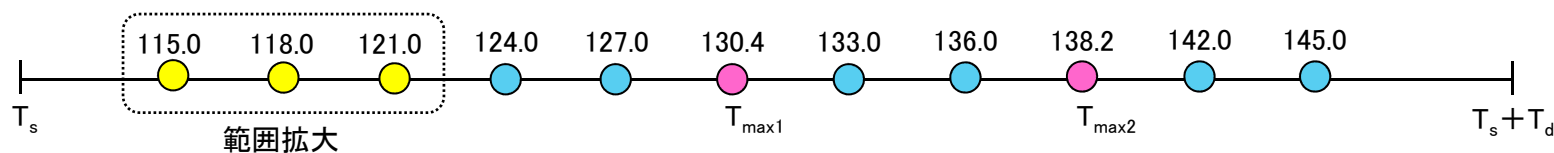
十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震 (基準断層モデル②)



日高舟状海盆の海底地すべり (浦河沖の海底地すべり)

組合せ時間差 (s)	補機冷却海水系取水口前面		備考
	最大水位下降量 (m)	取水口敷高を下回る継続時間 (分)	
115.0	-5.113	4.4	範囲拡大
118.0	-5.114	4.4	範囲拡大
121.0	-5.12 (-5.115)	4.4	範囲拡大
124.0	-5.111	4.4	
127.0	-5.109	4.4	
130.4	-5.110	4.4	T_{max1}
133.0	-5.109	4.4	
136.0	-5.107	4.4	
138.2	-5.105	4.4	T_{max2}
142.0	-5.10	4.3	
145.0	-5.10	4.3	

【パラメータスタディ範囲】

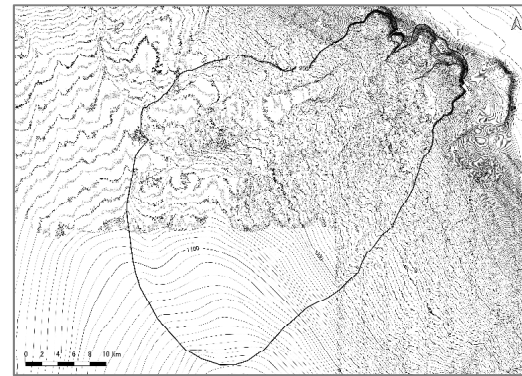
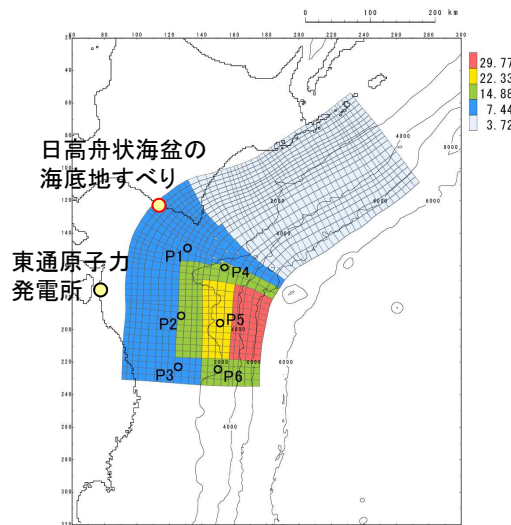


II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

6. 同波動場での津波解析: 水位下降側

■ 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

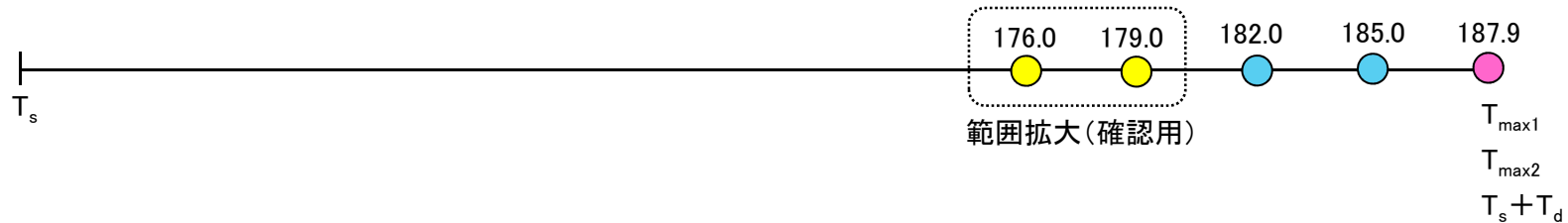
- 十勝沖・根室沖から岩手県沖北部の連動型地震(基準断層モデル③)と日高舟状海盆の海底地すべりの組合せ時間をパラメータスタディした結果を以下に示す。



日高舟状海盆の海底地すべり
(浦河沖の海底地すべり)

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)

【パラメータスタディ範囲】



決定ケース

組合せ 時間差 (s)	補機冷却海水系取水口前面		備考
	最大水位 下降量(m)	取水口敷高を 下回る 継続時間(分)	
176.0	-5.21	4.2	範囲拡大
179.0	-5.25	4.3	範囲拡大
182.0	-5.286	4.4	
185.0	-5.288	4.5	
187.9	-5.29 (-5.290)	4.5	T _{max1} T _{max2}

