

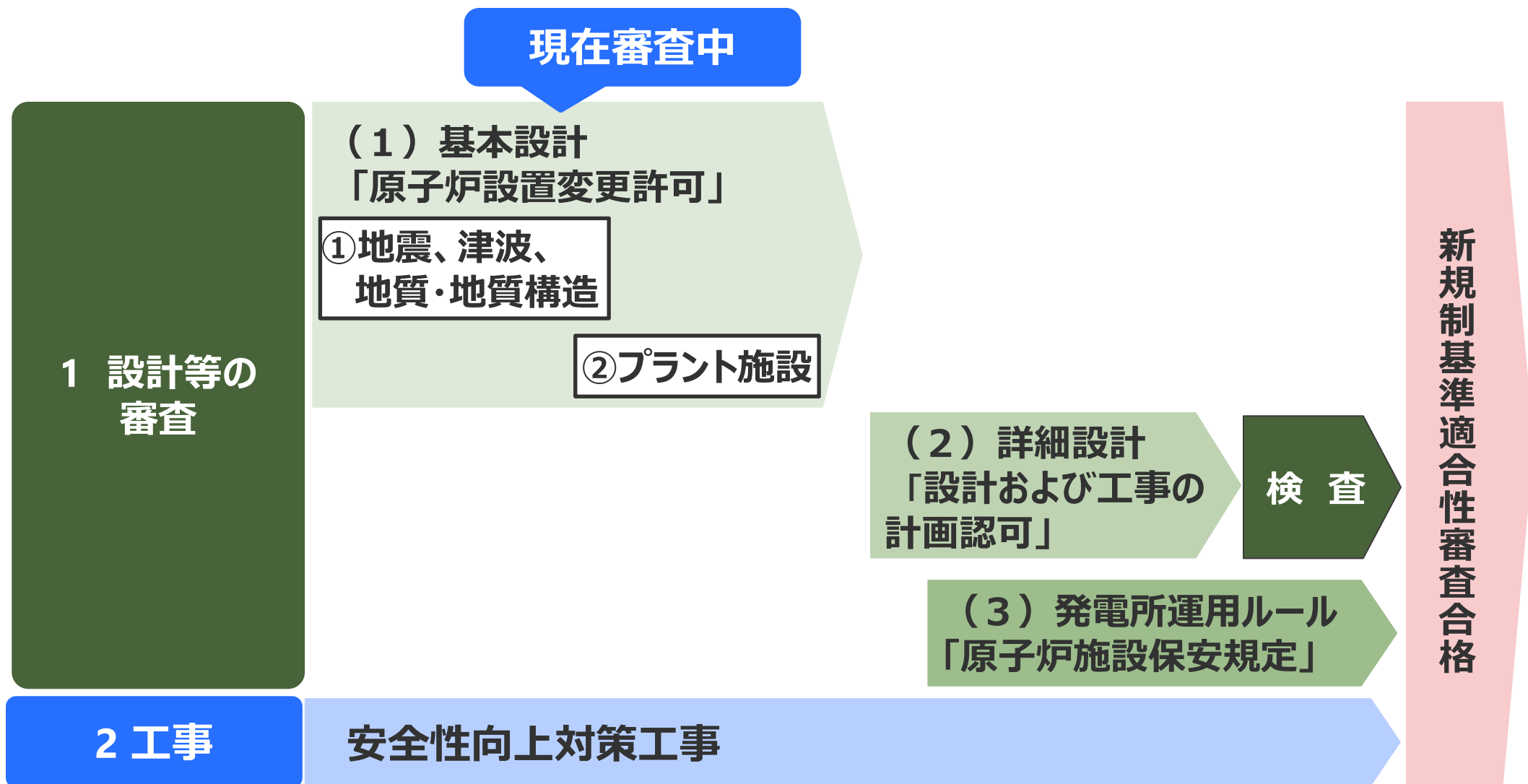
浜岡原子力発電所の基準津波について

中部電力株式会社

2024年10月28日

新規制基準適合性審査の状況

(審査の流れ)



新規制基準適合性審査の状況

(地震、津波、地質・地質構造の審査状況)

分 類		主な審査項目		審 査 状 況	
Ⅰ	基準地震動 (揺れの大きさ)	地震動の増幅特性（地下構造）		審査終了	
		震源を特定	プレート間地震	審査終了	
			海洋プレート内地震	審査終了	
			活断層による地震	審査終了	
		震源を特定せず策定する地震動		審査終了	
	令和6年1月ご説明済	基準地震動の策定		審査終了	
Ⅱ	基準津波 (津波の高さ)	地震による津波		審査終了	
		地震以外の要因による津波		審査終了	
		津波発生要因の組合せ		審査終了	
	→本日ご説明	基準津波の策定		審査終了	
Ⅲ	地質・地質構造 (活断層なし)	代表性		審査終了	
		同一性		審査中	
	→p.4追加調査の状況	活動性		審査中	

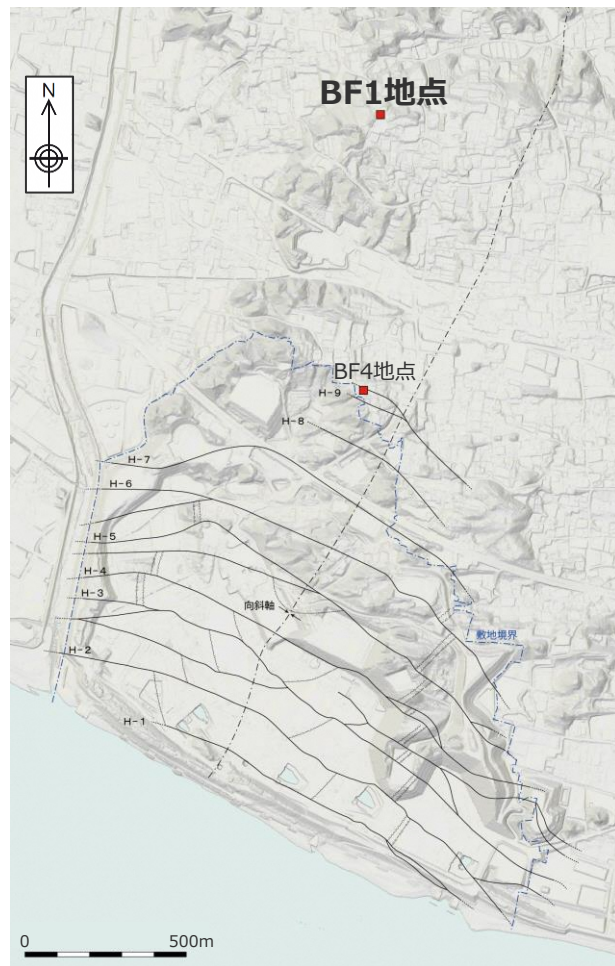
新規制基準適合性審査の状況

(地質・地質構造の追加調査の状況)

○原子力規制委員会より、敷地内に認められるH断層系の活動性評価に用いる上載地層の堆積年代について、科学的データに基づく確実な評価結果を示すことなどが求められていることから追加調査を実施している。

＜BF1地点のトレンチ調査結果＞

- ・ 基盤の相良層中には、H断層系と考えられる正断層が認められ、上載地層は同断層により変位・変形を与えられていない。
- ・ 上載地層中に約13万年前の阿蘇3テフラに対比される火山灰層を確認。



T.P. +55.5m

上載地層

T.P. +54.5m

T.P. +53.5m

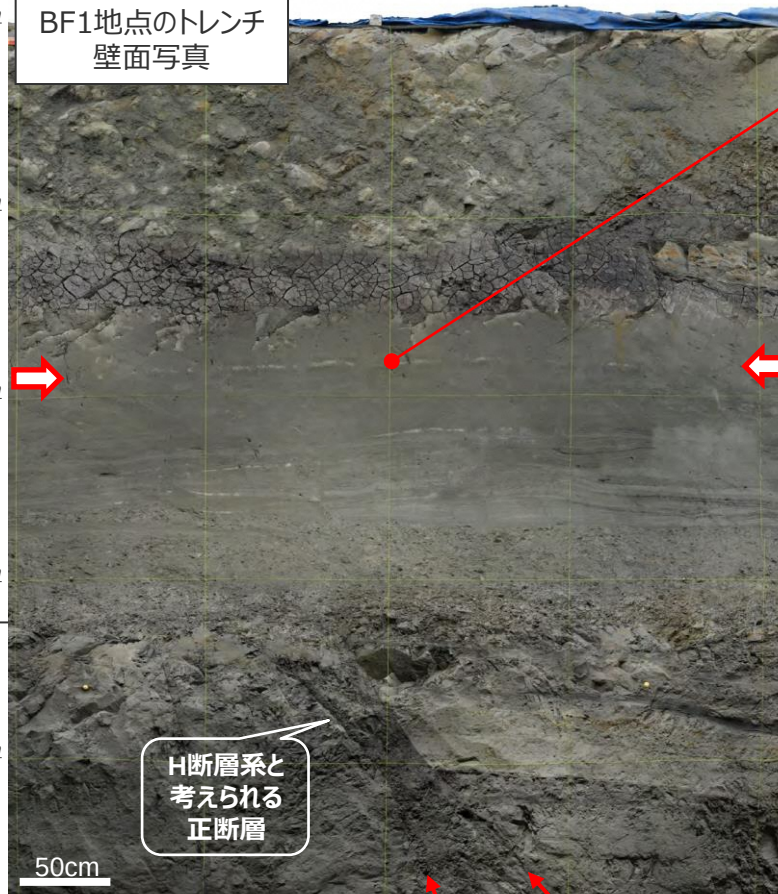
T.P. +52.5m

一地層境界

相良層

T.P. +51.5m

BF1地点のトレンチ
壁面写真

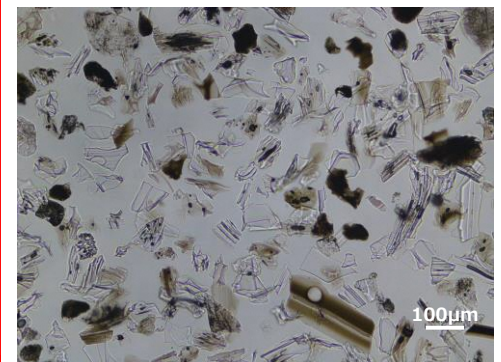


H断層系と
考えられる
正断層

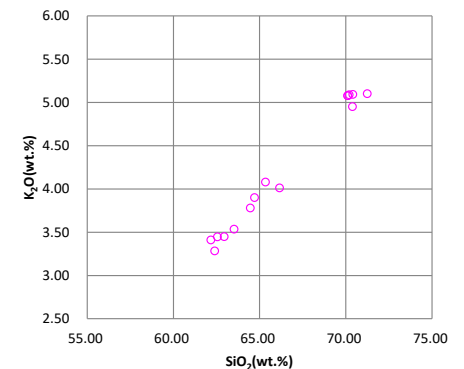
断層面

火山灰層

MIS6～5の境界付近で確認されAso-3に
対比されているテフラと主成分組成が一致



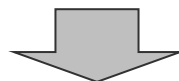
顕微鏡写真



火山ガラスの主成分分析結果

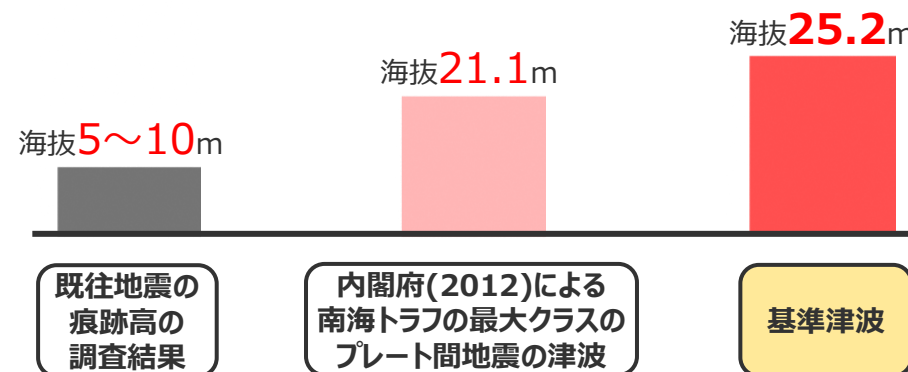
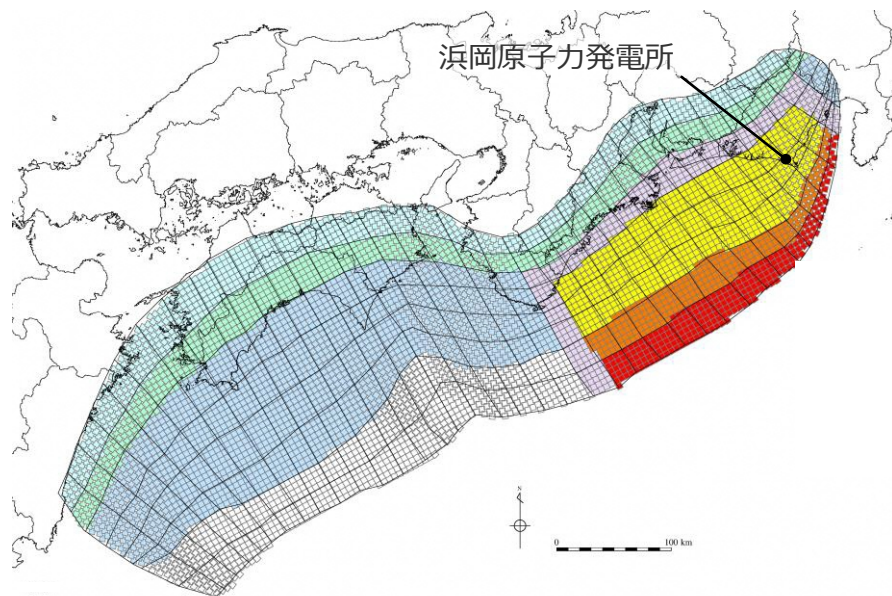
浜岡原子力発電所の基準津波

○敷地に影響が大きい津波はプレート間地震の津波であり、最新の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した**内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)**を踏まえて津波評価を行うとともに、海底地すべり等のその他の津波発生要因との組合せの評価も行い、**敷地への影響が最も大きいケースを基準津波**として策定。



基準津波：最大海拔25.2m *
(プレート間地震と海底地すべりとの組合せケース等)

* 敷地前面における津波高。



<内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル>

基準津波による津波高は、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高を大きく上回るとともに、内閣府の最大クラスモデルによる津波高を上回る。

目次

- 1 基準津波の策定の概要
 - 2 プレート間地震の津波評価
 - 3 その他の津波発生要因の津波評価
 - 4 津波発生要因の組合せ
 - 5 基準津波の策定
 - 6 まとめ
- 補足

目次

- 1 基準津波の策定の概要
 - 2 プレート間地震の津波評価
 - 3 その他の津波発生要因の津波評価
 - 4 津波発生要因の組合せ
 - 5 基準津波の策定
 - 6 まとめ
- 補足

基準津波の策定

(地震による津波、地震以外の要因による津波、津波発生要因の組合せによる津波)

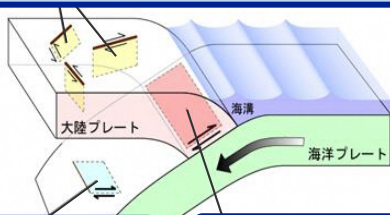
○基準津波は、敷地に影響を及ぼす可能性のある津波発生要因として、**地震による津波**のほか、**地震以外の要因による津波**及びこれらの**組合せも考慮**して、敷地に及ぼす影響が最も大きい津波を選定し策定。

津波発生要因

地震による津波

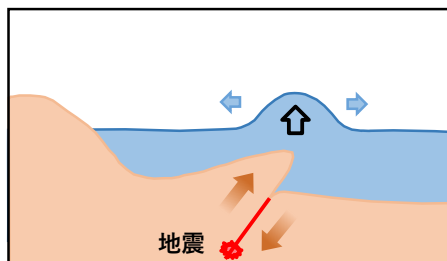
○敷地周辺の**プレート間地震**、**海域の活断層による地殻内地震**、**海洋プレート内地震**を調査し、津波の数値シミュレーションにより津波評価を実施。

海域の活断層による地殻内地震の津波



海洋プレート内地震の津波

プレート間地震の津波

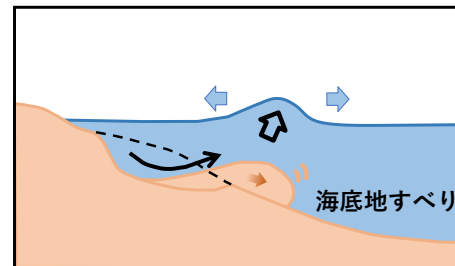


地震による津波

地震以外の要因による津波

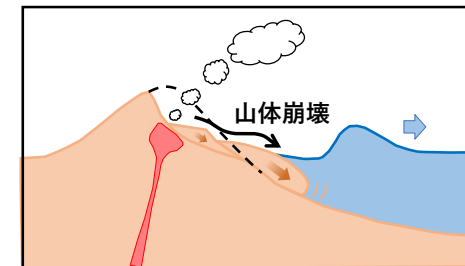
○敷地周辺の**地すべり**による津波、**火山現象**による津波を調査し、津波の数値シミュレーションにより津波評価を実施。

地すべりによる津波

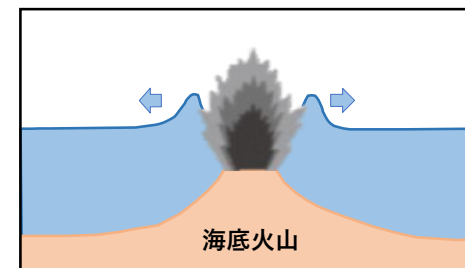


海底地すべりによる津波

火山現象による津波



山体崩壊による津波



海中噴火による津波

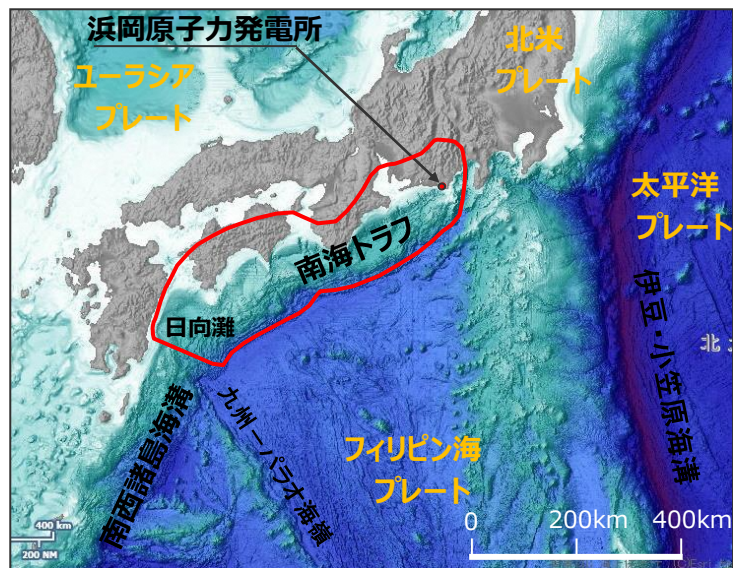
津波発生要因の組合せによる津波

基準津波

既往津波

(歴史記録に基づく津波痕跡の文献調査結果)

○歴史記録に基づく津波痕跡の文献調査結果によると、敷地が位置する遠州灘沿岸域では、**南海トラフのプレート間地震は、津波高が概ね5～10mであり、他の津波発生要因よりも大きな影響を及ぼしている。**



<日本列島周辺の海底地形
(海上保安庁「海洋台帳」を基に作成)>

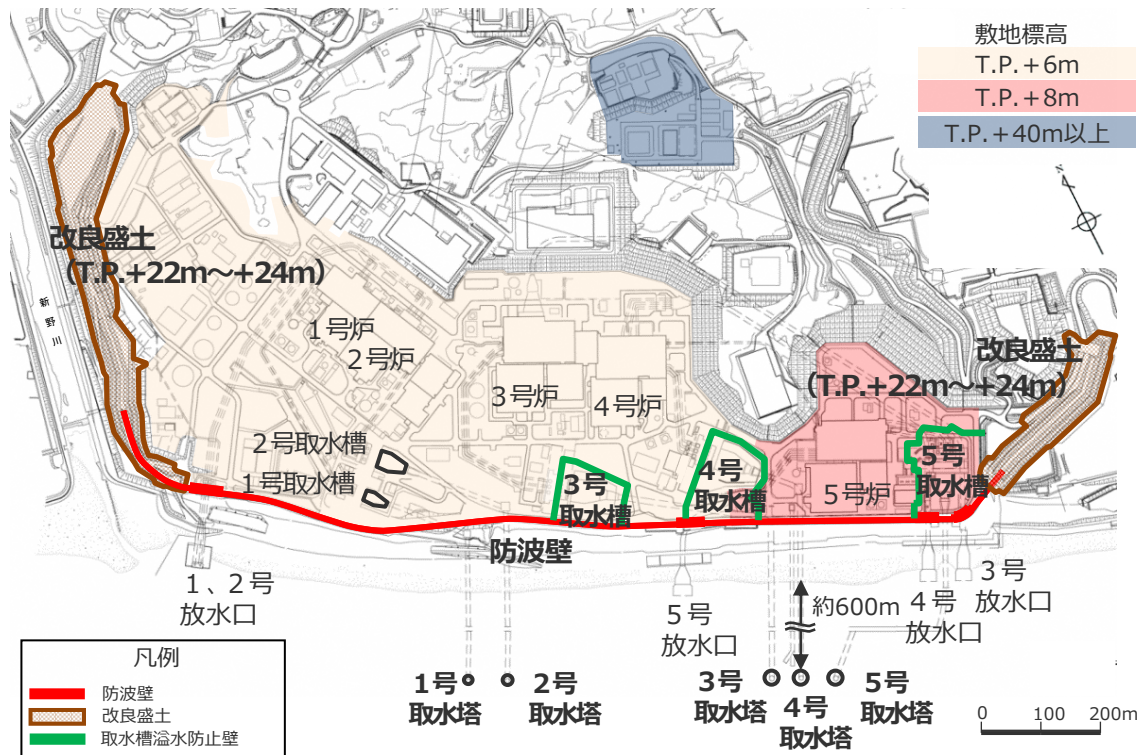
<各津波発生要因による敷地周辺の主な既往津波>

津波発生要因		名称	Mj	Mw	敷地周辺の津波高
プレート間地震	南海トラフ	1944年昭和東南海地震	7.9	8.1-8.2	5～10m程度 (遠州灘沿岸域)
		1854年安政東海地震	8.4	－	
		1707年宝永地震	8.6	－	
		1605年慶長地震	7.9	－	
		1498年明応地震	8.2-8.4	－	
	南西諸島海溝	敷地周辺に影響を及ぼした津波は確認されていない。			－
	伊豆・小笠原海溝	1972年八丈島東方沖地震	7.2	－	0.25m (御前崎市)
	日本海溝	2011年東北地方太平洋沖地震	9.0	9.0	1.44m (御前崎市)
	遠地津波	1952年カムチャツカ地震	－	9.0	0.3～1.9m (遠州灘沿岸域)
		1960年チ地震	－	9.5	
1964年アラスカ地震		－	9.2		
1996年ニューギニア島沖地震		－	8.1		
2010年チ地震		－	8.8		
海洋プレート内地震		2004年紀伊半島南東沖の地震	7.4	7.5	0.5m (御前崎市)
海域の活断層による地殻内地震		敷地周辺に影響を及ぼした津波は確認されていない。			－
地すべり		2009年駿河湾の海底地すべり			0.36m (御前崎市)
火山現象		2022年トンガの火山噴火			(0.7m (御前崎市))※