II. 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

7. 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

- 各評価位置における最大水位上昇量及び最大水位下降量を以下に示す。

【水位上昇側】

波源モデル		最大水位上昇量 (m)			
地震	海底地すべり	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
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)	日高舟状海盆 (二層流モデル)	10.14	8.74	9.03	8.57

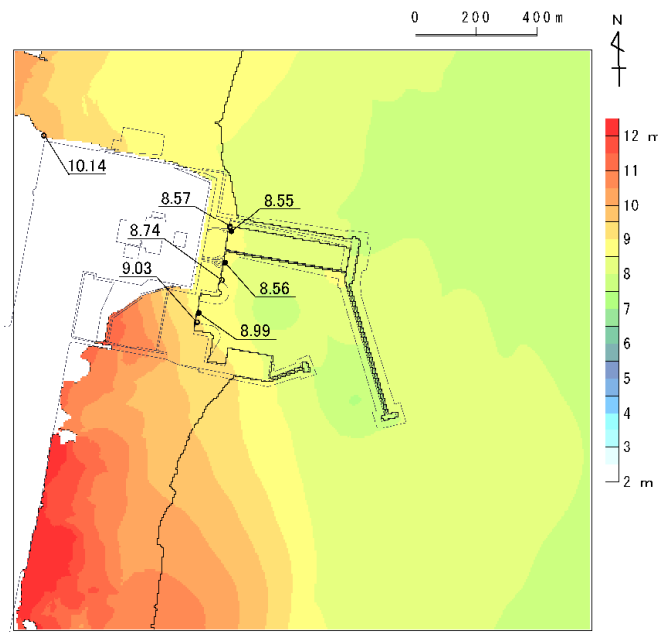
【水位下降側】

波源モデル		補機冷却海水系取水口前面	
地震	海底地すべり	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 (基準断層モデル②)	日高舟状海盆 (二層流モデル)	-5.12	4.4
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)	日高舟状海盆 (二層流モデル)	-5.29	4.5
非常用海水ポンプの運転可能継続時間		約35	

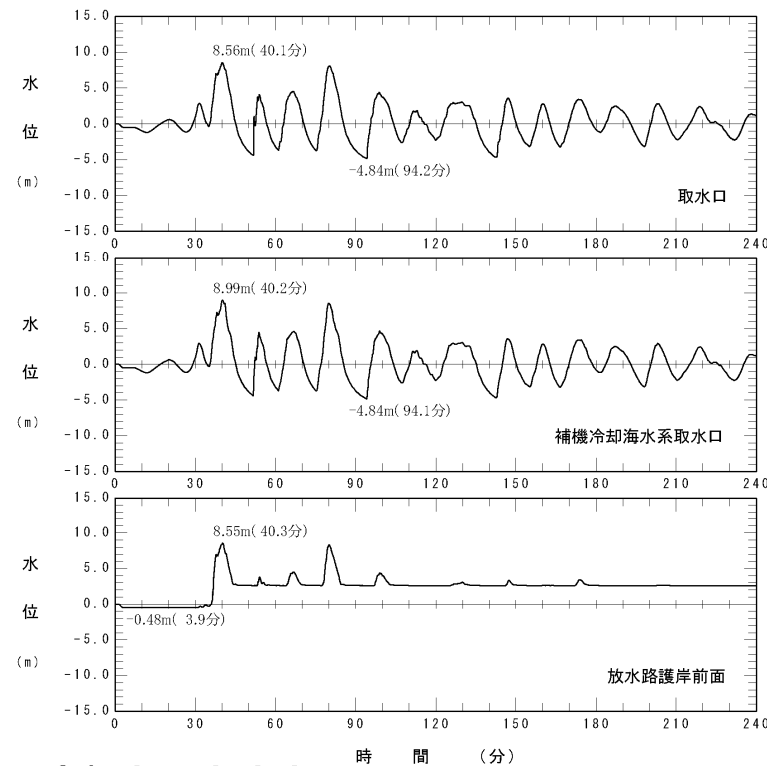
II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

7. 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

波源モデル		最大水位上昇量 (m)			
地震	海底地すべり	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
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)	日高舟状海盆(二層流モデル)	10.14	8.74	9.03	8.57



最大水位上昇量分布

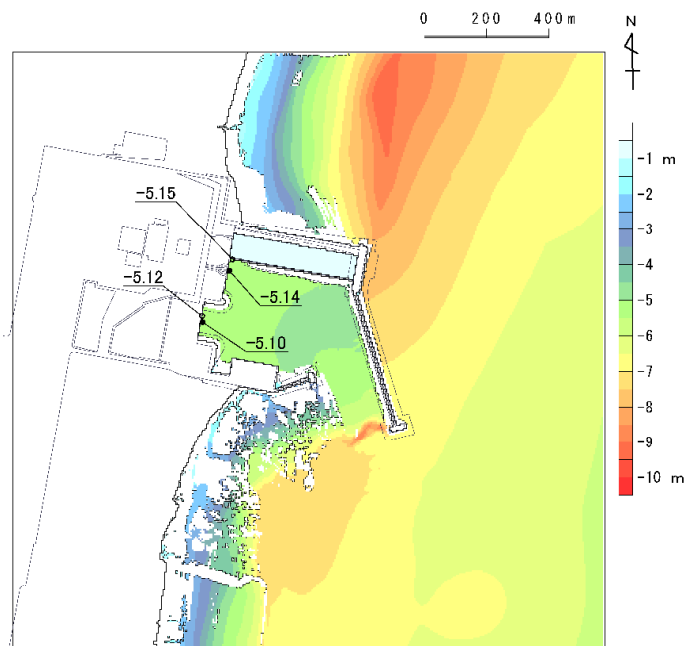


取水口前面, 補機冷却海水系取水口前面, 放水路護岸前面における水位時刻歴波形

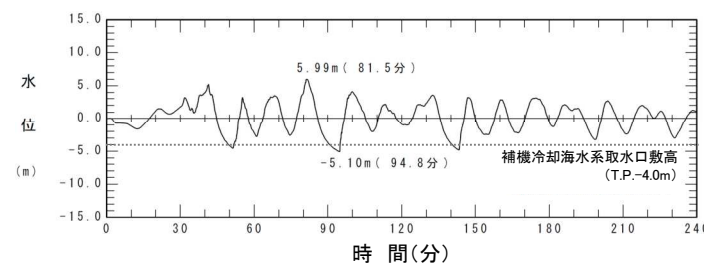
II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

7. 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

波源モデル		補機冷却海水系取水口前面	
地震	海底地すべり	最大水位下降量 (m)	取水口敷高を下回る時間 (分)
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②)	日高舟状海盆 (二層流モデル)	-5.12	4.4



最大水位下降量分布

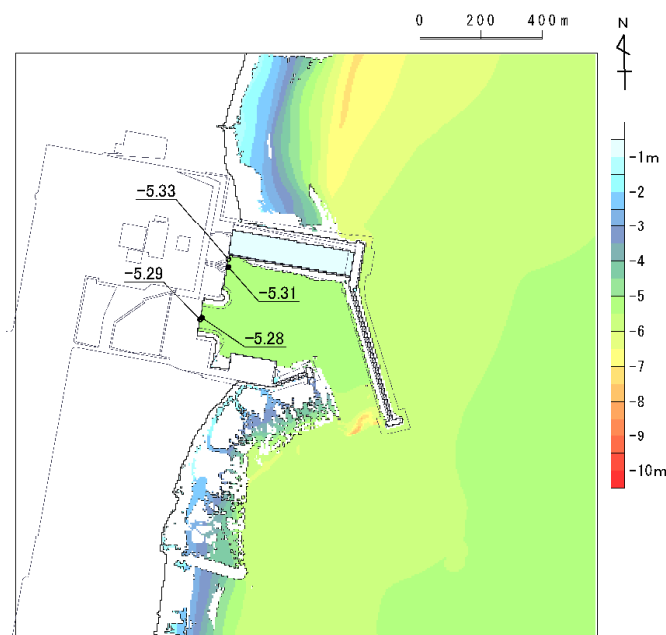


補機冷却海水系取水口前面における
水位時刻歴波形

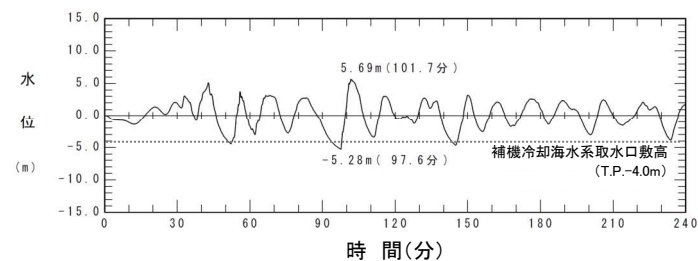
II. 地震に起因する津波と地震以外に起因する津波の組合せの評価

7. 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

波源モデル		補機冷却海水系取水口前面	
地震	海底地すべり	最大水位下降量 (m)	取水口敷高を下回る時間 (分)
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)	日高舟状海盆 (二層流モデル)	-5.29	4.5



最大水位下降量分布



補機冷却海水系取水口前面における
水位時刻歴波形

Ⅲ. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりの評価 (第1068回審査会合資料(抜粋))