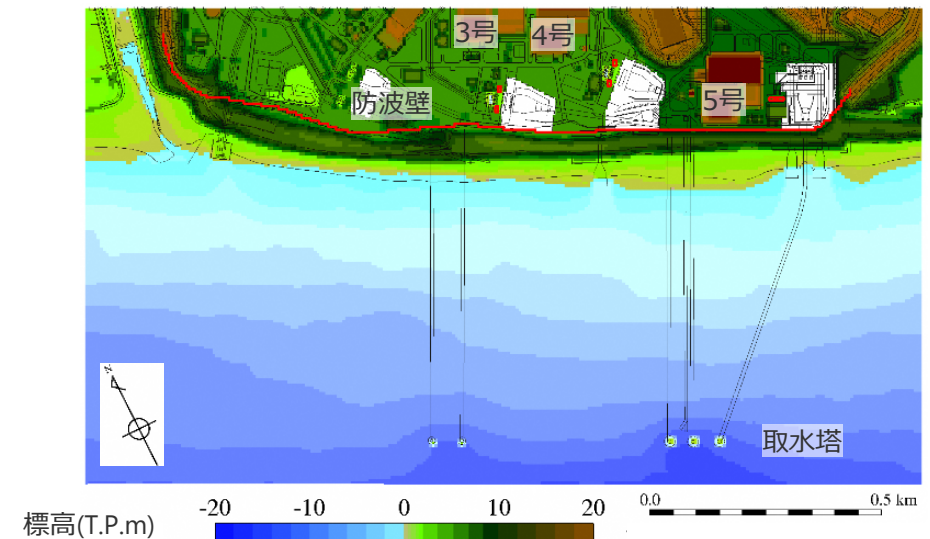
※ 本事象に伴う潮位変化は、大気中を伝播する波による影響が支配的であったと考えられており(気象庁)、基準津波の策定において評価している海面を伝播する津波とはやや異なることから、括弧書きで表記した。

浜岡原子力発電所の概要

- 浜岡原子力発電所は、敷地標高が、1号炉～4号炉建屋周辺でT.P.+6m、5号炉建屋周辺でT.P.+8mであり、敷地前面に防波壁等を設置している。
- 浜岡原子力発電所の敷地前面海域は、防波堤等の港湾施設がなく、比較的一様な海岸線が広がっている。



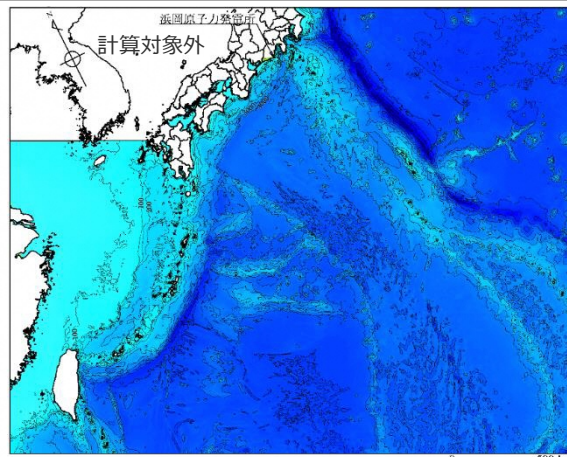
<浜岡原子力発電所の配置図>



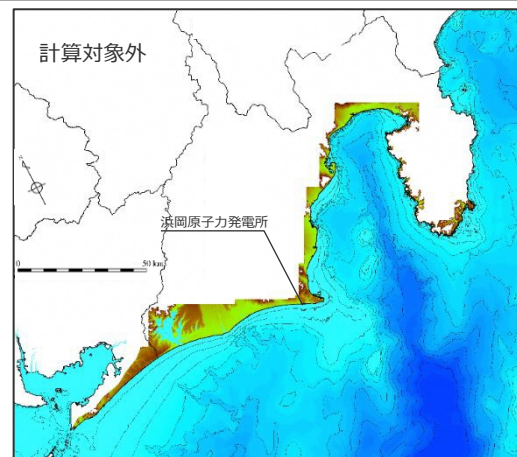
<浜岡原子力発電所の敷地前面海域の海底地形>

津波の数値シミュレーション

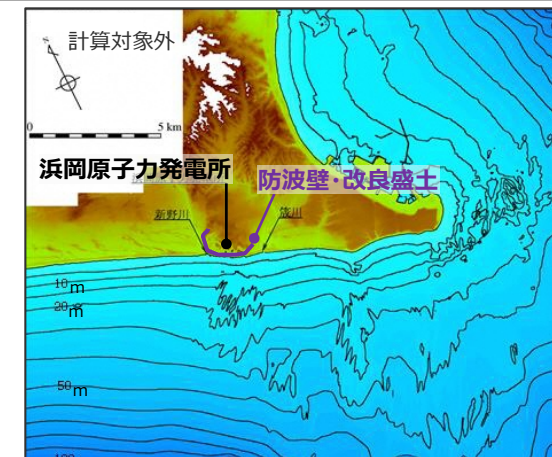
- 海底地形や防波壁などの敷地の陸上地形をモデル化し、非線形長波理論に基づき、津波の発生、伝播、陸域への遡上までを含めた一連の津波の数値シミュレーションを実施。
- 計算領域は、南海トラフを含む南北約2,500km×東西約3,000kmの領域で設定。計算格子は沖合での最大6,400m～敷地周辺の6.25mまで、徐々に細かい格子サイズを設定。



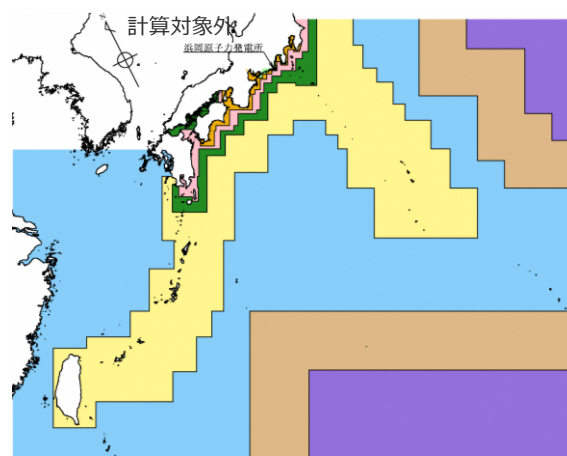
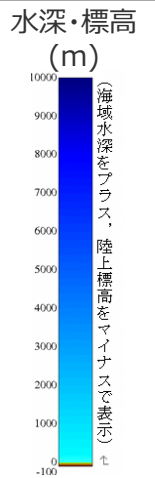
(1) 計算領域全体



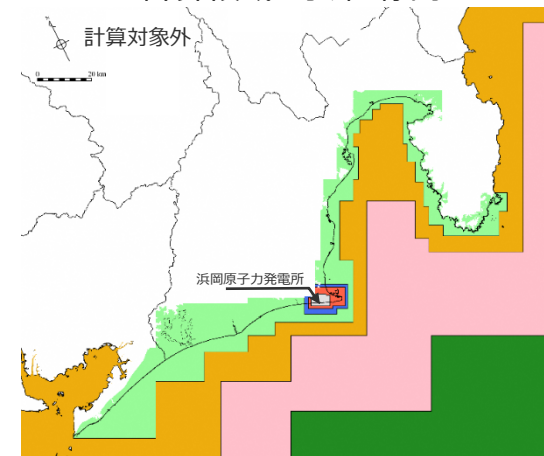
(2) 遠州灘周辺
計算領域の水深・標高



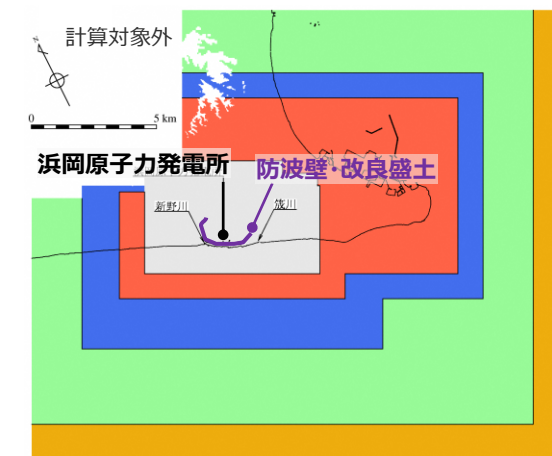
(3) 敷地周辺



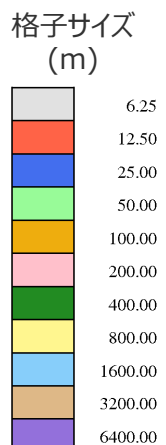
(1) 計算領域全体



(2) 遠州灘周辺
計算領域の格子サイズ



(3) 敷地周辺



・海底地すべりの津波評価では、海底地すべり地形周辺を100mの格子サイズで設定。

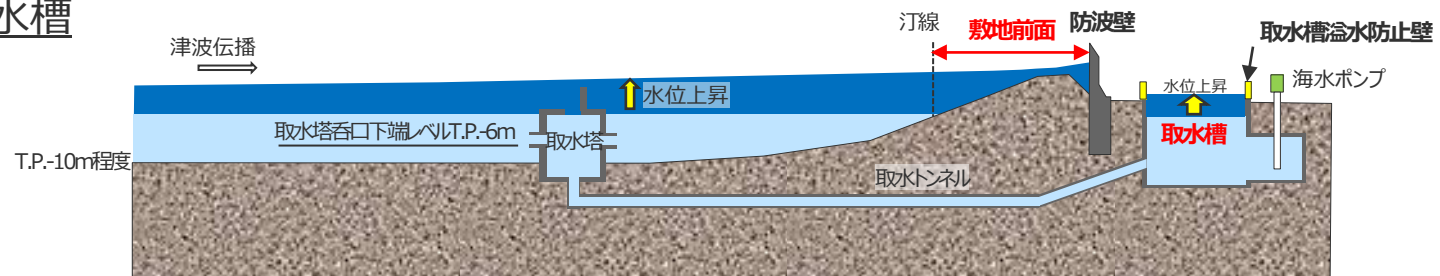
浜岡原子力発電所の敷地の津波評価

- 浜岡原子力発電所の特徴を踏まえ、水位上昇側・水位下降側の津波評価地点を以下のとおり設定して、敷地の津波評価を行い、**評価地点ごとに敷地の影響が最も大きいケースをそれぞれ基準津波として策定する。**
- 敷地の津波評価に当たっては、**地震による敷地の地盤隆起または沈降は、水位上昇側・水位下降側のそれぞれにおいて安全側に考慮する。**

【水位上昇側の評価地点】

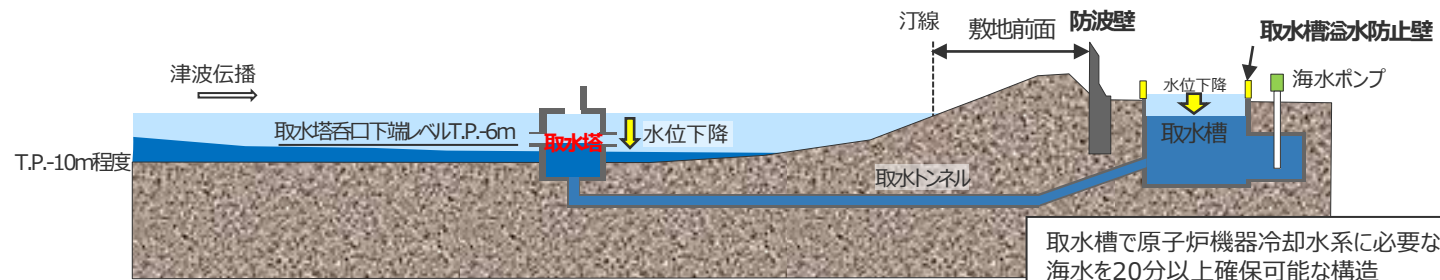
①敷地前面

②取水槽



【水位下降側の評価地点】

③取水塔（引き津波に対する取水性を確認するため）



浜岡原子力発電所の基準津波の策定の概要

- 敷地に影響が大きい津波はプレート間地震の津波であり、最新の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した**内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)**を踏まえて津波評価を行うとともに、海底地すべり等のその他の津波発生要因との組合せの評価も行い、**敷地への影響が最も大きいケースを基準津波**として策定。

津波発生要因

各津波発生要因を調査し、津波の数値シミュレーションを実施。

地震による津波

プレート間地震

- 内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)を踏まえて津波評価

約2000ケース

最大海拔22.7m*

海洋プレート内地震

約50ケース

最大海拔6.1m*

海域の活断層による地殻内地震

約350ケース

最大海拔6.2m*

地震以外の要因による津波

地すべり

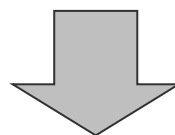
約50ケース

最大海拔6.3m*

火山現象

約50ケース

最大海拔2.9m*



津波発生要因の組合せ

敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せを評価。

約500ケース

最大海拔25.2m*

基準津波の策定

敷地への影響が最も大きいケースを基準津波として策定。

基準津波：最大海拔25.2m*

(プレート間地震と海底地すべりとの組合せケース等、5ケースの基準津波を策定)

* 敷地前面における津波高。

計約3000ケース

目次

- 1 基準津波の策定の概要
 - 2 プレート間地震の津波評価
 - 3 その他の津波発生要因の津波評価
 - 4 津波発生要因の組合せ
 - 5 基準津波の策定
 - 6 まとめ
- 補足

プレート間地震の津波評価

津波発生要因

各津波発生要因を調査し、津波の数値シミュレーションを実施。

地震による津波

プレート間地震

○ 内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)を踏まえて津波評価

最大海拔22.7m*

海洋プレート内地震

最大海拔6.1m*

海域の活断層による地殻内地震

最大海拔6.2m*

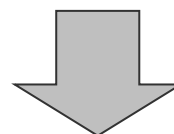
地震以外の要因による津波

地すべり

最大海拔6.3m*

火山現象

最大海拔2.9m*



津波発生要因の組合せ

敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せを評価。最大海拔25.2m*

基準津波の策定

敷地への影響が最も大きいケースを基準津波として策定。

基準津波：最大海拔25.2m*

(プレート間地震と海底地すべりとの組合せケース等、5ケースの基準津波を策定)

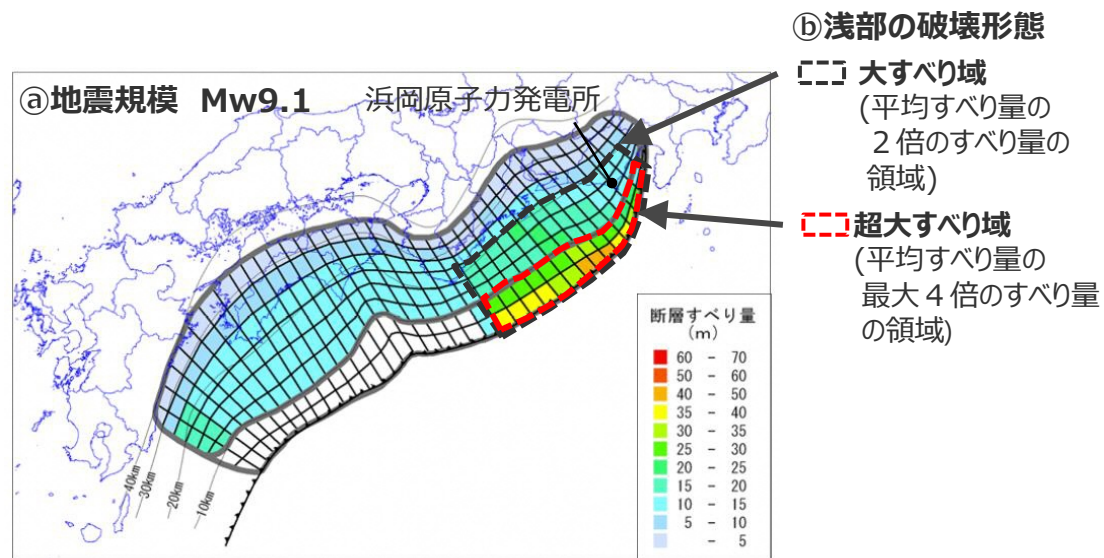
* 敷地前面における津波高。

プレート間地震の津波評価

(内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスモデルを踏まえた津波評価)

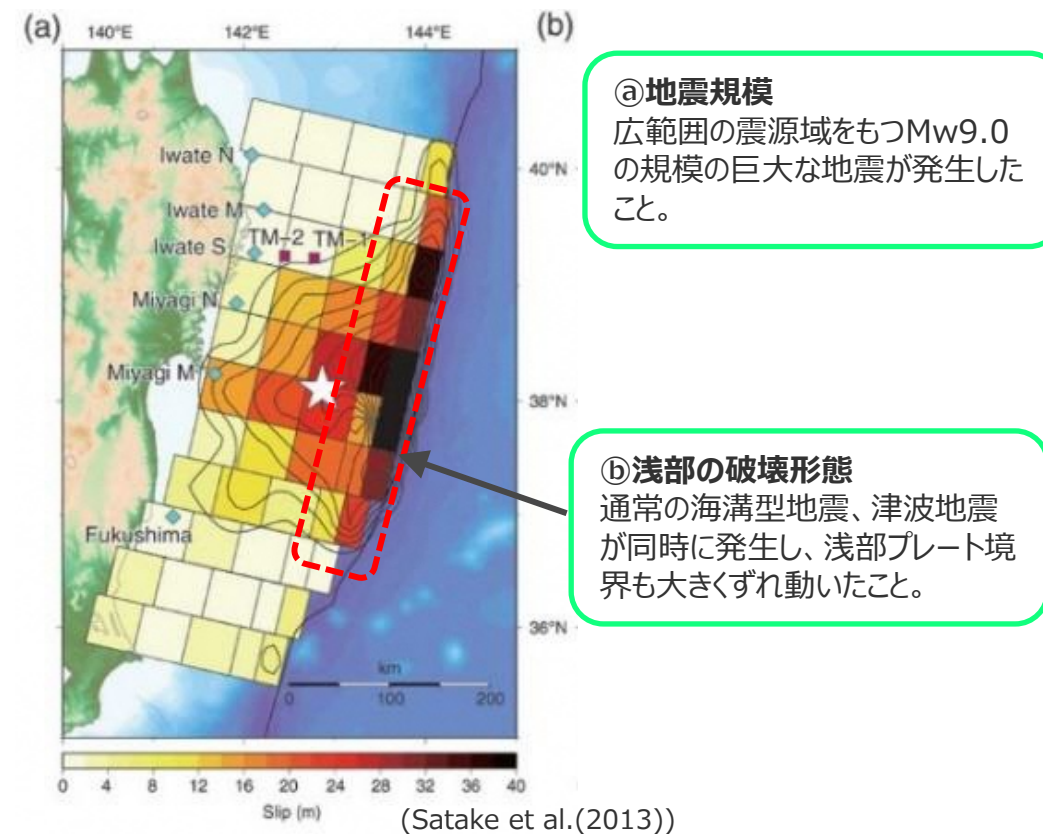
- 敷地に近い南海トラフのMw9クラスのプレート間地震を検討対象地震として選定※し、内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)を踏まえた津波評価を実施。
- この内閣府(2012)の津波断層モデルは、最新の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波が検討されたものであり、2011年東北地方太平洋沖地震において巨大津波が発生した要因である①地震規模と②浅部の破壊形態に関する知見の反映がされている。

※ 南海トラフ、南西諸島海溝、伊豆・小笠原海溝のプレート間地震に関する比較検討等は補足②参照。



内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスモデル (ケース①)

・内閣府(2012)のその他のケースは補足②参照



2011年東北地方太平洋沖地震において巨大津波が発生した要因
(中央防災会議(2011)による)

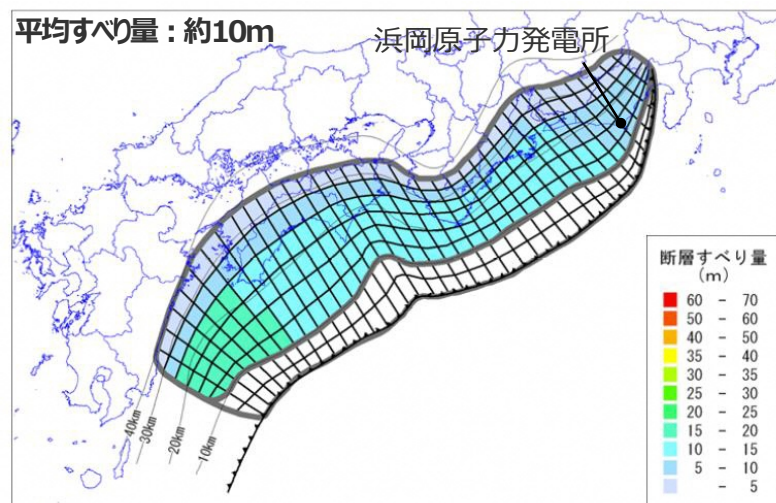
- ・内閣府(2012)：内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012)
- ・中央防災会議(2011)：中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」(2011)

プレート間地震の津波評価

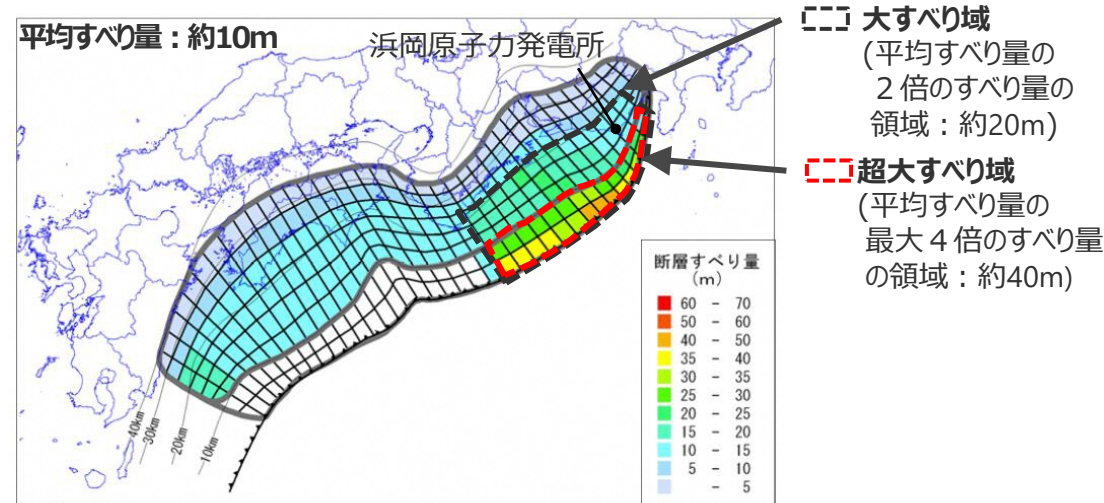
(内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスモデルを踏まえた津波評価)

○内閣府(2012)の最大クラスモデルは、2011年東北地方太平洋沖地震において巨大津波をもたらした**超大すべり域・大すべり域**（平均すべり量の最大4倍・2倍のすべり量の領域）を設定しており、**既往津波の痕跡高を大きく上回る津波をもたらす十分に安全側の津波断層モデルとして設定されている。**

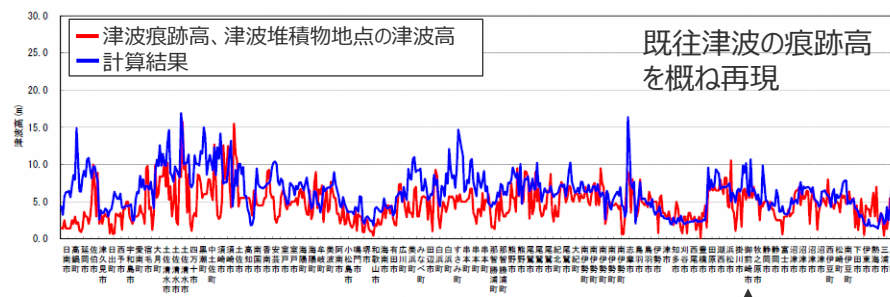
平均すべり量モデル
(大すべり域なし) (内閣府(2012))



内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスモデル
(超大すべり域・大すべり域を設定) (内閣府(2012))

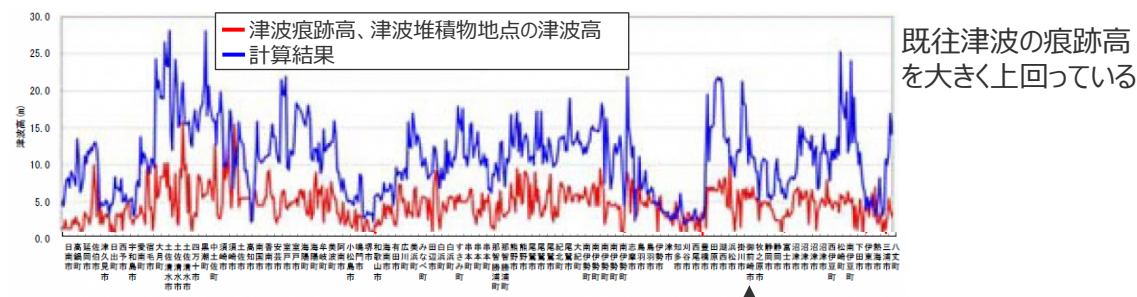


波源モデルのすべり量分布



御前崎市

波源モデル (ケース①) のすべり量分布



【各ケースの最大重ね合わせ】

御前崎市

・内閣府(2012)の各ケースの津波高と既往津波の痕跡高との比較は補足②参照

プレート間地震の津波評価

(内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスモデルを含めたパラメータスタディ)

○ 浜岡原子力発電所のプレート間地震の津波評価では、敷地への影響が大きいパラメータである大すべり域の位置や破壊開始点等について、**内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスモデルの断層パラメータを含めたパラメータスタディ**を実施※¹。

約2000ケース

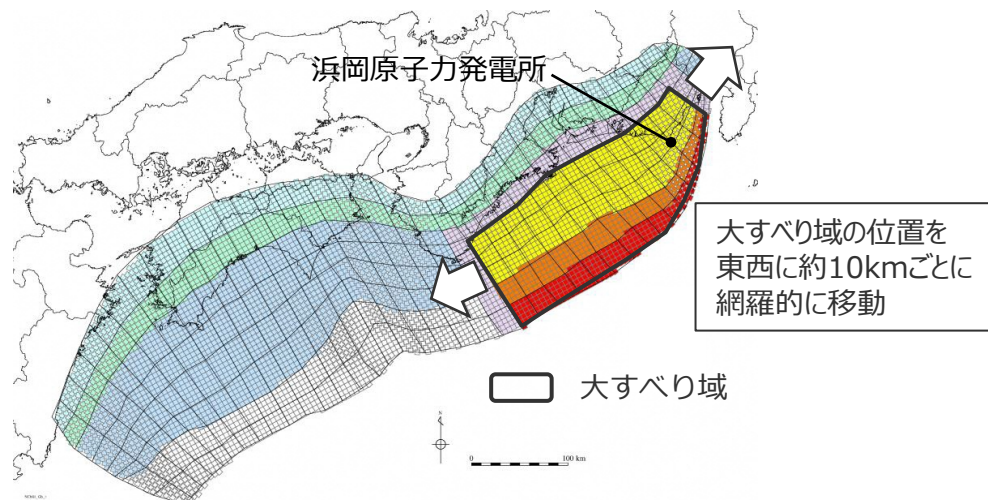
項目		内閣府(2012)	浜岡原子力発電所のプレート間地震の津波評価	
		最大クラスモデル (ケース①)	パラメータスタディ	敷地前面最大ケース
超大すべり域・大すべり域の位置		1箇所(駿河湾～紀伊半島沖)	東西約10kmごとに移動	東へ40km移動
動的パラメータ	ライズタイム※ ²	60s	60～300s	60s
	破壊伝播速度	2.5km/s	0.7～2.5km/s	2.5km/s
	破壊開始点	大すべり域の下端中央	大すべり域の周囲6箇所	大すべり域の上端東側(P4)
敷地前面津波高(T.P.+m)		21.1m	22.7m	

※¹ プレート間地震のパラメータスタディの詳細は補足②参照。

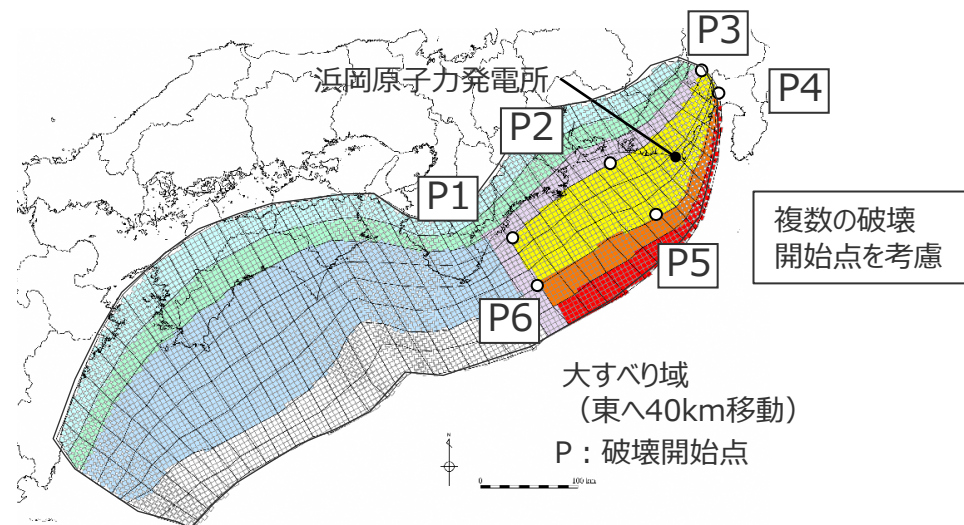
国内外の巨大地震・津波に基づく知見や南海トラフ検討会の最大クラスの津波断層に基づきパラメータスタディの範囲を設定。

※² ライズタイムは、すべりが開始してから終了するまでに要する時間。

・赤太字は内閣府の最大クラスモデルと異なる設定



<大すべり域の位置のパラメータスタディ>

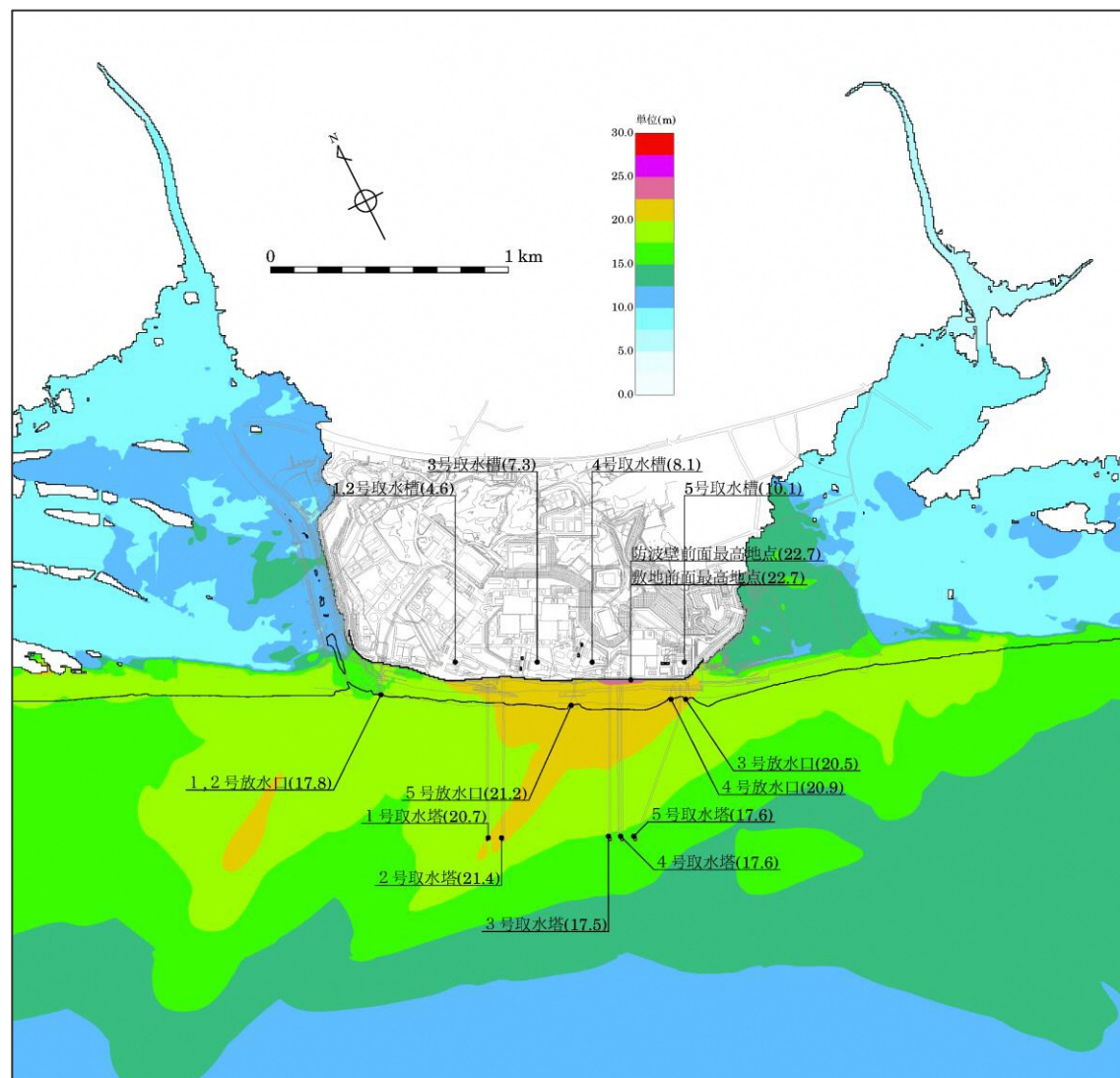


<破壊開始点のパラメータスタディ>

■ :4倍すべり域 ■ :3倍すべり域 ■ :2倍すべり域 ■ :遷移領域
■ :背景領域 ■ :深い背景領域 ■ :最も深い背景領域 ■ :浅い背景領域(すべり量が0(ゼロ)の領域)

プレート間地震の津波評価結果

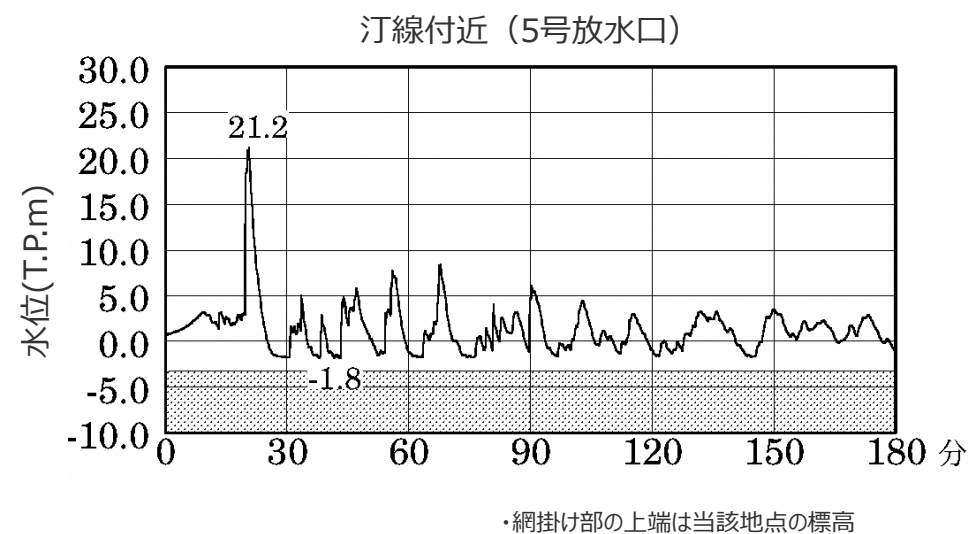
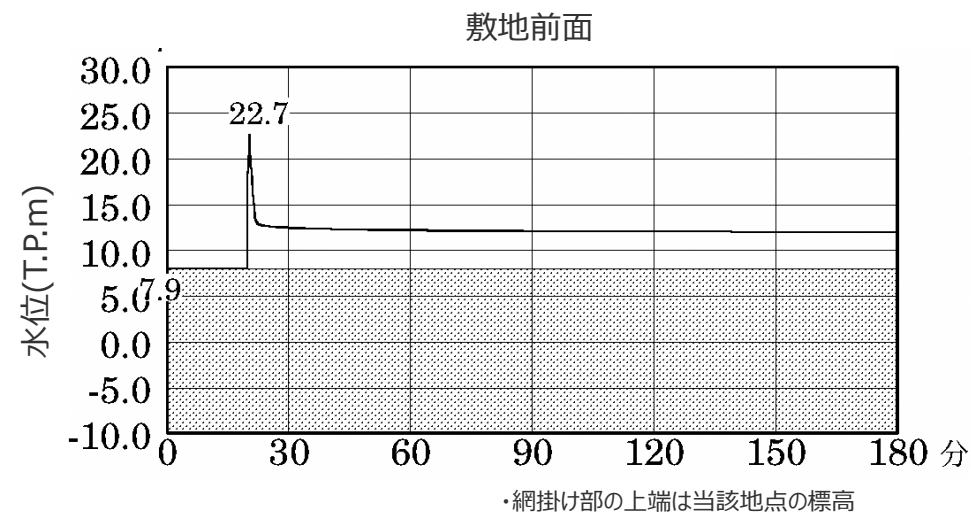
(敷地前面への影響が最も大きいケース)



・防波壁に高さ無限大の壁を設定して解析を実施

<最大上昇水位分布>

プレート間地震の津波評価結果 (敷地前面への影響が最も大きいケース)



<水位の時刻歴波形>

目次

- 1 基準津波の策定の概要
- 2 プレート間地震の津波評価
- 3 その他の津波発生要因の津波評価
- 4 津波発生要因の組合せ
- 5 基準津波の策定
- 6 まとめ

補足

その他の津波発生要因の津波評価

津波発生要因

各津波発生要因を調査し、津波の数値シミュレーションを実施。

地震による津波

プレート間地震

○ 内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)を踏まえて津波評価

最大海拔22.7m*

海洋プレート内地震

最大海拔6.1m*

海域の活断層による地殻内地震

最大海拔6.2m*

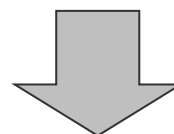
地震以外の要因による津波

地すべり

最大海拔6.3m*

火山現象

最大海拔2.9m*



津波発生要因の組合せ

敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せを評価。最大海拔25.2m*

基準津波の策定

敷地への影響が最も大きいケースを基準津波として策定。

基準津波：最大海拔25.2m*

(プレート間地震と海底地すべりとの組合せケース等、5ケースの基準津波を策定)

* 敷地前面における津波高。

プレート間地震以外の地震による津波

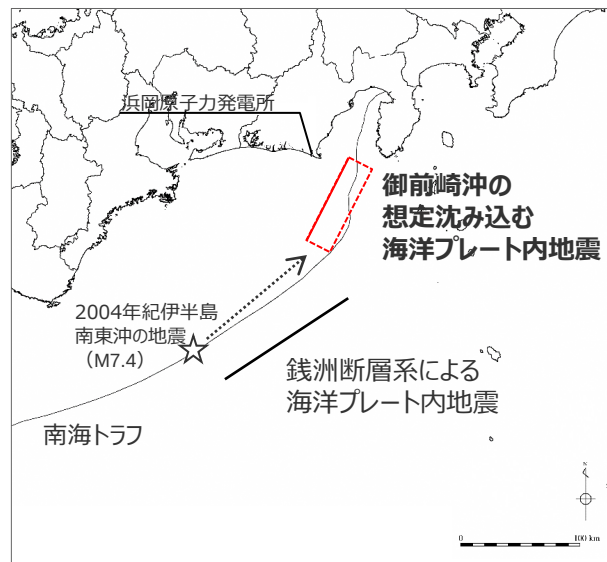
(海洋プレート内地震、海域の活断層による地殻内地震)

○プレート間地震以外の地震による津波に関し、**海洋プレート内地震**及び**海域の活断層による地殻内地震**について、敷地周辺で津波を発生させる地震を調査し、敷地への影響が相対的に大きいものを検討対象として津波評価を実施。

・海洋プレート内地震及び海域の活断層による地殻内地震の津波評価の詳細は補足③参照

海洋プレート内地震

敷地に影響を及ぼす可能性がある海洋プレート内地震を調査し、敷地への影響が相対的に大きい地震を対象として数値シミュレーションによる津波評価を実施。



海洋プレート内地震の断層位置

- ・御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震(Mw7.5)
- ・銭洲断層系による海洋プレート内地震(Mw7.8)

・断層位置、断層の傾斜方向等のパラメータスタディを実施。

約50ケース

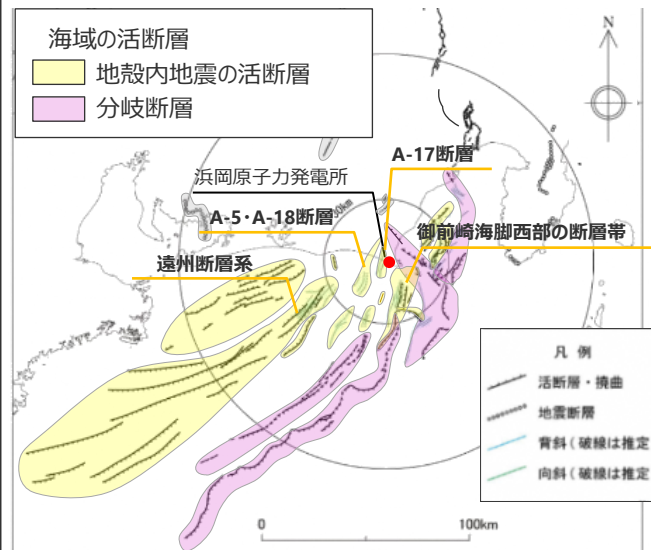
最大海拔6.1m*

(御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震)

海域の活断層による地殻内地震

敷地周辺海域の活断層調査結果に基づき、地殻内地震として考慮する活断層について、敷地への影響が相対的に大きい地震を対象として数値シミュレーションによる津波評価を実施。

(分岐断層は、プレート間地震の津波評価において考慮)



海域の活断層の分布

- ・御前崎海脚西部の断層帯の地震(Mw7.3)
- ・遠州断層系の地震(Mw7.9)
- ・A-5・A-18断層の地震(Mw7.0)など13波源

・断層の傾斜角等のパラメータスタディを実施。

約350ケース

最大海拔6.2m*

(A-5・A-18断層の地震)

* 敷地前面における津波高。

地震以外の要因による津波

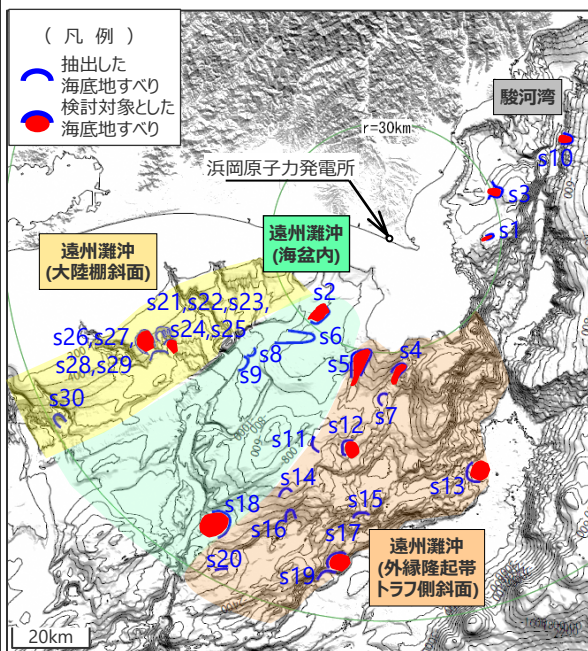
(地すべり、火山現象)