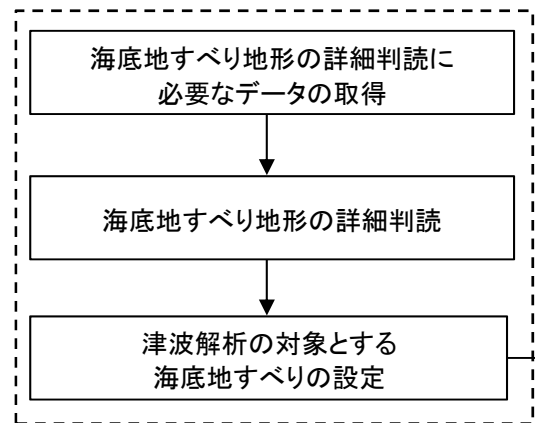
1. 検討概要
2. 海底地すべり前の地形(復元地形)の作成
3. 津波解析

Ⅲ. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりの評価

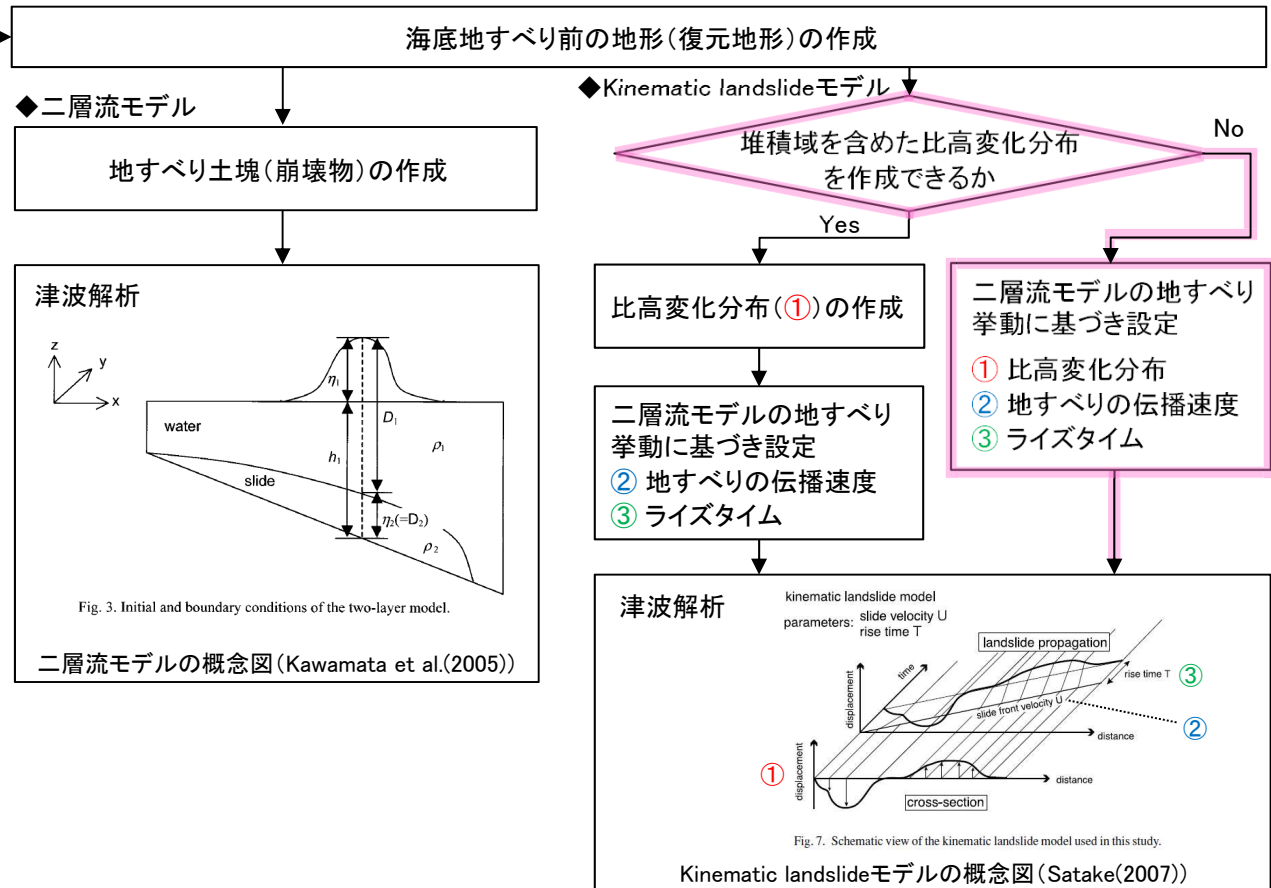
1. 検討概要

- 以下フローに基づき津波解析を実施した。
- Kinematic landslideモデルに用いる比高変化分布について、海底地すべり堆積域の海底地形データの解像度が低く、海底地形データから比高変化分布を作成できないため、二層流モデルから得られる地すべりの挙動に基づき設定した。解析に用いる比高変化分布、地すべり伝播速度及びライズタイムについては、二層流モデルによる地すべり挙動に基づき、水位への影響が大きくなるように保守的に設定した。