○地震以外の要因による津波に関し、**地すべり**及び**火山現象**について、敷地周辺で津波を発生させる要因を調査し、敷地への影響が相対的に大きいものを検討対象として津波評価を実施。

・地すべり及び火山現象の津波評価の詳細は補足③参照

地すべり

文献調査及び地形判読調査から大規模な海底地すべり地形を抽出し、敷地への影響が相対的に大きい海底地すべりを対象として数値シミュレーションによる津波評価を実施。



- ・s26地点の海底地すべり (33億m³)
- ・s26-s29地点の海底地すべり (47億m³) など32波源

・複数の手法を用いて評価を実施。
(Wattsほかの予測式に基づく手法、
二層流モデルに基づく手法)

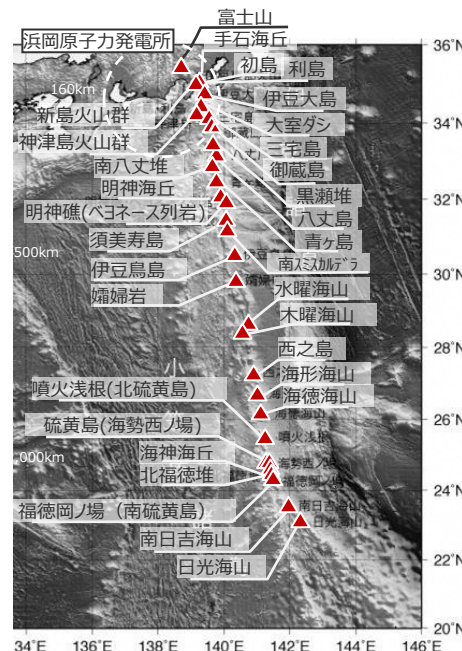
海底地すべりの位置

約50ケース

最大海拔6.3m*
(s26地点の海底地すべり)

火山現象

津波影響を及ぼし得る火山を伊豆小笠原弧の火山も含めて調査し、敷地への影響が相対的に大きい火山現象による津波を対象として、数値シミュレーション等による津波評価を実施。



- 山体崩壊 : 御蔵島 (0.9km³) など16波源
- 火砕流 : 八丈島 (1.52km³) など10波源
- 海中噴火・カルデラ陥没等 : 大室ダシ (18.8km³) など31波源¹⁾

1)伊豆小笠原弧の火山の海中噴火・カルデラ陥没等については、噴火規模を仮想的に大きくした場合 (VEI 7クラス(100km³)) の影響確認も実施

・複数の手法を用いて評価を実施。
(Huber and Hagerの手法、Wattsほかの予測式に基づく手法等)

火山の位置

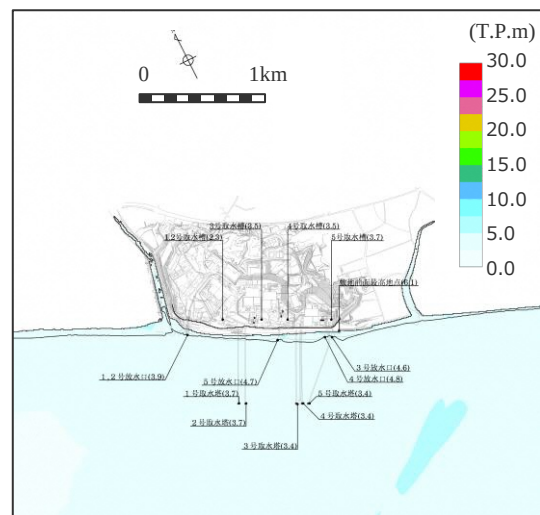
約50ケース

最大海拔2.9m*
(御蔵島の山体崩壊)

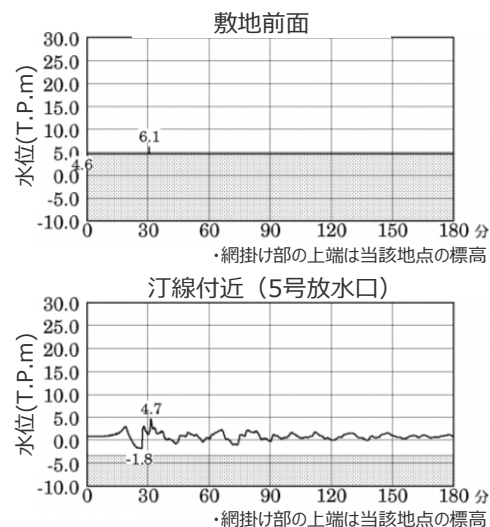
* 敷地前面における津波高。

< 3 その他の津波発生要因の津波評価>

その他の津波発生要因の津波評価結果 (敷地前面への影響が最も大きいケース)

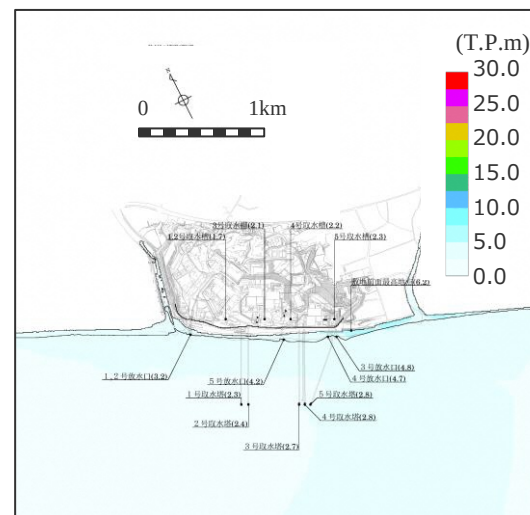


<最大上昇水位分布>

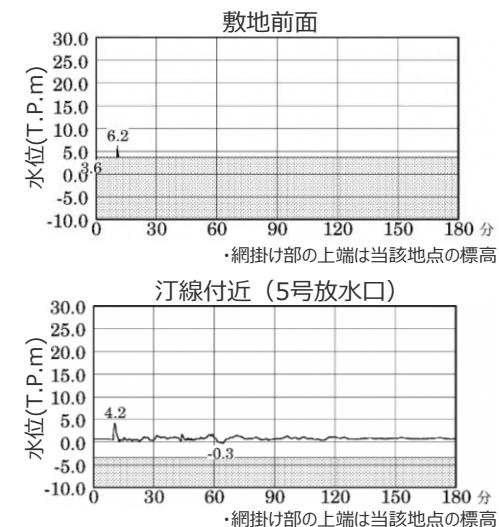


<水位の時刻歴波形>

海洋プレート内地震の津波評価結果 (御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震)

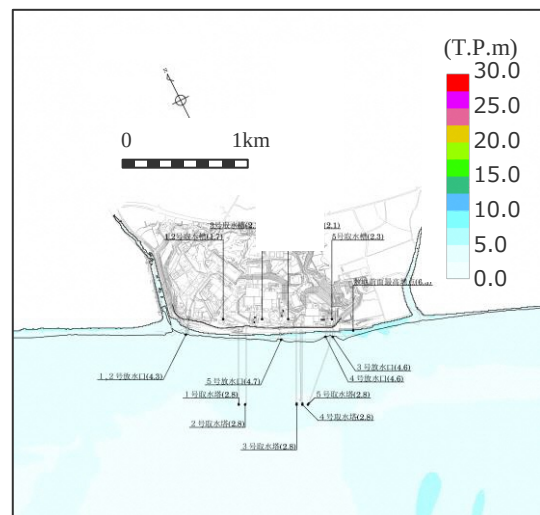


<最大上昇水位分布>

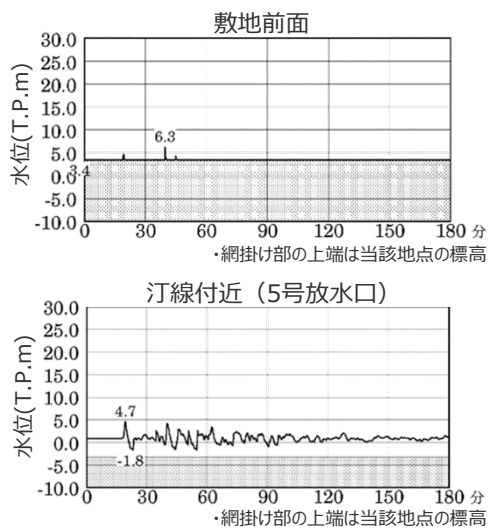


<水位の時刻歴波形>

海域の活断層による地殻内地震の津波評価結果 (A-5・A-18断層の地震)

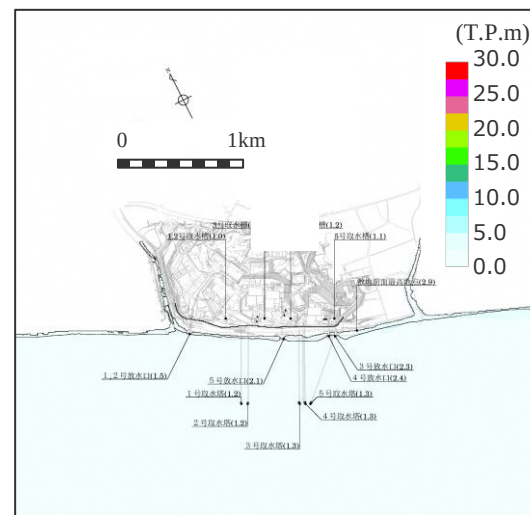


<最大上昇水位分布>

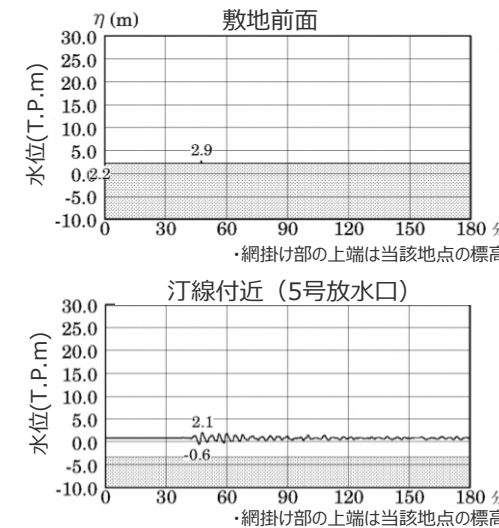


<水位の時刻歴波形>

地すべりの津波評価結果 (s26地点の海底地すべり)



<最大上昇水位分布>



<水位の時刻歴波形>

火山現象の津波評価結果 (御蔵島の山体崩壊)

目次

- 1 基準津波の策定の概要
- 2 プレート間地震の津波評価
- 3 その他の津波発生要因の津波評価
- 4 津波発生要因の組合せ
- 5 基準津波の策定
- 6 まとめ

補足

津波発生要因の組合せ

津波発生要因

各津波発生要因を調査し、津波の数値シミュレーションを実施。

地震による津波

プレート間地震

○ 内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)を踏まえて津波評価

最大海拔22.7m*

海洋プレート内地震

最大海拔6.1m*

海域の活断層による地殻内地震

最大海拔6.2m*

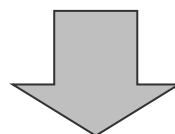
地震以外の要因による津波

地すべり

最大海拔6.3m*

火山現象

最大海拔2.9m*



津波発生要因の組合せ

敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せを評価。最大海拔25.2m*

基準津波の策定

敷地への影響が最も大きいケースを基準津波として策定。

基準津波：最大海拔25.2m*

(プレート間地震と海底地すべりとの組合せケース等、5ケースの基準津波を策定)

* 敷地前面における津波高。

津波発生要因の組合せの評価

- 津波発生要因の組合せは、敷地への影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せを検討することとし、津波評価上、関連性があると考えられる**プレート間地震と地すべり、プレート間地震と海域の活断層による地殻内地震の組合せの評価を実施。**

プレート間地震

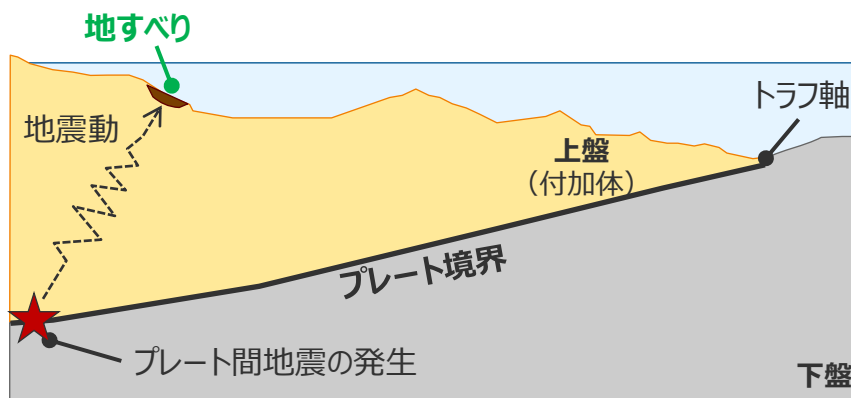
- 内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)を踏まえて津波評価を実施

+

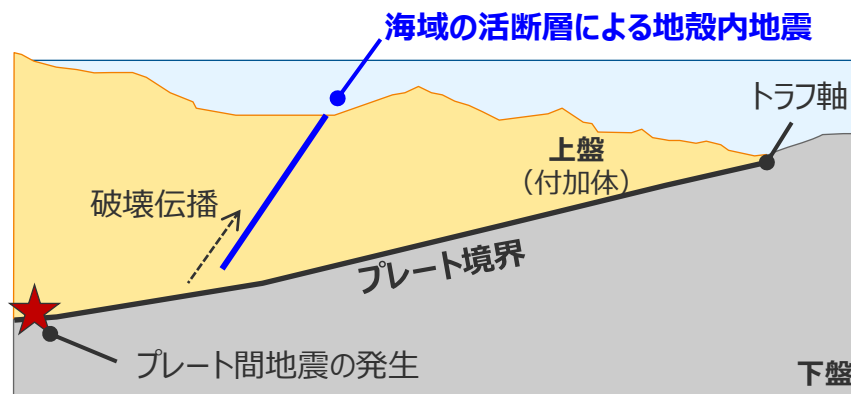
その他の津波発生要因

(地すべり、海域の活断層による地殻内地震)

プレート間地震
+ 地すべり



プレート間地震
+ 海域の活断層による地殻内地震

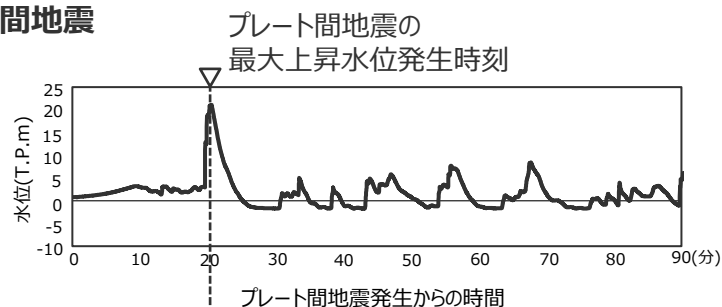


津波発生要因の組合せの評価

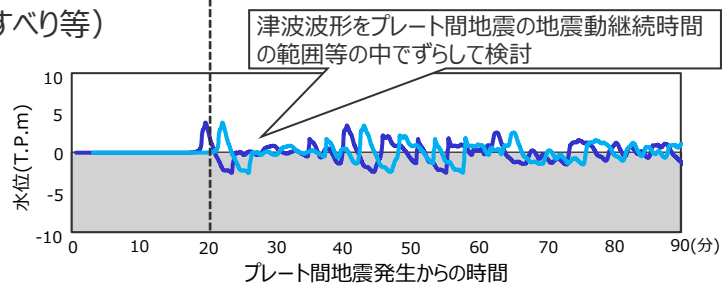
- 津波発生要因の組合せでは、津波を組み合わせる時間差（各津波発生要因の発生時間差）を考慮して、数値シミュレーションによる津波評価を実施。
- 津波を組み合わせる時間差は、プレート間地震の地震動継続時間の範囲等※に基づき幅広く範囲を設定し、段階的に詳細な間隔で検討。

※ 詳細は補足④参照。

○プレート間地震

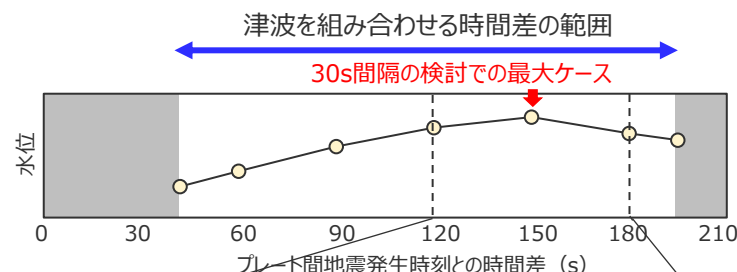


○その他の津波発生要因 (海底地すべり等)

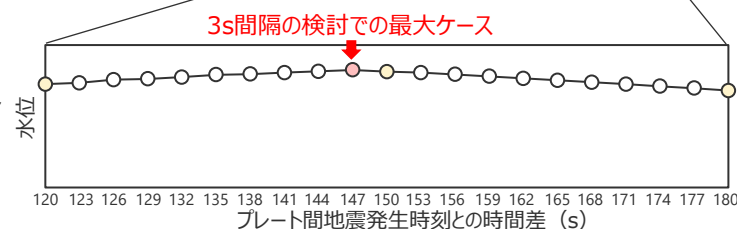


- : 津波を組み合わせる時間差の範囲の中で最も早いケース
- : 津波を組み合わせる時間差の範囲の中で最も遅いケース

① 組合せ時間差の パラメータスタディ (30s間隔)



② 組合せ時間差の パラメータスタディ (3s間隔)



① : それぞれの津波発生要因の組合せについて、津波を組み合わせる時間差の範囲を網羅するように **30s間隔で検討**し、最大ケースを選定。

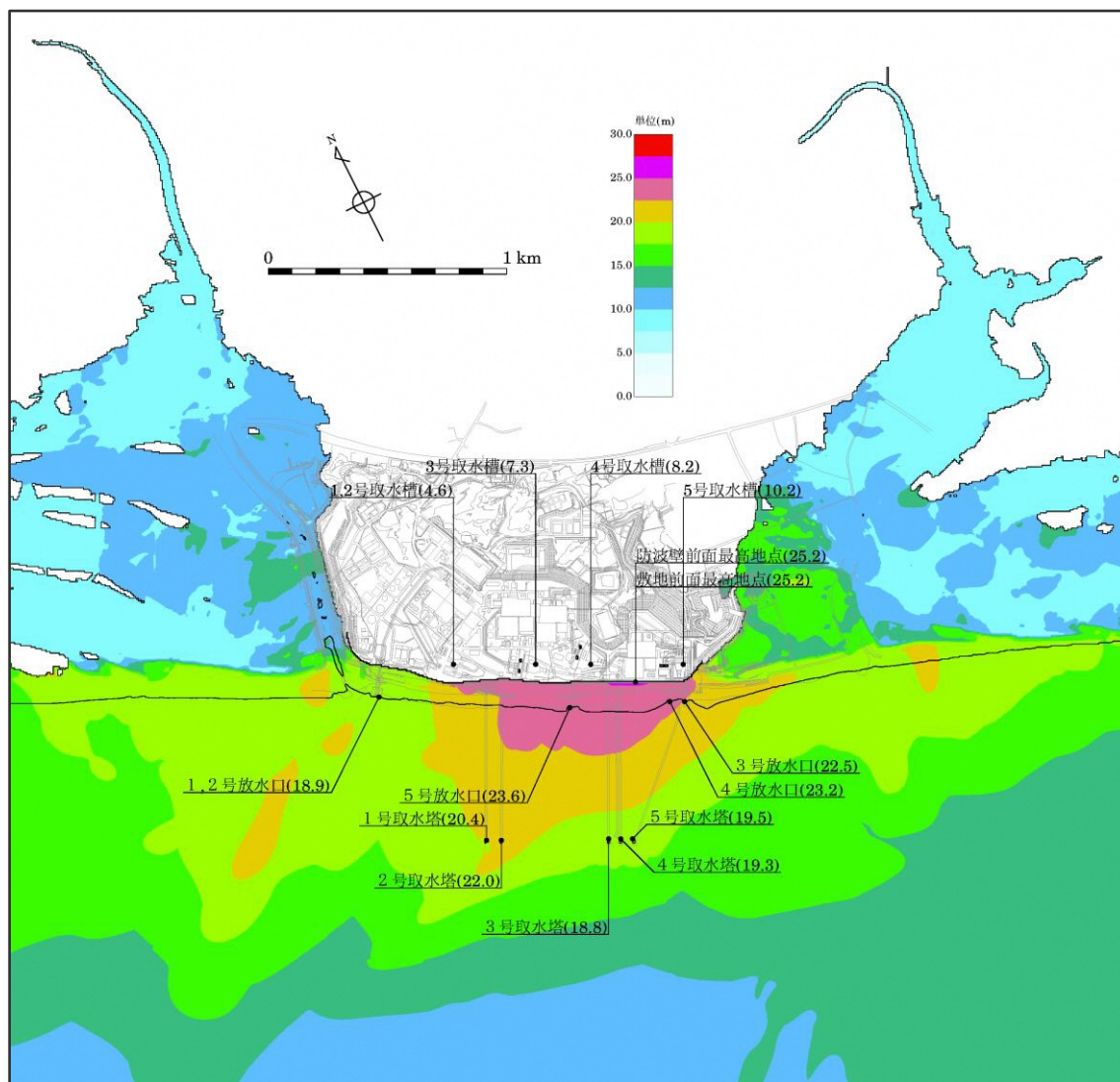
② : 左記①の検討における最大ケースとその前後のケースに対し、それらケース間の範囲をより詳細に **3s間隔で検討**し、最大ケースを選定。

< プレート間地震の津波との組合せ評価のイメージ（水位の時刻歴波形） >

< プレート間地震の津波との組合せ評価の検討の流れ >

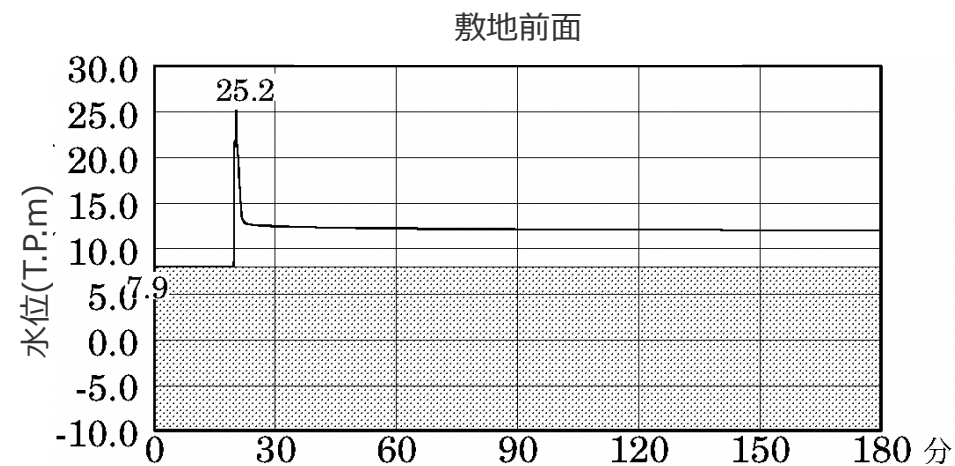
津波発生要因の組合せの評価結果

(敷地前面への影響が最も大きいケース)

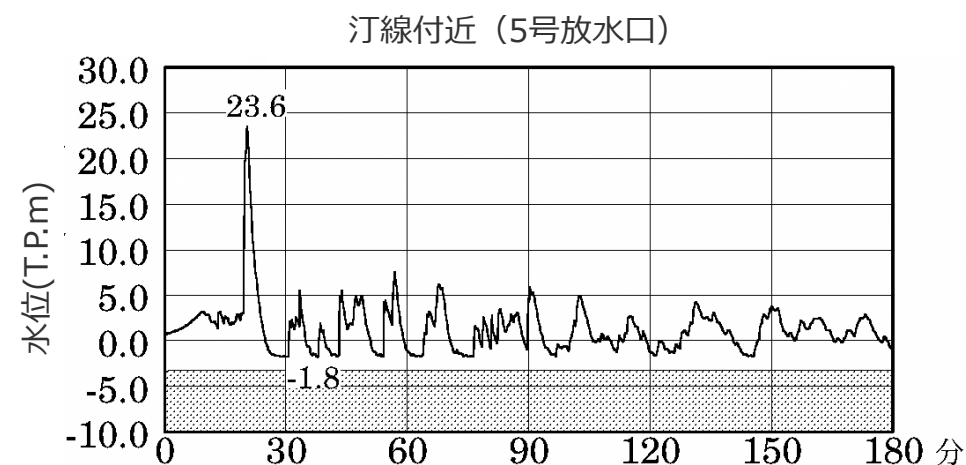


・防波壁に高さ無限大の壁を設定して解析を実施

<最大上昇水位分布>



・網掛け部の上端は当該地点の標高



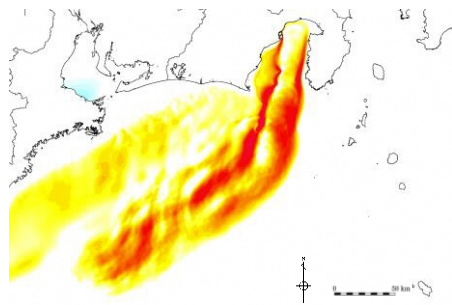
・網掛け部の上端は当該地点の標高

<水位の時刻歴波形>

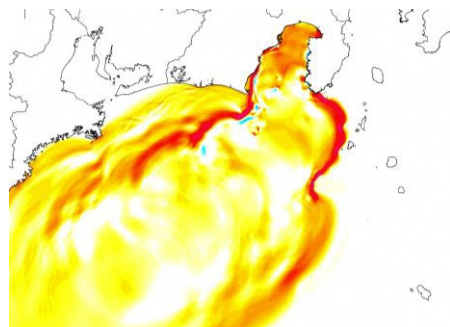
津波発生要因の組合せの津波評価結果 (敷地前面への影響が最も大きいケース)

津波発生要因の組合せの評価結果

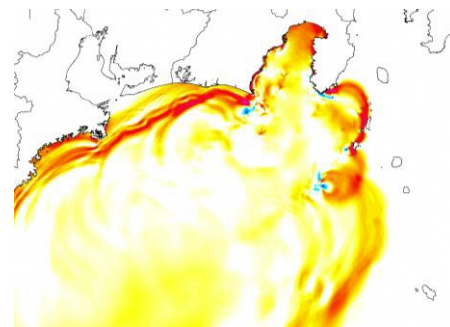
(水位分布のスナップショット)



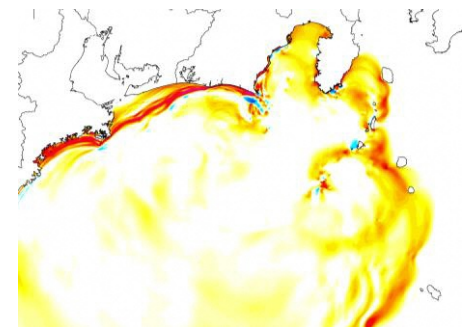
プレート間地震発生からの時間：3分



10分

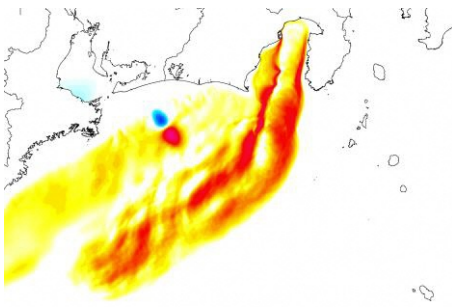


15分

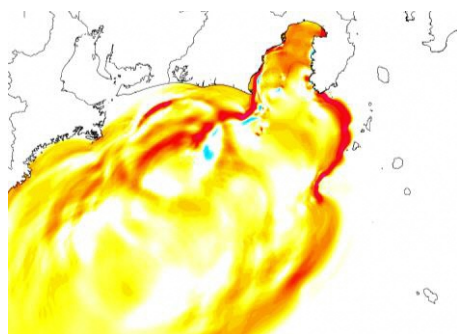


20分

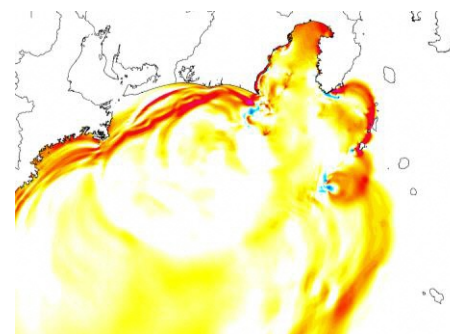
プレート間地震の津波のスナップショット



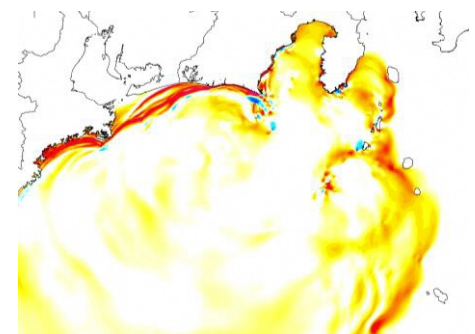
プレート間地震発生からの時間：3分
(海底地すべりが発生)



10分

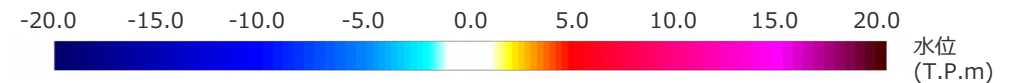


15分



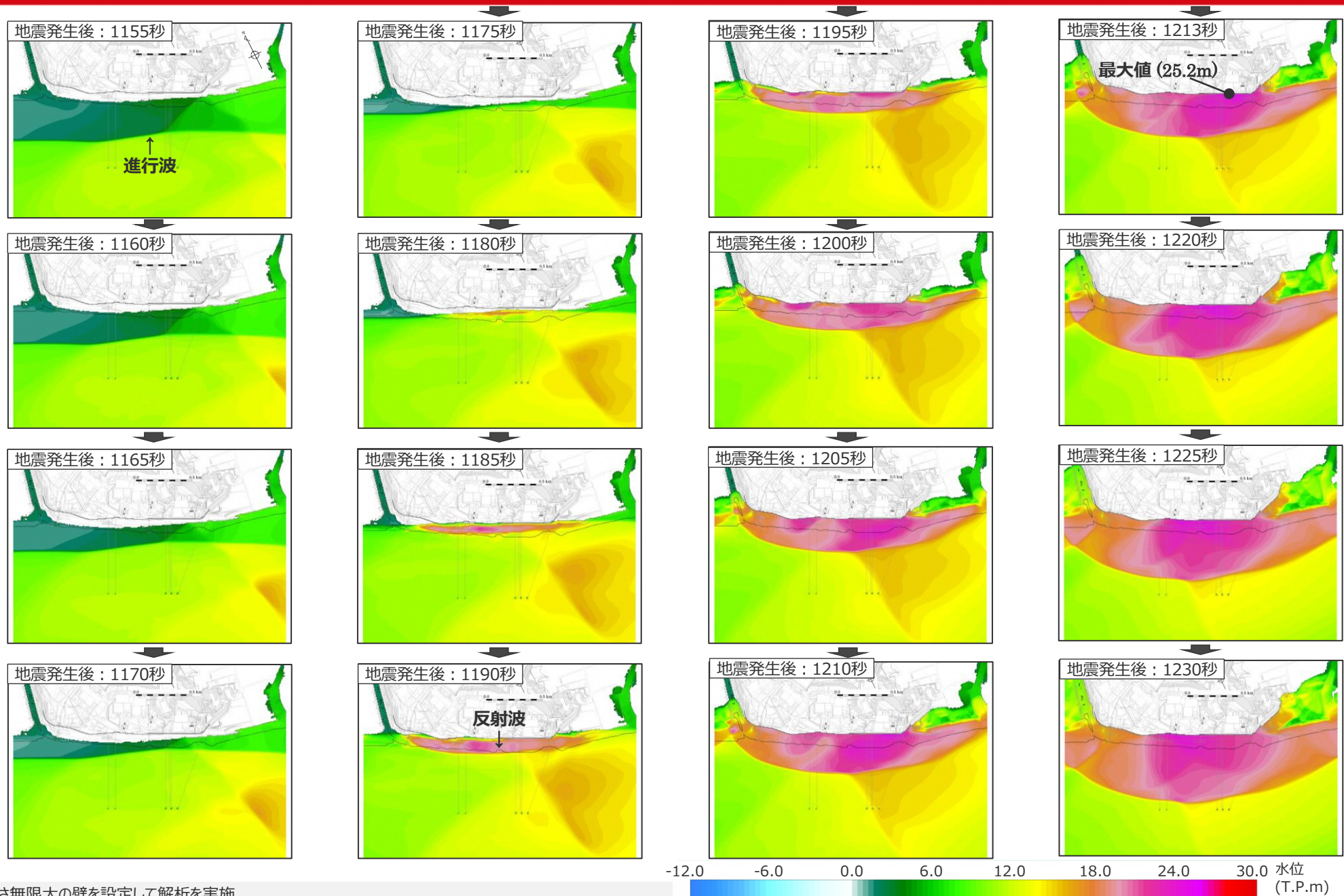
20分

プレート間地震 + 海底地すべり (s26地点) の津波のスナップショット



津波発生要因の組合せの評価結果

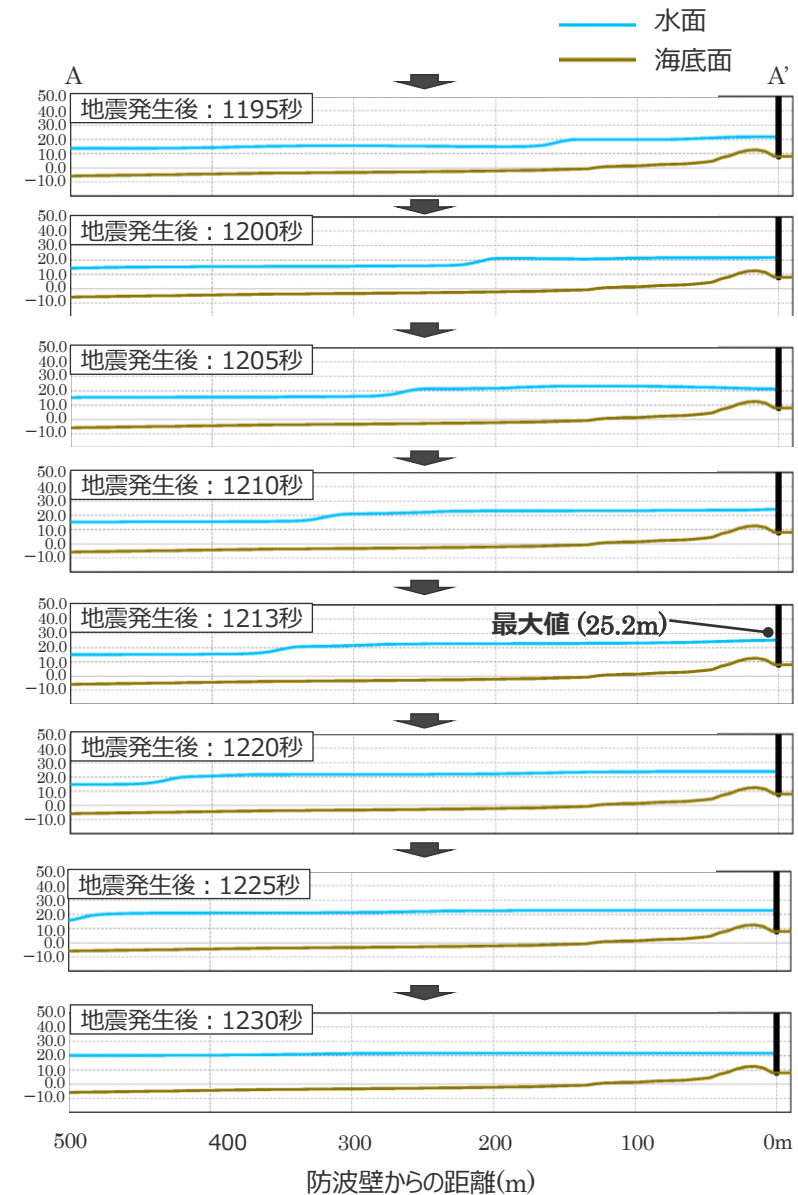
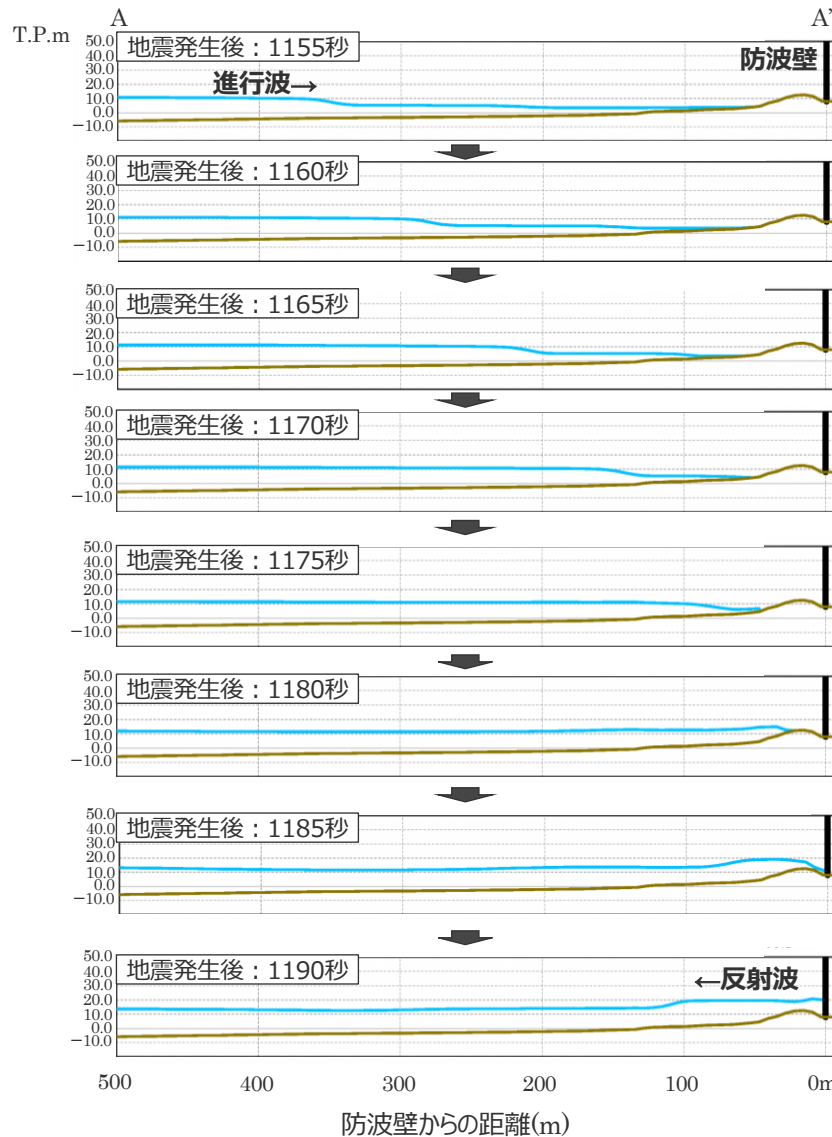
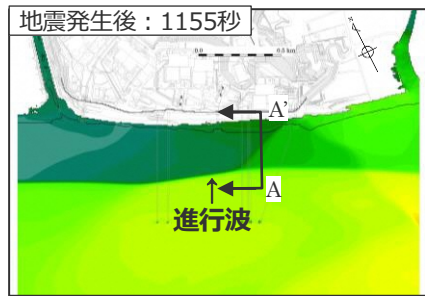
(敷地前面における津波水位のスナップショット (平面図))



・防波壁に高さ無限大の壁を設定して解析を実施

津波発生要因の組合せの評価結果

(敷地前面における津波水位のスナップショット (断面図))



・防波壁に高さ無限大の壁を設定して解析を実施

目次

- 1 基準津波の策定の概要
 - 2 プレート間地震の津波評価
 - 3 その他の津波発生要因の津波評価
 - 4 津波発生要因の組合せ
 - 5 基準津波の策定
 - 6 まとめ
- 補足

基準津波の策定

津波発生要因

各津波発生要因を調査し、津波の数値シミュレーションを実施。

地震による津波

プレート間地震

- 内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)を踏まえて津波評価

最大海拔22.7m*

海洋プレート内地震

最大海拔6.1m*

海域の活断層による地殻内地震

最大海拔6.2m*

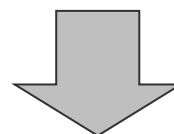
地震以外の要因による津波

地すべり

最大海拔6.3m*

火山現象

最大海拔2.9m*



津波発生要因の組合せ

敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せを評価。最大海拔25.2m*

基準津波の策定

敷地への影響が最も大きいケースを基準津波として策定。

基準津波：最大海拔25.2m*

(プレート間地震と海底地すべりとの組合せケース等、5ケースの基準津波を策定)

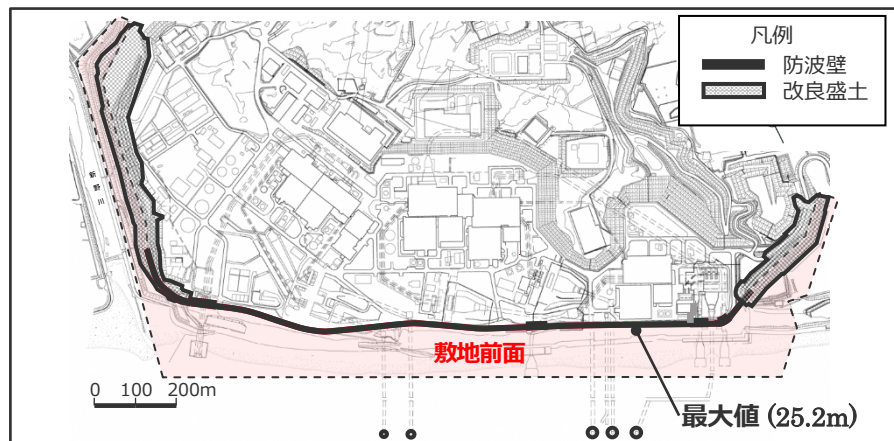
* 敷地前面における津波高。

水位上昇側の基準津波の策定 (敷地前面)

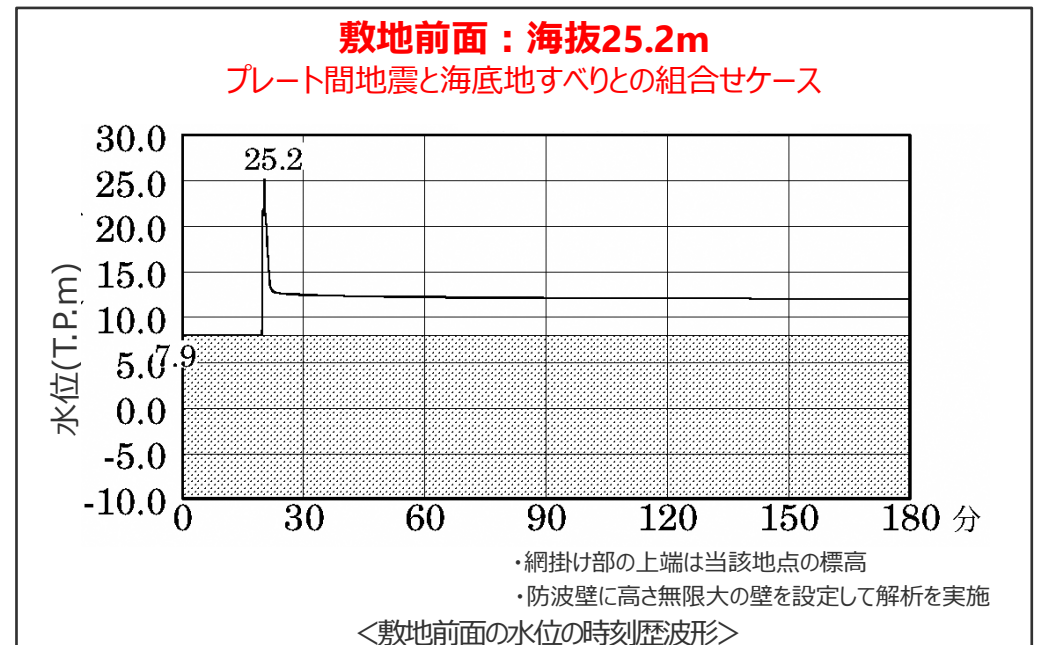
○水位上昇側の津波評価※の結果、**敷地前面への影響が最も大きいケース（海拔25.2m）**を基準津波1として策定。

※ 水位上昇側の津波評価は、安全評価上、地震による敷地の地盤隆起は考慮せず、地盤沈降は考慮して評価。

■ 水位上昇側：敷地前面への影響が最も大きいケース (防波壁前面の最大上昇水位が最も大きいケース)