STEP1: 解析対象とする海底地すべりの設定



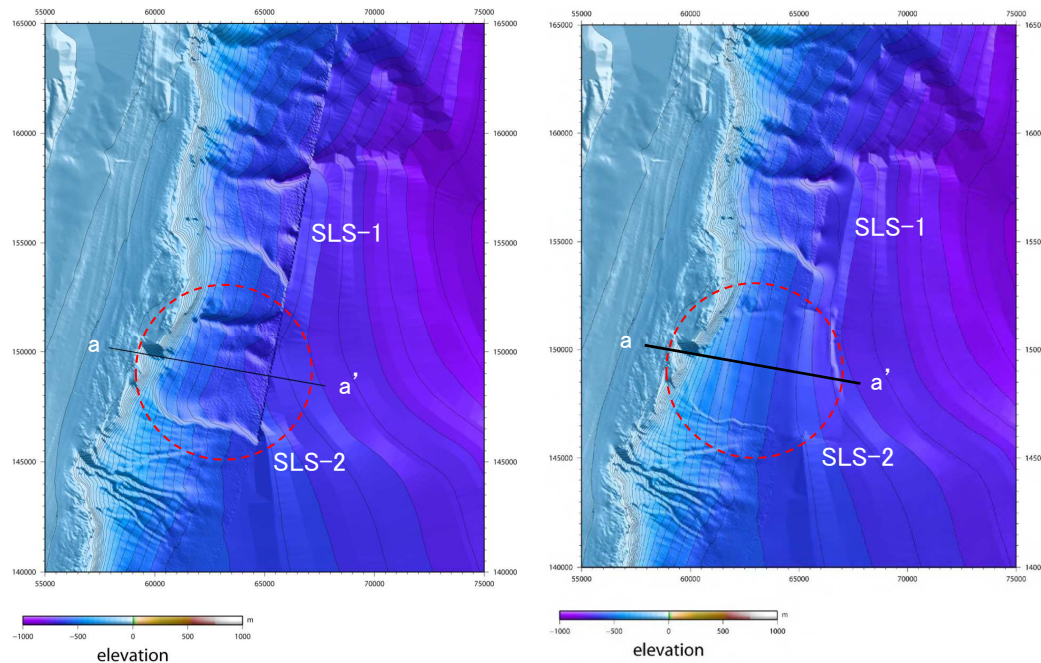
STEP2: 津波解析



Ⅲ. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりの評価

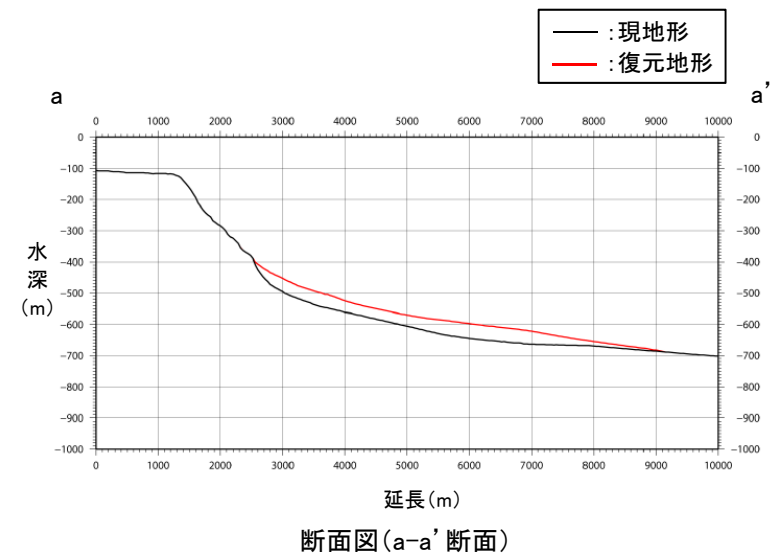
2. 海底地すべり前の地形(復元地形)の作成

- 海底地すべり地形(SLS-2)と、同地すべり地形周辺における海底地形(等深線)の関係から、海底地すべり前の地形を復元した。



海底地すべり地形(現地形)
(平面図)

海底地すべり前の地形(復元地形)
(平面図)



断面図(a-a'断面)

Ⅲ. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりの評価

3. 津波解析

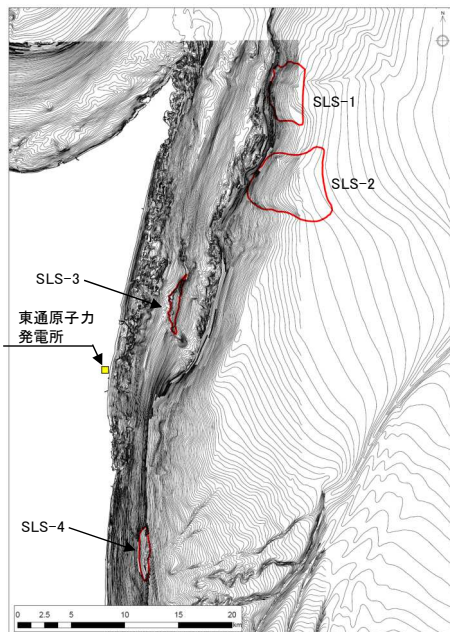
■二層流モデル：パラメータの設定

- 二層流モデルに用いたパラメータを下表に示す。
- 崩壊物の密度については、東京電力㈱、リサイクル燃料貯蔵㈱、日本原燃㈱及び当社で実施した海底地形調査で柱状採泥により採取した試料の室内試験で算定した湿潤密度を用いた。

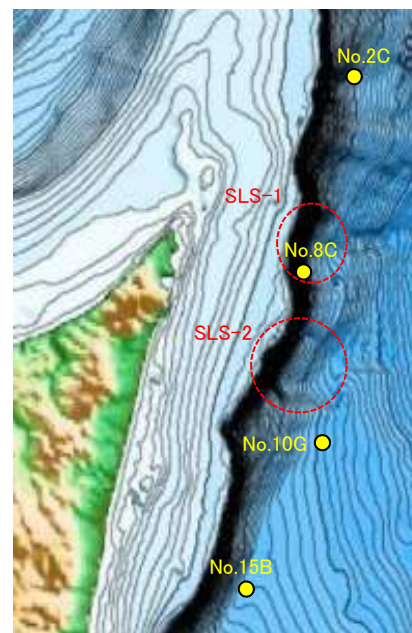
【パラメータの設定】

項目	設定値	備考
海水密度 $\rho 1$ (g/cm ³)	1.03	一般値
崩壊物の密度 $\rho 2$ (g/cm ³)	1.724	共同調査結果より
上層(水)の海底摩擦 (m ^{-1/3} ・s)	0.03	地震に起因する津波と同様
下層(土砂)の粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	0.40	Kawamata et al. (2005)
界面抵抗係数 f_{int}	0.0	Kawamata et al. (2005)
水平渦動粘性係数	考慮しない	地震に起因する津波と同様