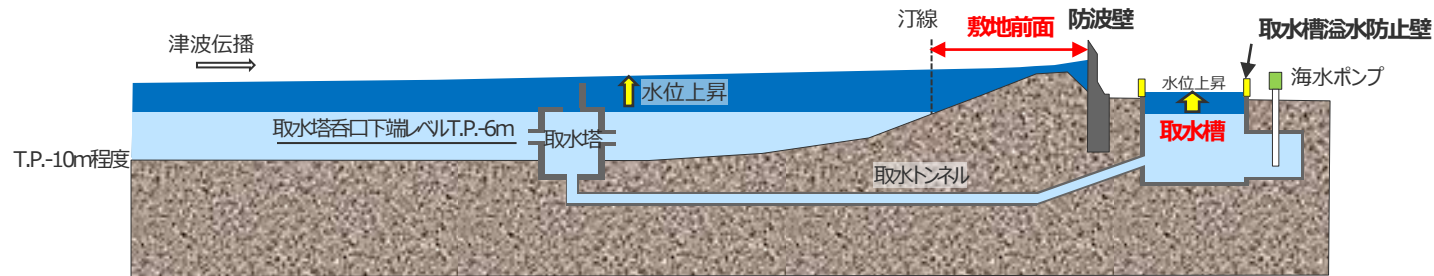
浜岡原子力発電所の水位上昇側の評価地点（敷地前面）



基準津波1

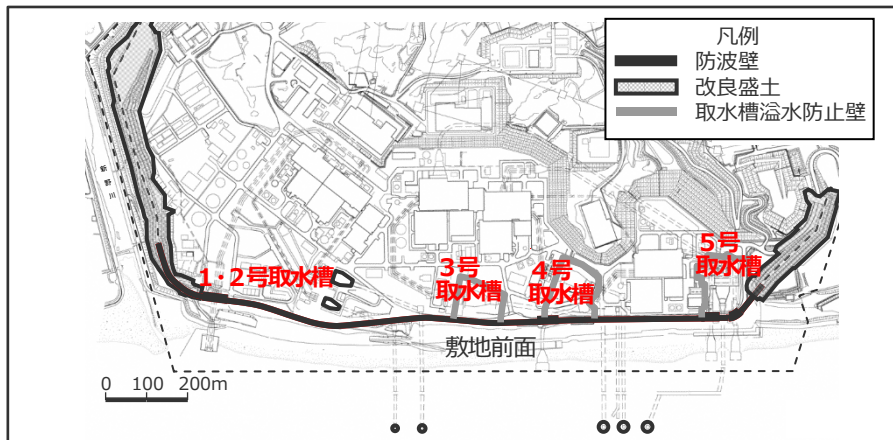
水位上昇側の基準津波の策定 (取水槽)

○水位上昇側の津波評価※の結果、**取水槽への影響が最も大きいケース**を基準津波2a~2cとして策定。



※ 水位上昇側の津波評価は、安全評価上、地震による敷地の地盤隆起は考慮せず、地盤沈降は考慮して評価。

■ 水位上昇側：取水槽への影響が最も大きいケース (取水槽の最大上昇水位が最も大きいケース)



浜岡原子力発電所の水位上昇側の評価地点 (取水槽)

取水槽		取水槽		取水槽	
1,2号取水槽	6.6m	1,2号取水槽	6.5m	1,2号取水槽	6.5m
3号取水槽	9.2m	3号取水槽	9.1m	3号取水槽	9.1m
4号取水槽	9.9m	4号取水槽	9.9m	4号取水槽	9.8m
5号取水槽	12.0m	5号取水槽	12.0m	5号取水槽	12.0m
プレート間地震と海域の活断層(遠州断層系)による地殻内地震との組合せケース		プレート間地震と海底地すべり(s26地点)との組合せケース		プレート間地震と海底地すべり(s26-s29地点)との組合せケース	
基準津波2a		基準津波2b		基準津波2c	

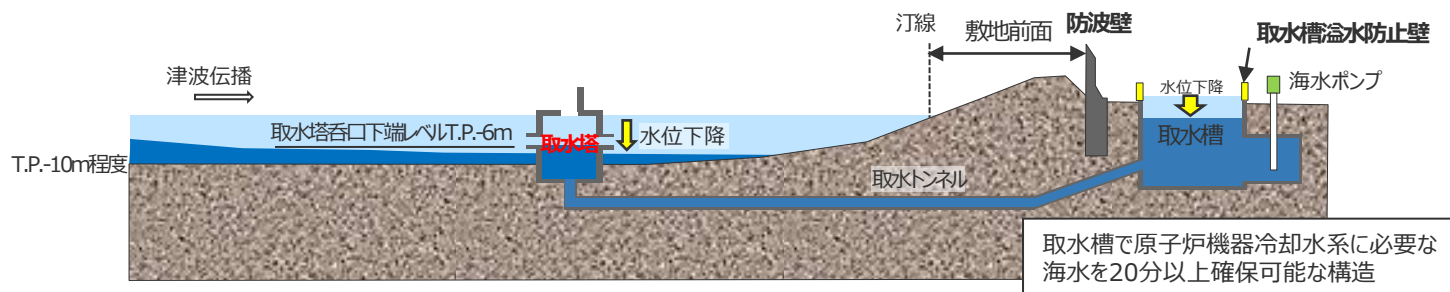
・基準津波2a~2cによる取水槽の津波波形は補足⑤参照

水位下降側の基準津波の策定

(取水塔)

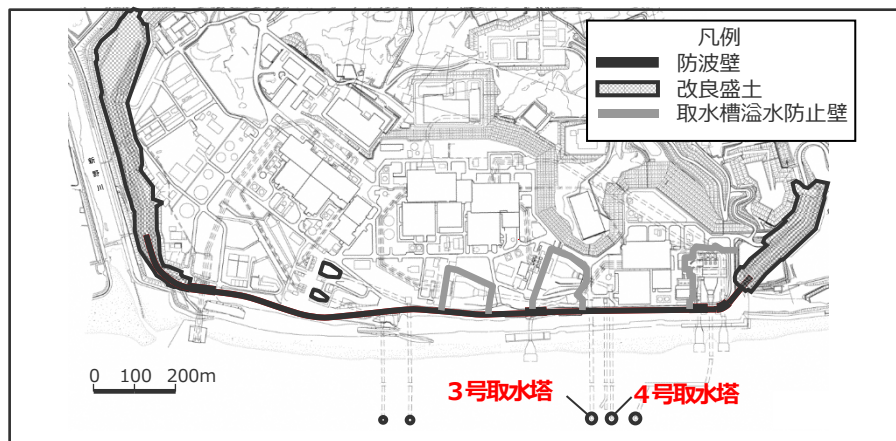
○浜岡原子力発電所は、原子炉機器冷却水系に必要な海水を、敷地沖合約600mに位置する取水塔から取水トンネルを経て敷地内の取水槽へ導き取水しており、取水槽で必要な海水を20分以上確保可能な構造となっている。そこで、引き津波に対する取水性を確認するため、水位下降側の津波評価を実施し、3,4号取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間を評価。

○水位下降側の津波評価※の結果、取水塔への影響が最も大きいケースを基準津波3として策定。

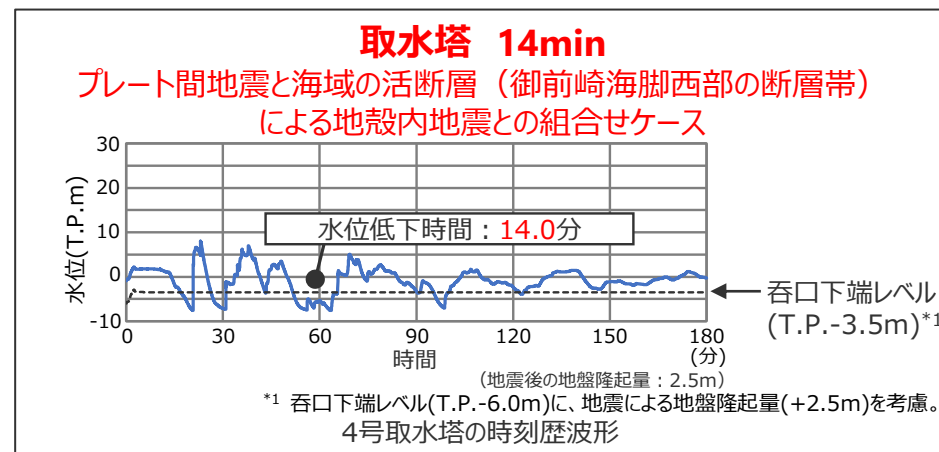


※ 水位下降側の津波評価は、安全評価上、地震による敷地の地盤隆起は考慮して、地盤沈降は考慮せず評価。

■ 水位下降側：取水塔への影響が最も大きいケース (3,4号取水塔から取水できない時間が最も長いケース)



浜岡原子力発電所の水位下降側の評価地点 (取水塔)

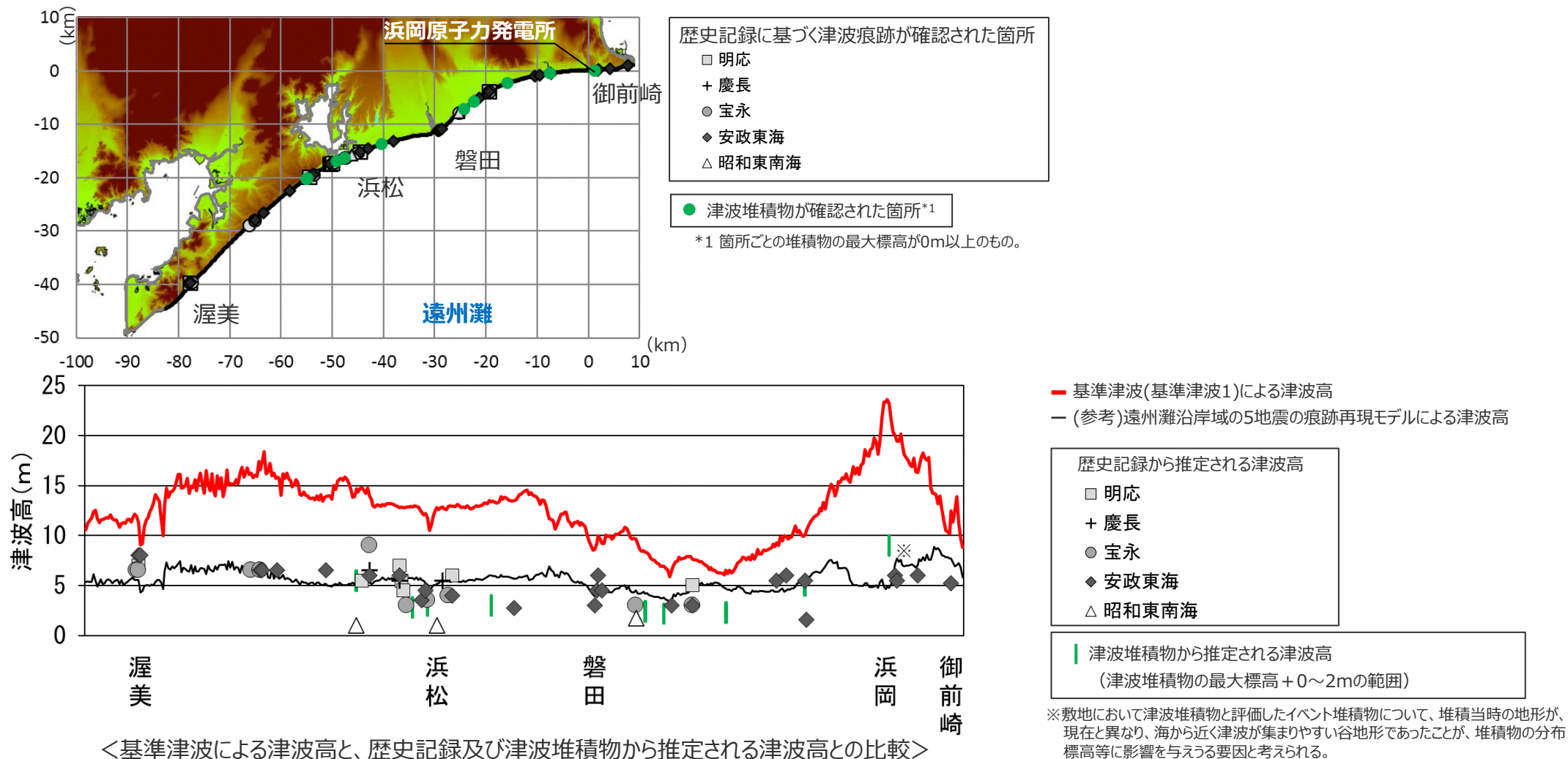


基準津波3

歴史記録及び津波堆積物との比較

○基準津波による津波高は、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高を大きく上回る。

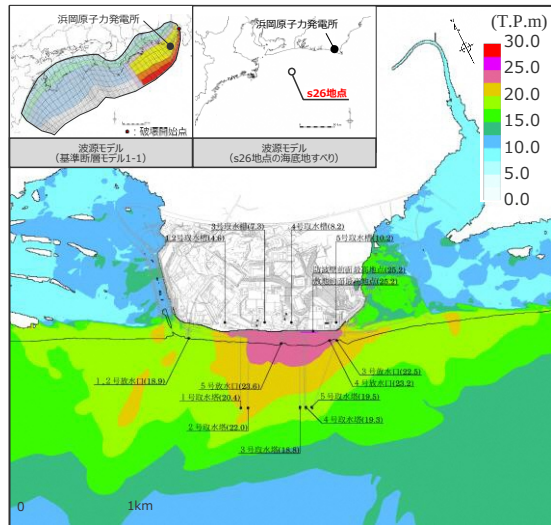
※ 歴史記録及び津波堆積物による調査の詳細は補足⑥参照。



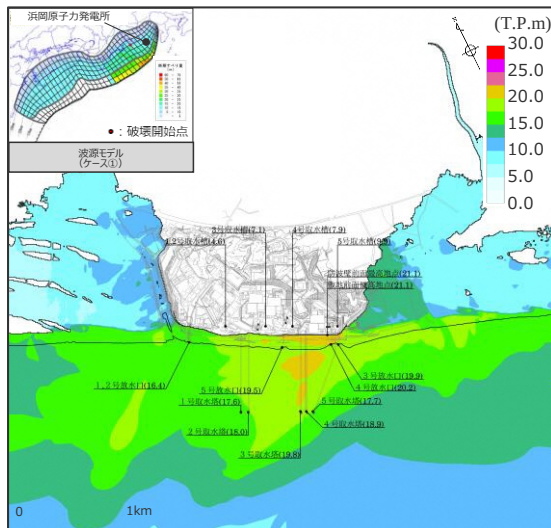
内閣府の最大クラスモデルとの比較

○基準津波による津波高は、内閣府の最大クラスモデルによる津波高を上回る。

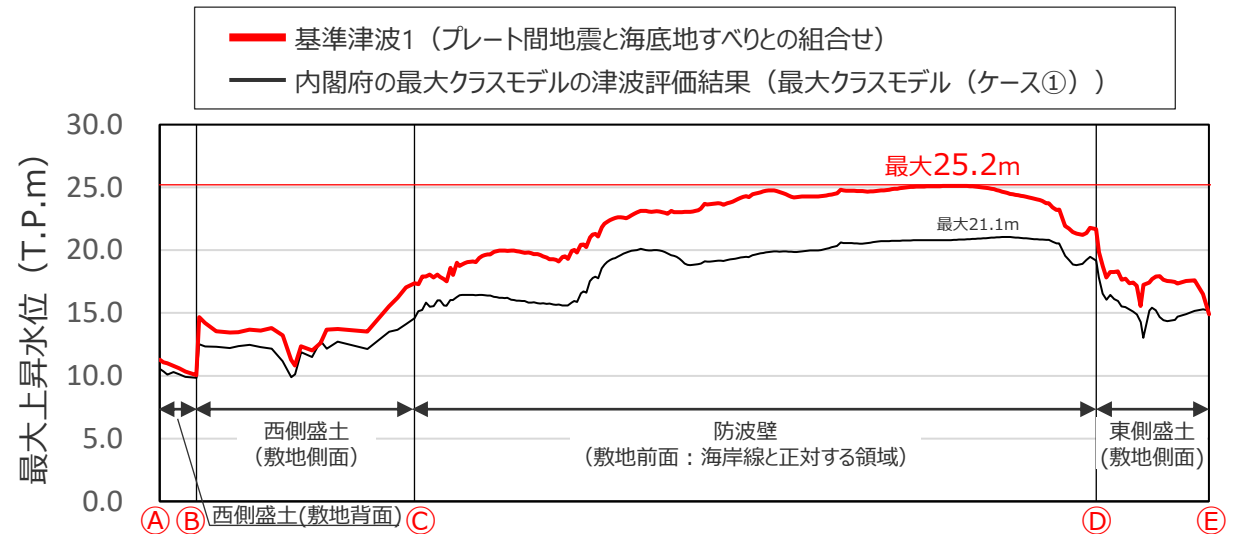
※ 内閣府の最大クラスモデルとの比較の詳細は補足⑦参照。



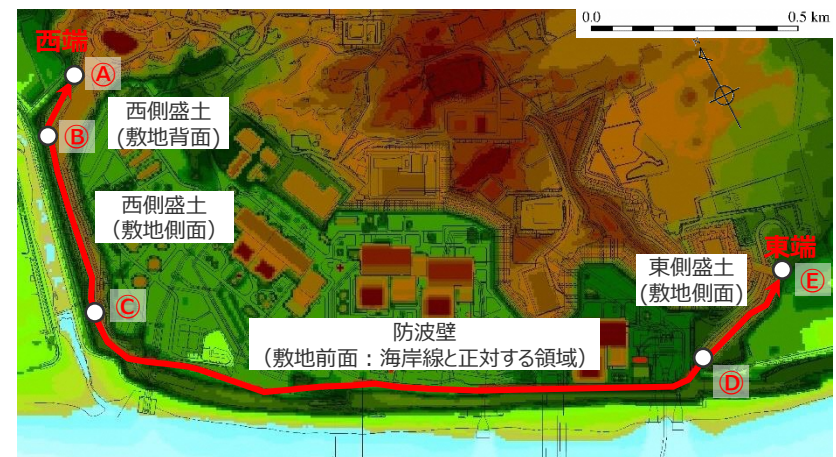
基準津波1（プレート間地震と海底地すべりとの組合せ）



（内閣府の最大クラスモデル（ケース①））
<最大上昇水位分布>



・いずれも朔望平均満潮位
T.P.+0.8mを考慮。



<防波壁・東西盛土地点の最大上昇水位>

・防波壁に高さ無限大の壁を設定して解析を実施

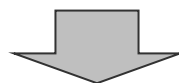
目次

- 1 基準津波の策定の概要
- 2 プレート間地震の津波評価
- 3 その他の津波発生要因の津波評価
- 4 津波発生要因の組合せ
- 5 基準津波の策定
- 6 まとめ

補足

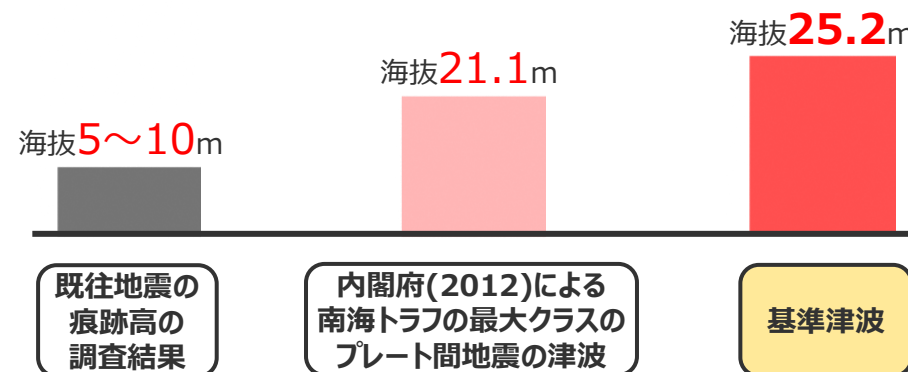
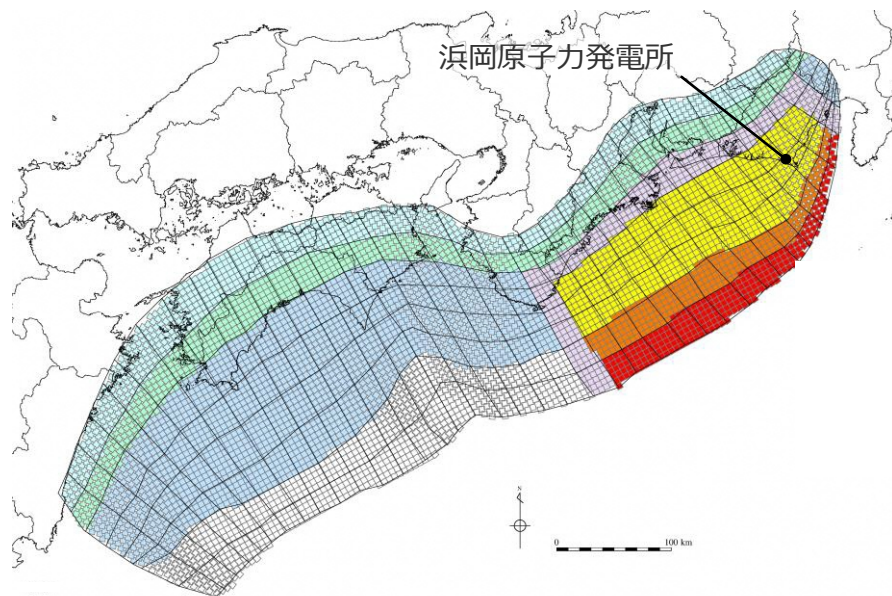
浜岡原子力発電所の基準津波（まとめ）

- 敷地に影響が大きい津波はプレート間地震の津波であり、最新の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した**内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)**を踏まえて津波評価を行うとともに、海底地すべり等のその他の津波発生要因との組合せの評価も行い、**敷地への影響が最も大きいケースを基準津波**として策定。



基準津波：最大海拔25.2m *
(プレート間地震と海底地すべりとの組合せケース等)

* 敷地前面における津波高。



<内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル>

基準津波による津波高は、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高を大きく上回るとともに、内閣府の最大クラスモデルによる津波高を上回る。