【崩壊物の密度の算定】



海底地すべり位置



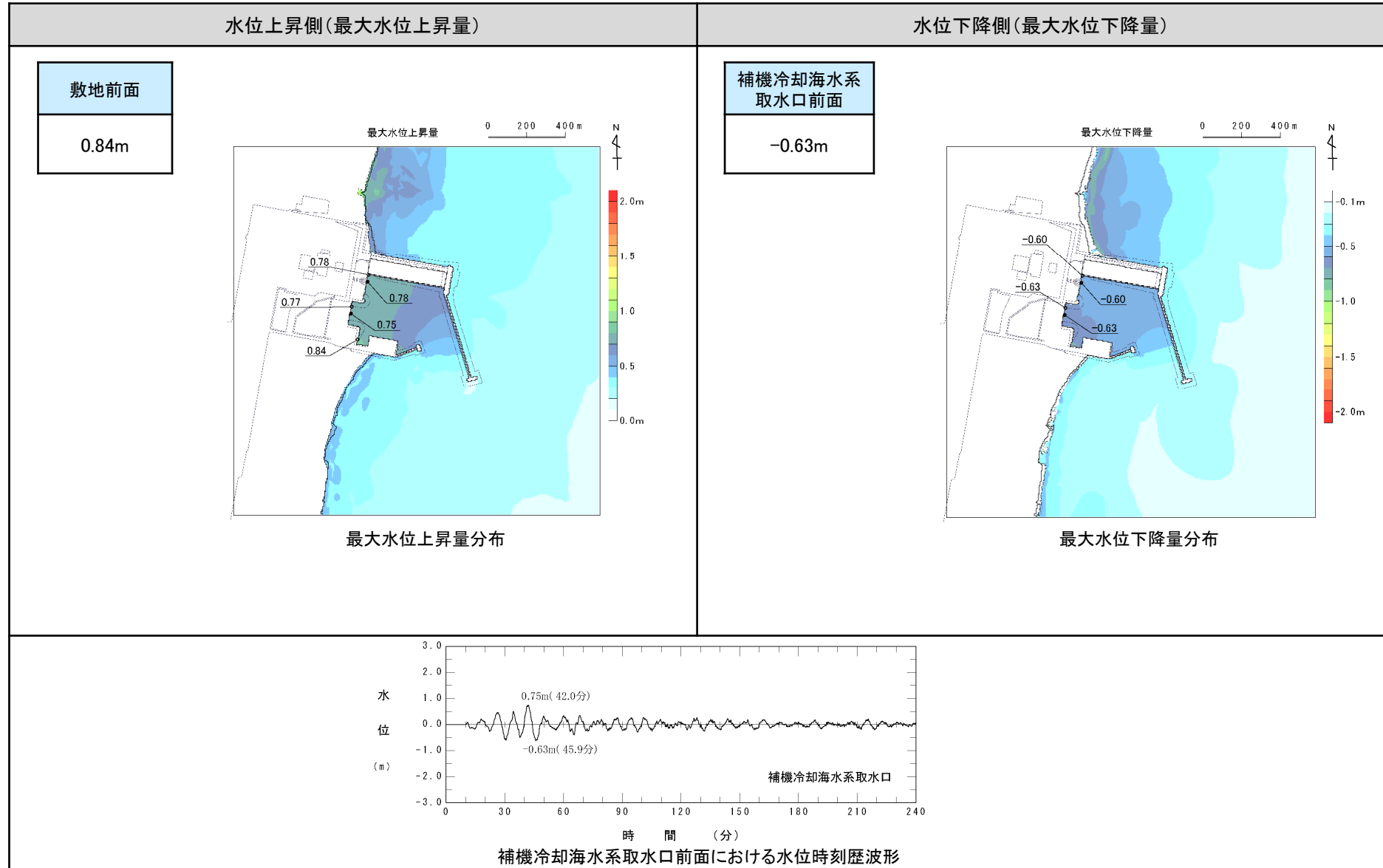
試料採取位置

試料番号	湿潤密度 (g/cm ³)
No.2C	1.651
No.8C	1.796
No.10G	1.745
No.15B	1.703
平均値	1.724

Ⅲ. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりの評価

3. 津波解析

■二層流モデル: 解析結果

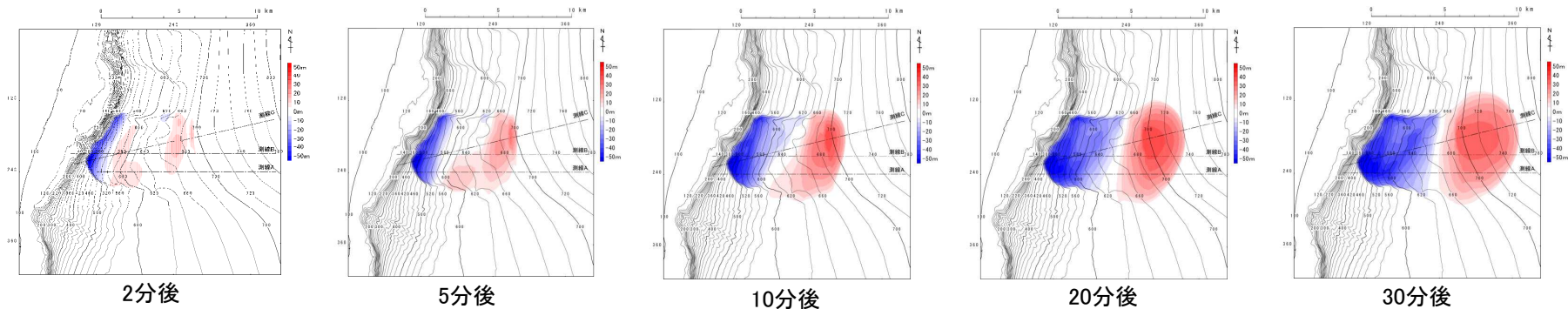


3. 津波解析

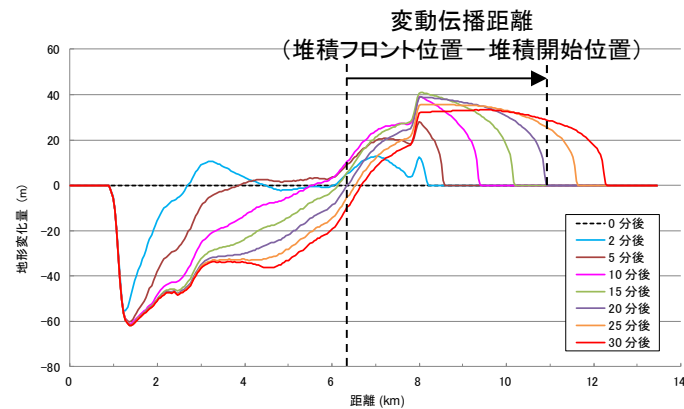
■Kinematic landslideモデル:パラメータの設定

- 解析に用いる各パラメータは、二層流モデルによる地すべり挙動に基づき、水位への影響が大きくなるように保守的に設定する。
- 二層流モデルから得られる地すべり発生2分後～30分後の地すべり挙動(スナップショット)を以下に示す。これから、地すべり発生20分後～30分後で概ね崩壊域が形成されることを踏まえ、比高変化量が大きく、地すべり伝播速度及びライズタイムが保守的となる地すべり発生20分後の比高変化分布を用いる。
- 地すべり伝播速度について、海底地すべり地形(現地形)から、海底地すべりは大陸棚斜面を滑落(Slide)して発生したと考えられることから、地震発生20分後の海底地すべり地形の堆積開始位置と堆積フロント位置を変動伝播距離とし、4m/sに設定した。
- ライズタイムについては、地形変化量の時系列から、崩壊域、堆積域ともに約30分間変動が継続するものの、崩壊域の最上部において2分程度で変動終了する範囲もあることから、保守的に2分(120秒)に設定した。
- 崩壊域、堆積域の破壊開始位置については、各領域の頂部に設定した。