補足

- ①津波の数値シミュレーションの解析条件
- ②プレート間地震の津波評価
- ③その他の津波発生要因の津波評価
- ④津波発生要因の組合せ
- ⑤基準津波の策定
- ⑥基準津波と歴史記録及び津波堆積物に関する調査結果との比較
- ⑦基準津波と内閣府の最大クラスモデルとの比較

補足 ①津波の数値シミュレーションの解析条件

津波評価手法及び計算条件

(計算手法)

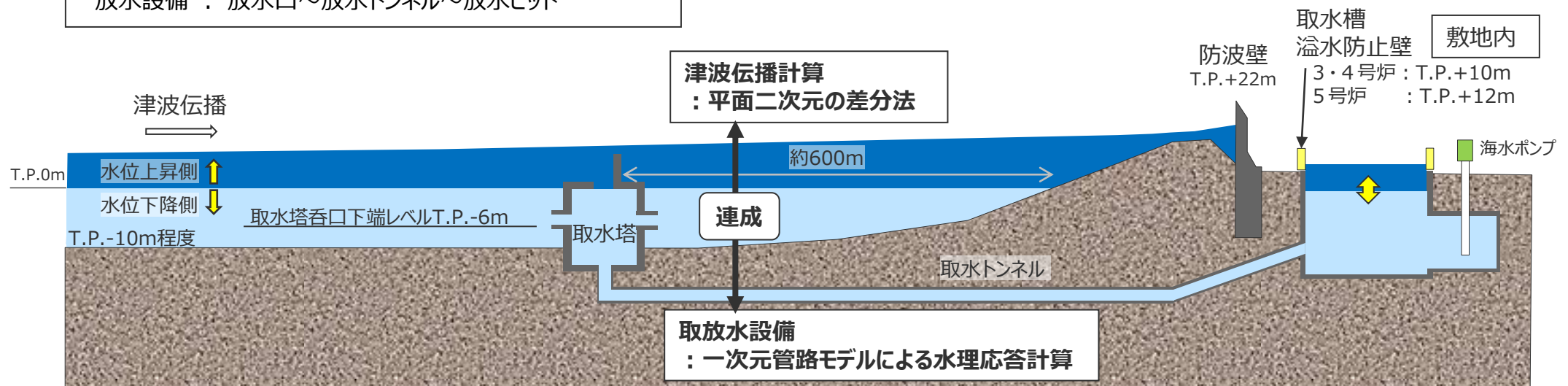
- 津波伝播計算には、**非線形長波理論に基づく平面二次元の差分法**を用いた。
- 取放水設備からの敷地内への海水流入の有無について評価するため、取放水設備をモデル化し、**津波伝播計算と管路モデルの水理応答計算との連成解析**を実施した。

・計算手法は、基準津波の策定の各津波評価において共通としている。

取放水設備のモデル化範囲（1号炉～5号炉共通）

取水設備：取水塔～取水トンネル～取水槽

放水設備：放水口～放水トンネル～放水ピット



数値シミュレーションのイメージ

津波評価手法及び計算条件

(計算条件)

項目	計算条件（津波の数値シミュレーション）
基礎方程式	・非線形長波理論（浅水理論）の連続式及び運動方程式
計算領域	・南北約2,500km×東西約3,000kmの領域
格子分割サイズ	・計算格子は沖合での最大6,400mから3,200m、1,600m、800m、400m、200m、100m、50m、25m、12.5m、6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子間隔を設定
境界条件	・沖側境界条件はCerjan et al.(1985)の吸収境界 ・格子分割サイズが100m以上の領域では汀線で完全反射境界 ・格子分割サイズが50m～6.25mの領域では陸域への遡上計算を実施 ・津波先端部の移動境界条件は小谷ほか（1998）
初期潮位	・水位上昇側 朔望平均満潮位 T.P.+0.80m ・水位下降側 朔望平均干潮位 T.P.-0.93m （朔望平均満潮位・干潮位とも御前崎検潮所2003～2012年の平均値）
海面変位	・弾性体理論に基づく方法により計算した地盤変位に基づき設定 鉛直変位量のみでなく水平方向の海底地形の起伏の移動による鉛直方向の地形変化量も考慮（Tanioka and Satake(1996)）
海底摩擦損失係数	・マンニングの粗度係数 $0.025\text{m}^{-1/3}\text{s}$
水平渦動粘性係数	・ $10\text{m}^2/\text{s}$
計算時間間隔	・0.125s
計算時間	・3時間

項目	計算条件（水路及び水槽）
基礎方程式	・管水路および開水路の連続式及び運動方程式 ・水槽の水位計算式
計算領域	・取水路 (1～4号)取水塔～取水トンネル～取水槽 (5号) 取水塔～取水トンネル～取水槽～原子炉機器冷却海水取水路～原子炉機器冷却海水ポンプ室 ・連絡水路 : 2号取水トンネル～3号取水槽～4号取水槽～5号取水槽 ・放水路 : 放水口～放水トンネル～放水ピット
マンニングの粗度係数	・取水路、連絡水路 : $n = 0.025\text{m}^{-1/3}\text{s}$ ・放水路 : $n = 0.020\text{m}^{-1/3}\text{s}$
計算時間間隔	・0.025s

補足 ②プレート間地震の津波評価

プレート間地震の検討対象地震の選定

(各沈み込み帯に関する文献調査)

■各沈み込み帯の特徴及び構造境界について文献調査を行い、巨大地震の発生について分析を実施。

- 敷地に近い南海トラフにおいて巨大地震の発生が想定され、南西諸島海溝と伊豆・小笠原海溝では領域全体を波源とするような巨大地震が発生する可能性は低いと評価した。
- また、九州-パラオ海嶺付近に構造境界が確認されており、南海トラフの領域と南西諸島海溝の領域とは一体となって破壊しないと評価した。

南海トラフの特徴

- ・Mw8クラスの巨大地震が100～200年間隔で繰り返し発生。宝永地震(Mj8.6)等、領域全体を波源とする巨大地震の発生が知られている。
 - ・地殻変動観測結果から、駿河湾～日向灘の領域で固着域が推定されている。
- ⇒**巨大地震の発生が想定されると評価した。**

南西諸島海溝の特徴

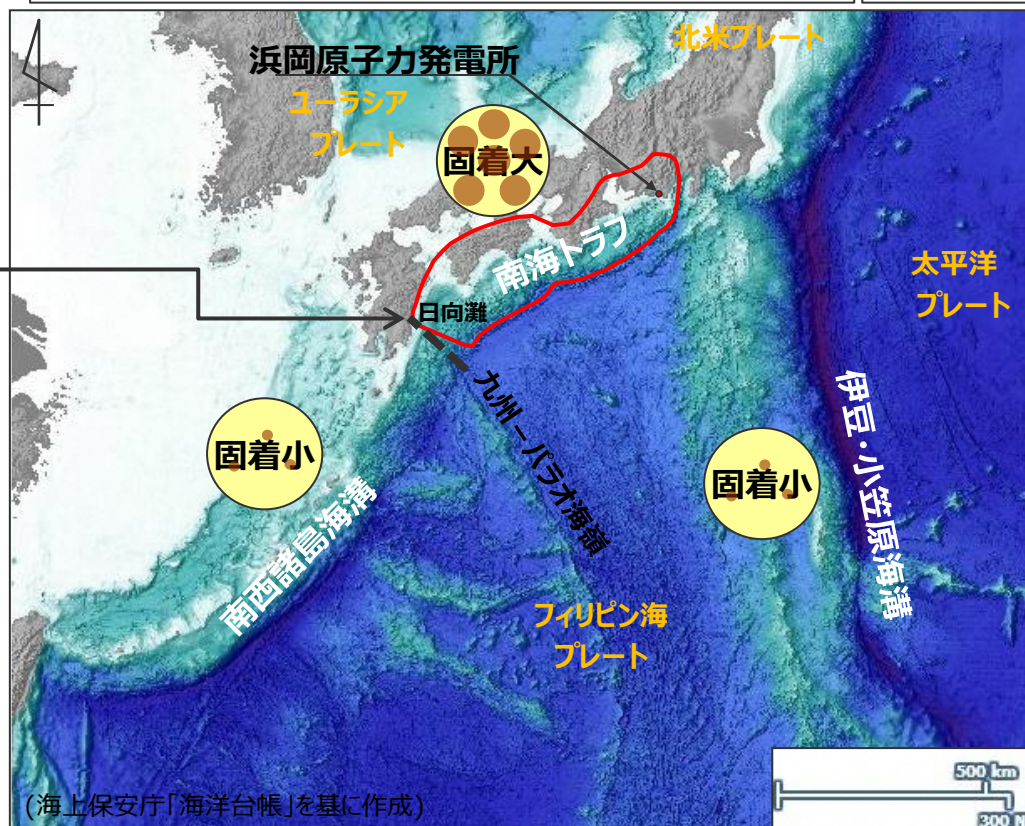
- ・海溝軸方向に3つの地質構造区分が示されており、津波石の調査等において地震・津波の発生状況に顕著な地域差が見られる。
 - ・地殻変動観測結果によりプレート境界の固着は小さいとされている。
- ⇒**領域全体を波源とするような巨大地震が発生する可能性は低いと評価した。**

伊豆・小笠原海溝の特徴

- ・Mw8クラス以上の巨大地震の発生は確認されていない。
 - ・地殻変動観測結果から固着は小さいとされている。
- ⇒**領域全体を波源とするような巨大地震が発生する可能性は低いと評価した。**

南海トラフと南西諸島海溝の構造境界

- ・南海トラフの領域と南西諸島海溝の領域とは、フィリピン海プレートの形成年代・形成過程、地震発生状況等が異なっており、九州-パラオ海嶺付近に構造境界が確認されている。
- ⇒**南海トラフの領域と南西諸島海溝の領域とは一体となって破壊しないと評価した。**



プレート間地震の検討対象地震の選定

(数値シミュレーションによる敷地への影響検討)

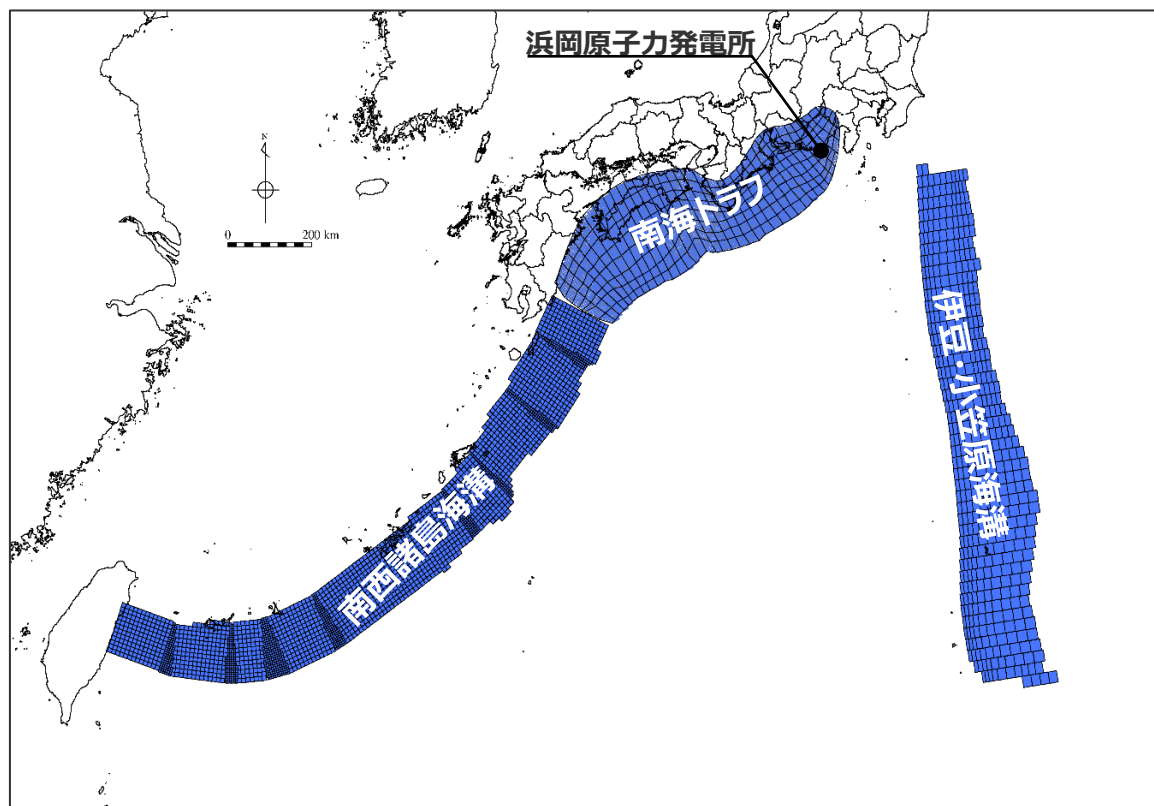
検討方針

- 発生する地震・津波の地震規模などの特徴は沈み込み帯ごとに異なると考えられるが、ここでは領域全体を波源とする最大クラスの地震規模を想定して波源モデルを設定し、数値シミュレーションにより敷地への影響を比較検討した。



波源モデルの設定

- 波源モデルの地震規模は、領域全体を波源とした上で、内閣府(2012)と同様に、主部断層の応力降下量を3MPaとしたスケーリング則により設定した。
- 波源モデルのすべり量分布は、敷地及び敷地周辺への影響を比較する観点から、すべり量一律のモデルとして設定した。



波源モデル

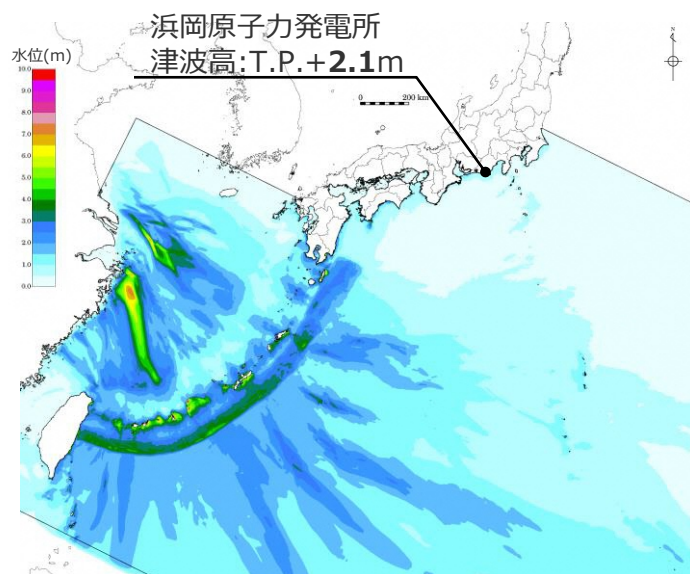
断層パラメータ

領域	面積 (km ²)	Mw	すべり量 (m)
南海トラフ	144,379	9.1	10.0
南西諸島海溝	207,537	9.3	11.9
伊豆・小笠原海溝	179,236	9.2	11.3

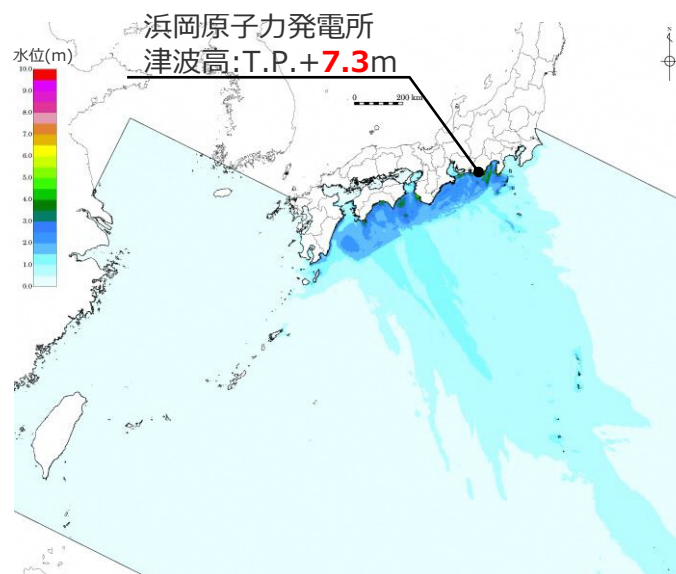
プレート間地震の検討対象地震の選定

(数値シミュレーションによる敷地への影響検討結果)

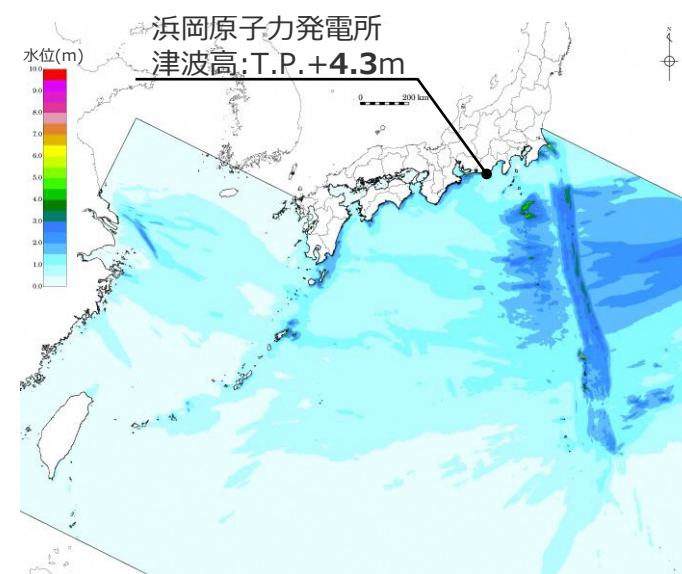
- 領域全体を波源とする最大クラスの地震規模を想定して波源モデルを設定し数値シミュレーションを実施した結果、敷地及び敷地周辺への影響について、「南海トラフのMw9クラスのプレート間地震」の津波の影響が大きいことを確認した。



南西諸島海溝のプレート間地震



南海トラフのプレート間地震



伊豆・小笠原海溝のプレート間地震

数値シミュレーションによる敷地への影響検討結果

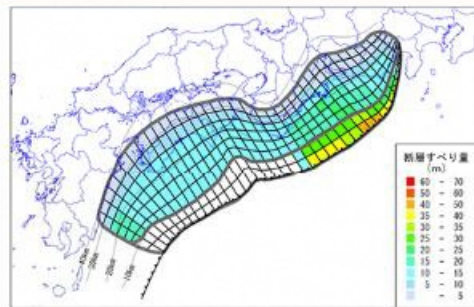


以上の結果に基づき、敷地への影響の観点から、敷地に近い「南海トラフのMw9クラスのプレート間地震」を検討対象として選定。

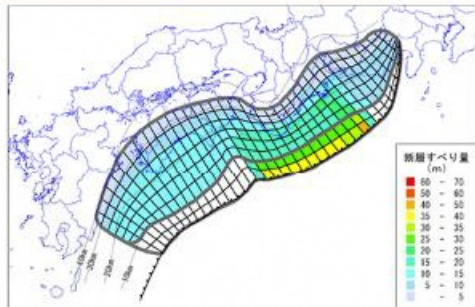
プレート間地震の波源モデル

(内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスモデル)

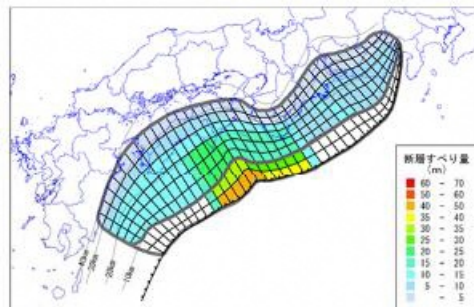
大すべり域が1箇所のパターン



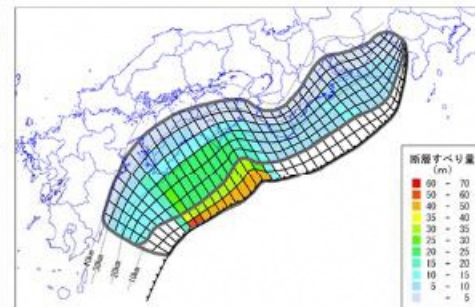
【ケース① 駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域を設定】



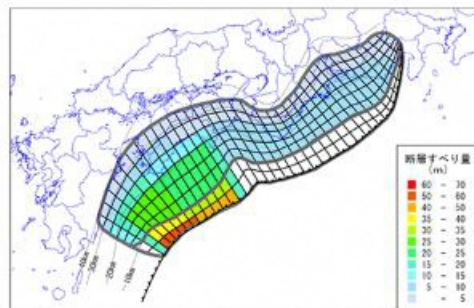
【ケース② 紀伊半島沖に大すべり域を設定】



【ケース③ 紀伊半島沖～四国沖に大すべり域を設定】

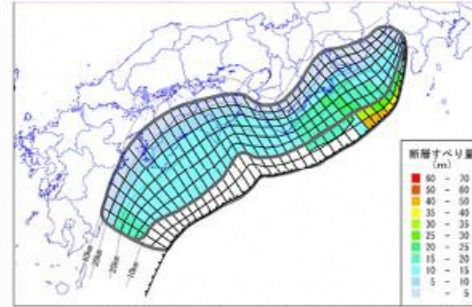


【パターン④ 四国沖に大すべり域を設定】

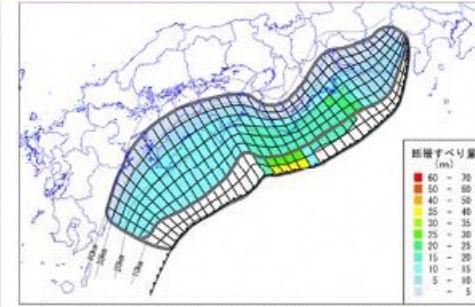


【パターン⑤ 四国沖～九州沖に大すべり域を設定】

大すべり域が1箇所で分岐断層も考えるパターン

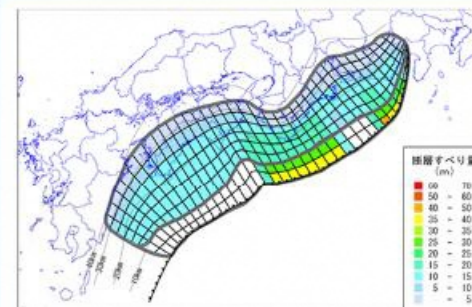


【ケース⑥ 駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域＋分岐断層】

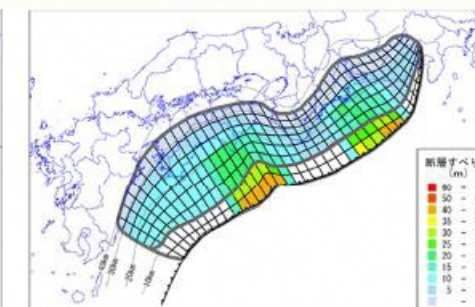


【ケース⑦ 紀伊半島沖に大すべり域＋分岐断層】

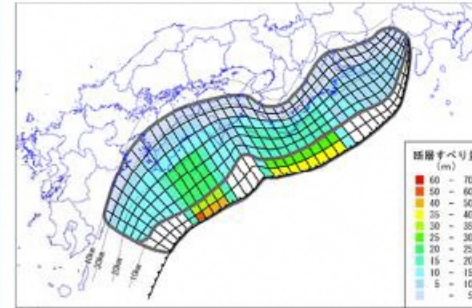
大すべり域が2箇所のパターン



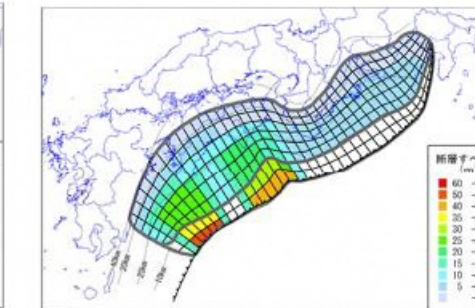
【ケース⑧ 駿河湾～愛知県東部沖、三重県南部沖～徳島県沖に大すべり域を設定】



【ケース⑨ 愛知県沖～三重県沖、室戸岬沖に大すべり域を設定】



【ケース⑩ 三重県南部沖～徳島県沖、足摺岬沖に大すべり域を設定】

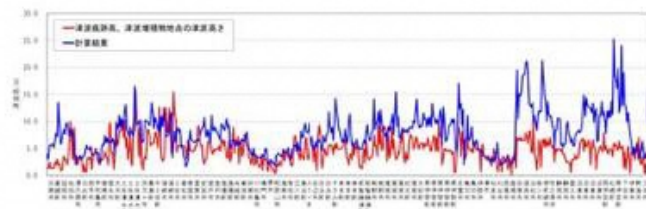


【ケース⑪ 室戸岬沖、日向灘に大すべり域を設定】

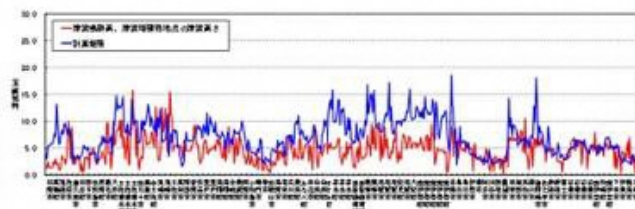
南海トラフの最大クラスモデル（ケース①～⑪）のすべり量分布（内閣府(2012)）