【二層流モデルから得られる地すべり挙動(スナップショット)(青:崩壊域, 赤:堆積域)】



【二層流モデルから得られる地すべりの地形断面変化(測線C)】

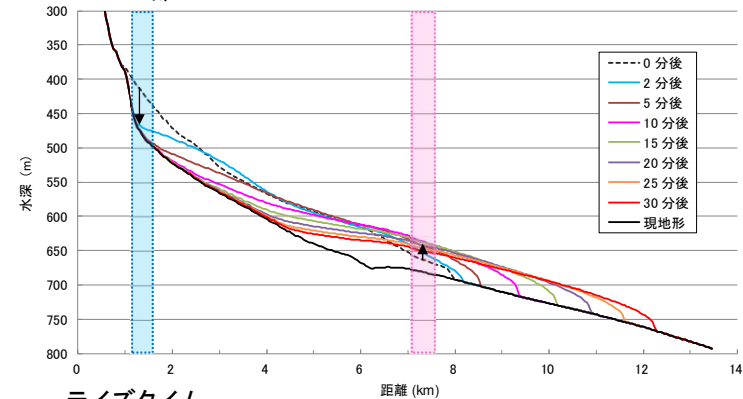


地すべり伝播速度

$$= \text{変動伝播距離 (堆積フロント位置 - 堆積開始位置)} \div \text{伝播時間}$$

$$= 4.69\text{km} \div 1200\text{s} = 3.91\text{m/s} \approx 4\text{m/s}$$

崩壊域 上部
堆積量 最大域

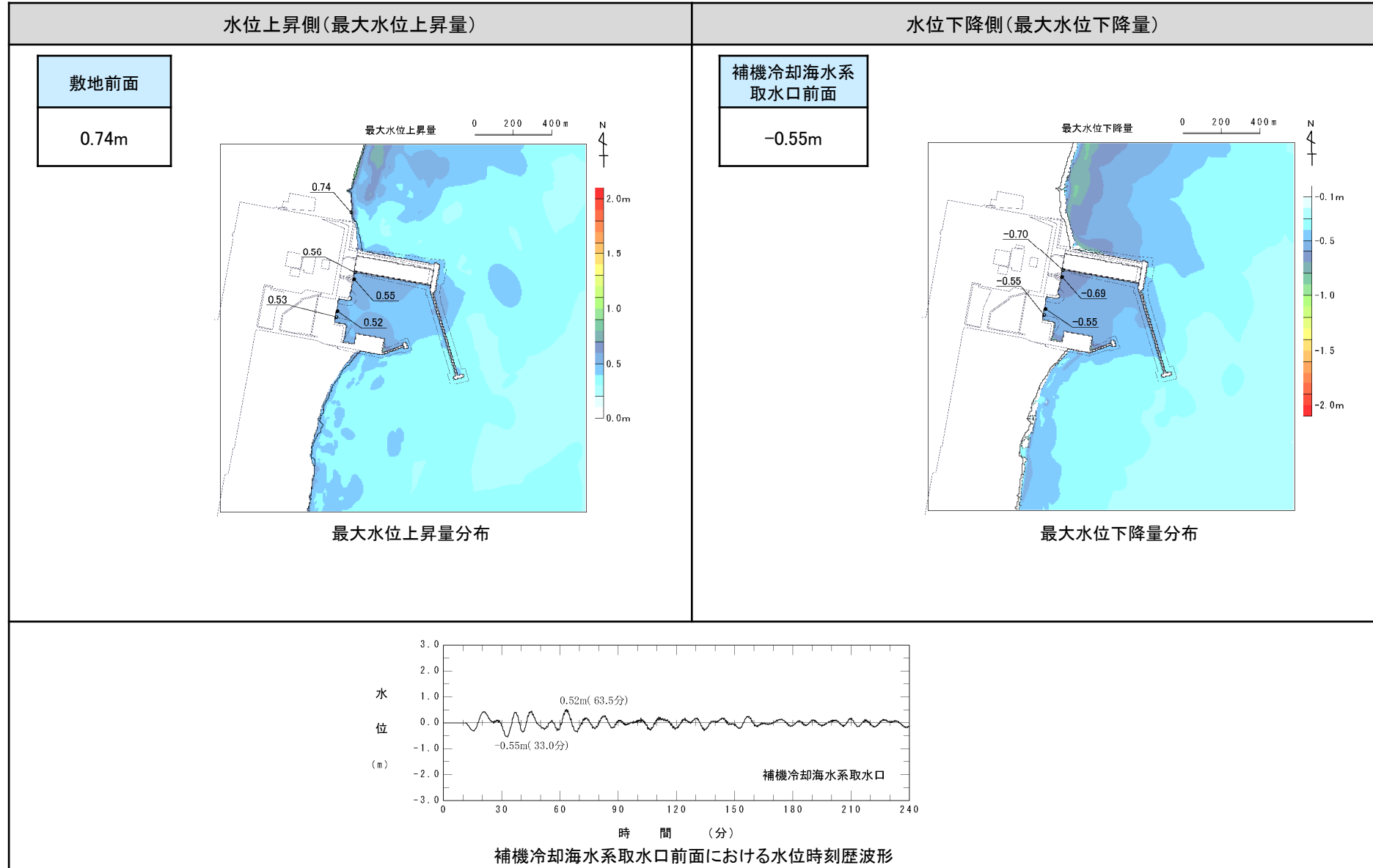


ライズタイム

変動は30分間継続するが、崩壊域上部では2分程度で変動終了することから、保守的に2分(120s)に設定

Ⅲ. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりの評価 3. 津波解析

■ Kinematic landslideモデル : 解析結果



Ⅲ. 下北太平洋側大陸棚外縁の海底地すべりの評価

3. 津波解析

- 各海底地すべりの最大水位上昇量, 最大水位下降量を以下に示す。

【水位上昇側】

海底地すべり	モデル	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
下北太平洋側大陸棚外縁(SLS-2)	二層流モデル	0.84※ ¹	0.78	0.77	—※ ²
	Kinematic landslideモデル	0.74※ ¹	0.56	0.53	—※ ²

※1: 敷地前面まで津波が到達しないため, 敷地周辺での最大水位上昇量を記載。

※2: 放水路護岸前面まで津波が到達しない。

【水位下降側】

海底地すべり	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時間(分)
下北太平洋側大陸棚外縁(SLS-2)	二層流モデル	-0.63	—※ ³
	Kinematic landslideモデル	-0.55	—※ ³
非常用海水ポンプの運転可能継続時間			約35

※3: 取水口敷高(T.P.-4.0m)を下回らない。

参考文献

参考文献

1. 独立行政法人産業技術総合研究所(2013):日高舟状海盆表層堆積図説明書
2. S.Noda, K.Yashiro, K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe(2002):RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul
3. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009):付録3 震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)
4. K.KAWAMATA, K.TAKAOKA, K.BAN, F.IMAMURA, S.YAMAKI AND E.KOBAYASHI(2005):MODEL OF TSUNAMI GENERTION BY COLLAPSE OF VOLCANIC ERUPTION:THE 1741 OSHIMA-OSHIMA TSUNAMI, Tsunamis:Case Studies and Recent Developments, 79-96
5. Kenji Satake(2007):Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, Earth Planets Space, 59, 381-390