プレート間地震の波源モデル

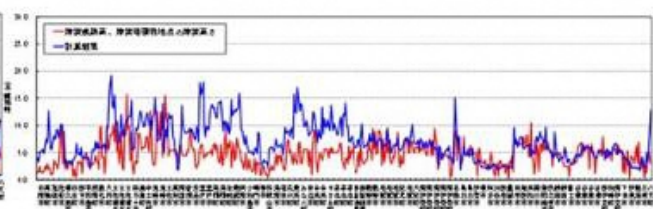
(南海トラフの最大クラスモデルの津波高と過去の痕跡高との比較)



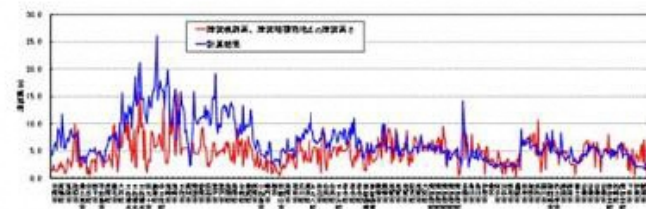
【ケース① 駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域を設定】



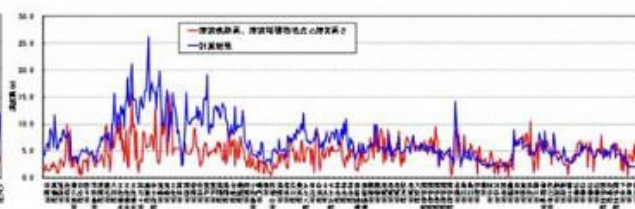
【ケース② 紀伊半島沖に大すべり域を設定】



【ケース③ 紀伊半島沖～四国沖に大すべり域を設定】



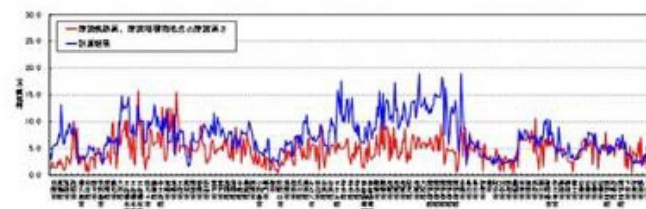
【ケース④ 四国沖に大すべり域を設定】



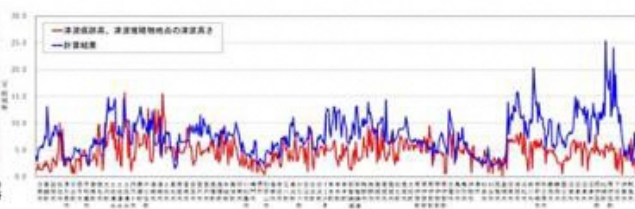
【ケース⑤ 四国沖～九州沖に大すべり域を設定】



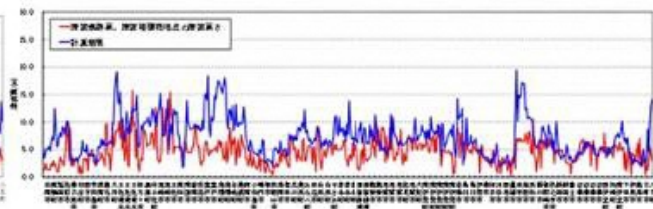
【ケース⑥ 駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域＋分岐断層】



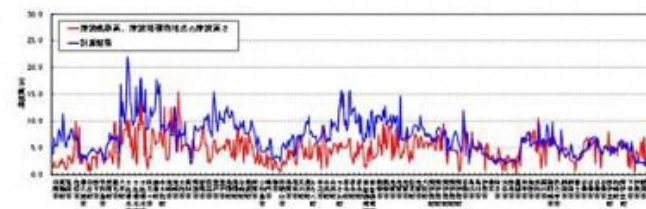
【ケース⑦ 紀伊半島沖に大すべり域＋分岐断層】



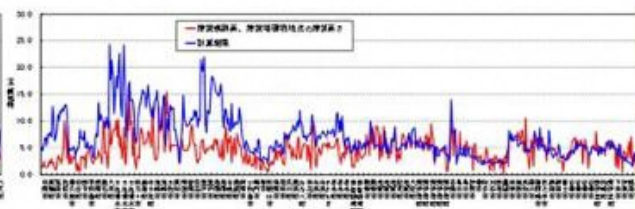
【ケース⑧ 駿河湾～愛知県東部沖
三重県南部沖～徳島県沖に大すべり域を設定】



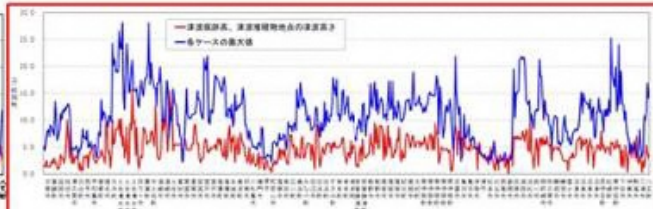
【ケース⑨ 愛知県沖～三重県沖、
室戸岬沖に大すべり域を設定】



【ケース⑩ 三重県南部沖～徳島県沖、
足摺岬沖に大すべり域を設定】



【ケース⑪ 室戸岬沖、日向灘に大すべり域を設定】



【最大クラスの津波高（各ケースの最大重ね合わせ）】

南海トラフの最大クラスモデル（ケース①～⑪）の津波高と過去の痕跡高との比較（内閣府(2012)）

— 津波痕跡高、津波堆積物地点の津波高
— 計算結果

プレート間地震の波源モデル

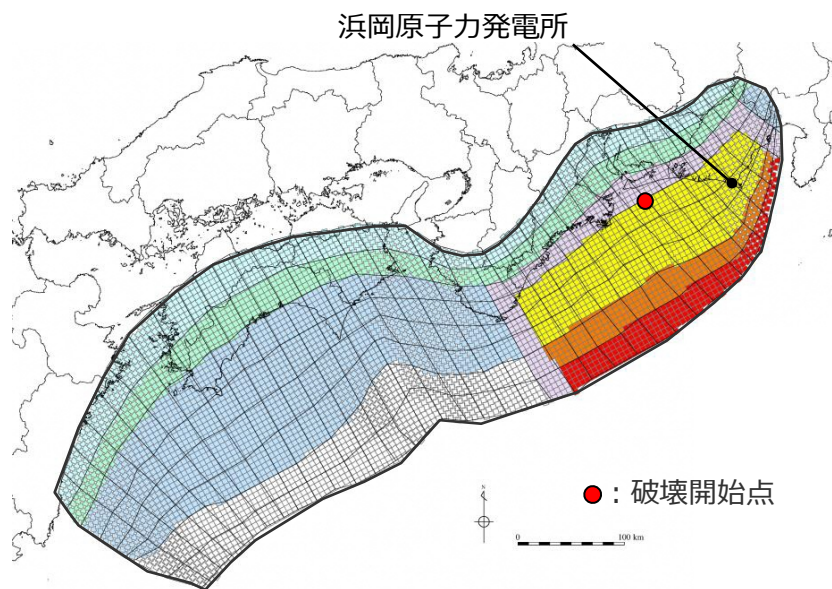
(南海トラフのMw9クラスのプレート間地震の津波評価)

- 内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の津波断層モデル(Mw9.1)を踏まえて検討波源モデルを設定したうえで、**パラメータスタディを実施して敷地への影響が大きい津波を評価。**

①検討波源モデルの設定

南海トラフおよび国内外の巨大地震の最新知見に基づいて南海トラフの特徴と東北沖地震の知見を反映したMw9クラスを設定※1

※1 南海トラフ検討会の最大クラスの津波モデルに基づくものと土木学会の手法に基づくものとを設定。その際には、南海トラフの特徴が反映されている南海トラフの津波痕跡の再現モデルを検討した上でMw9クラスのモデルを設定。また、プレート間地震における断層破壊が分岐断層に伝播する波源モデルも検討。

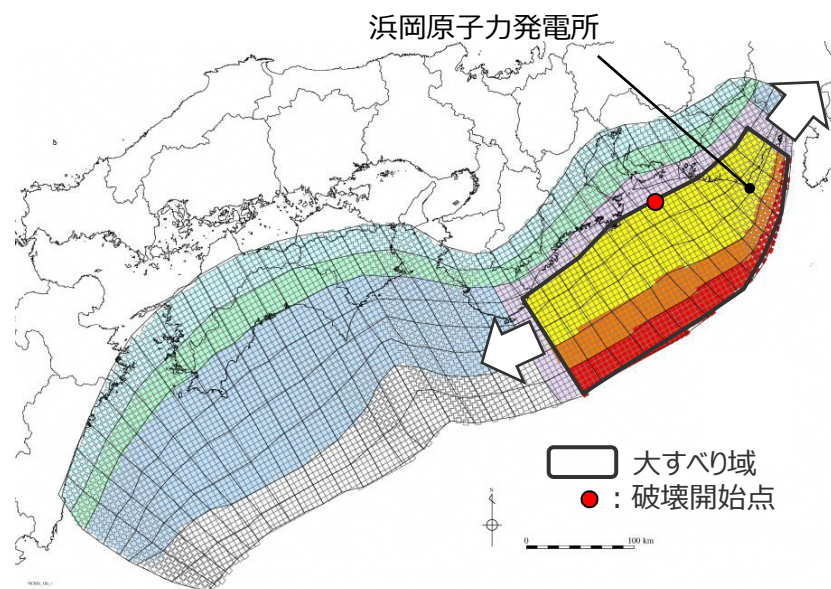


<検討波源モデルの例>

②パラメータスタディ

敷地への影響が支配的な大すべり域の位置に加え、敷地への影響が考えられるライズタイム、破壊伝播速度、破壊開始点のパラメータスタディも実施※2

※2 国内外の巨大地震・津波に基づく知見や南海トラフ検討会の最大クラスの津波断層モデルのパラメータの設定に基づき実施。



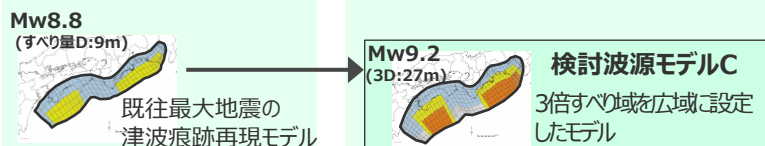
<大すべり域の位置のパラメータスタディの例>

■:4倍すべり域 ■:3倍すべり域 ■:2倍すべり域 ■:遷移領域
■:背景領域 ■:深い背景領域 ■:最も深い背景領域 ■:浅い背景領域(すべり量が0(ゼロ)の領域)

プレート間地震の津波評価

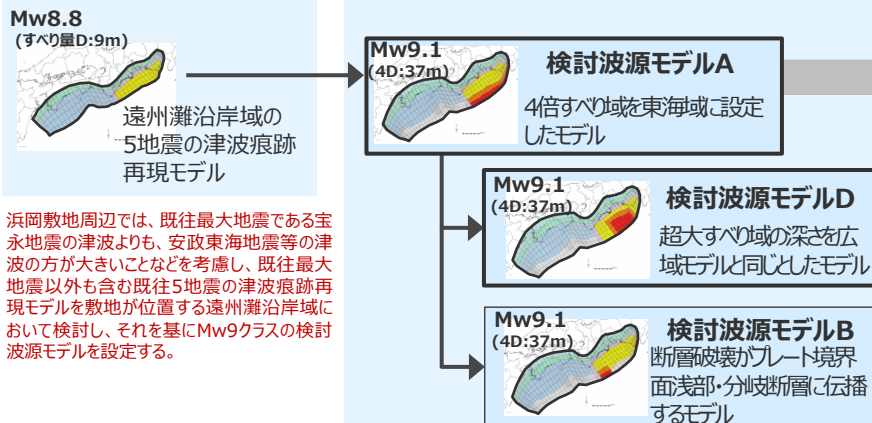
①検討波源モデルの設定

既往最大地震の広域の津波特性を考慮した検討波源モデルの設定
(広域の津波特性を考慮できる土木学会(2016)の手法を用いて設定)



より敷地への影響が大きいモデルを設定

敷地周辺への津波影響を特に考慮した検討波源モデルの設定
(正対する沿岸域に大きな津波を発生させる内閣府(2012)の手法を参考に設定)



- 津波断層域
 深い背景領域
 最も深い背景領域
 遷移領域
 浅い背景領域
- 4倍すべり域
 3倍すべり域
 大すべり域
 背景領域
- (すべり量が0(ゼロ)の領域)

- D: 平均すべり量
- 各波源モデルには、
内閣府(2012)による約5km
メッシュの津波断層面を用いた。

②パラメータスタディ

②-1 大すべり域の位置 のパラメータスタディ

敷地への影響が
大きいケースを選定
(基準断面モデルの選定)

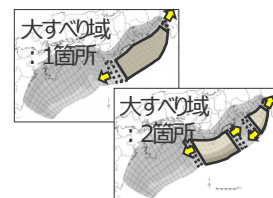
②-2 ライスタイム、破壊伝播速度・破壊開始点のパラメータスタディ

・大すべり域
2箇所10km
ずつ移動

→敷地影響
は小さい

→敷地影
(はい)

→基準断層モデル1-1~1-5
(検討波源モデルA)を選定:
水位上昇側(敷地前面)
への影響が大きい



- ・大すべり域1箇所
- ・大すべり域2箇所

10kmずつ移動

→基準断層モデル2-1~2-3
(検討波源モデルA)を選定:
水位下降側(取水塔)
への影響が大きい

- ・大すべり域1箇所
- ・大すべり域2箇所

10kmずつ移動

→基準断層モデル3-1~3-3
(検討断層モデルD)を選定
水位上昇側(取水槽)
への影響が大きい

- ・大すべり域1箇所
- ・大すべり域2箇所

10kmずつ移動

→ **基準断層モデル4-1**
(**検討波源モデルD**)を**選定**
水位下降側(取水塔)
への**影響**が大きい

- ・ライズタイム
→ **60~300s**
- ・破壊伝播速度
0.7~2.5km/s
- ・破壊開始点
P1~P6

- ・ライズタイム
▶ 60~300s
- ・破壊伝播速度
0.7~2.5km/s
- ・破壊開始点
P1~P6

- ・ライズタイム
➡ 60~300s
- ・破壊伝播速度
0.7~2.5km/s
- ・破壊開始台点
P1~P6

- ・ライズタイム
→ 60~300s
- ・破壊伝播速度
0.7~2.5km/s
- ・破壊開始台点
P1~P6

最も影響の大きいケース

基準断層モデル1-1

- ・ライズタイム60s
- ・破壊伝播速度 2.5km/s
- ・破壊発起点 P4

Mw9.1

(T.P.m)

敷地 前面	取水槽			
	1,2号	3号	4号	5号
22.7 *1	4.6	7.3	8.1	10.1

基準断層モデル2-3

- ・ライタイム 90s
- ・破壊伝播速度 1.0km/s
- ・破壊発起点 P1

Mw9.1



(水位低下時間)

3号取水塔	4号取水塔
13.6min	13.5min

基準断層モデル3-2 Mw9.1

- ・ラスタタイム60s
- ・破壊伝播速度1.0km/s
- ・破壊開始点 P6

(T.P.m)

敷地 前面	取水槽			
	1,2号	3号	4号	5号
19.8	6.4 ^{*2} (3.1)	9.0	9.6	11.8

- *1 防波壁の高さを無限大として解析を実施。
今後、基準津波の確定後、必要な対策を実施していく。
- *2 1・2号取水槽周りに高さ無限大の壁を設定して解析を実施。なお、括弧内の数値は、取水路の設備対策を実施した場合における解析結果。(1号取水路出口流路の縮小(流路面積1.0m²)・2号取水路出口流路の閉塞)

内閣府の最大クラスモデル

津波評価に影響の大きいパラメータを非常に大きく設定(すべり量(37m)とライズタイム(60s)の組合せを設定)することにより、その他のパラメータの不確かさを代表する方法で検討され、少ないケースで南海トラフの全域を網羅する最大クラスの津波として想定されたモデル。

(T.P.m)				
敷地 前面	取水槽			
	1,2号	3号	4号	5号
21.1	4.6	7.1	7.9	9.9

プレート間地震の波源モデル

(南海トラフの最大クラスモデルを踏まえた検討波源モデルの断層パラメータ)

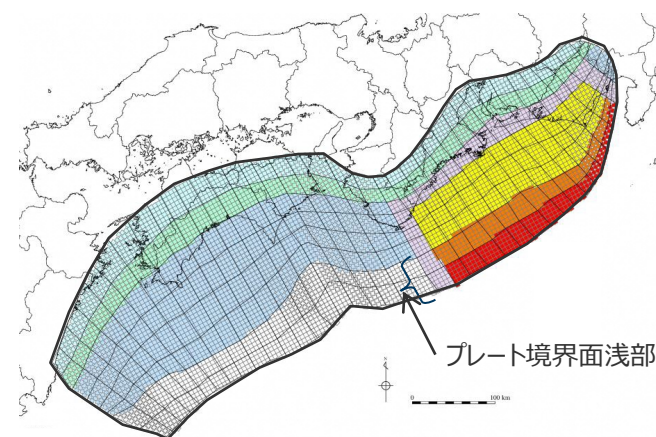
断層パラメータ

項 目		設定値
津波断層域全体	面積 (km ²)	144,379
	地震モーメント (Nm)	6.2×10^{22}
	Mw	9.1
	平均応力降下量 (MPa) ※ ¹	3.0
	平均すべり量 (m) ※ ²	12.1
	最大すべり量 (m)	41.7
	剛性率 (N/m ²)	4.1×10^{10}
	破壊伝播速度 (km/s)	2.0
	ライズタイム (s)	150
主部断層	面積 (km ²)	109,725
	地震モーメント (Nm)	4.5×10^{22}
	平均すべり量 (m)	10.0
	最大すべり量 (m)	20.8
浅部断層	面積 (km ²)	34,655
	地震モーメント (Nm)	1.7×10^{22}
	平均すべり量 (m) ※ ³	29.2
	最大すべり量 (m)	41.7

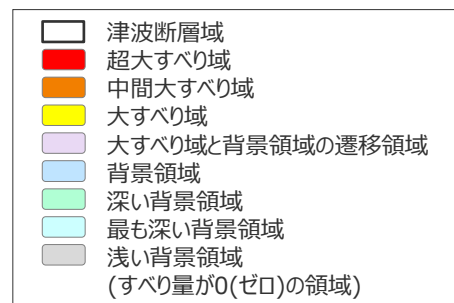
※¹ スケーリング則の対象とした平均応力降下量

※² すべり量が0(ゼロ)でない領域の断層面積 (123,700km²) に基づき算出

※³ すべり量が0(ゼロ)でない領域の断層面積 (13,975km²) に基づき算出



波源モデル



主部断層: 深さ10km以深の断層

浅部断層: 深さ10km以浅の断層

プレート間地震の波源モデル

(東海地域のすべり量分布)

- 設定した検討波源モデルについて、敷地への影響が支配的である東海地域のすべり量分布は以下のとおり。
- 検討波源モデルは、まず、既往最大地震の広域の津波特性を考慮した検討波源モデル（検討波源モデルC）を設定したうえで、より敷地への影響が大きいモデルを設定する観点から、敷地周辺への津波影響を特に考慮した検討波源モデル（検討波源モデルA、B、D）を設定した。

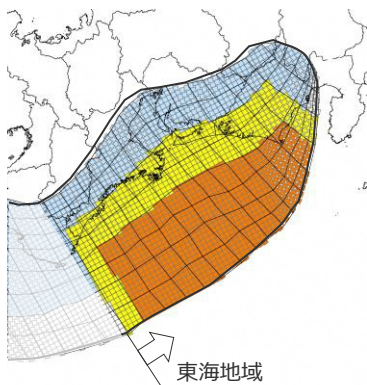
・なお、大すべり域の位置については、別途概略パラメータスタディを実施し、大すべり域の位置を東西に移動させて敷地への影響の大きいケースを検討している。

より敷地への影響が大きいモデルを設定

既往最大地震の広域の津波特性を考慮した検討波源モデル

検討波源モデルC

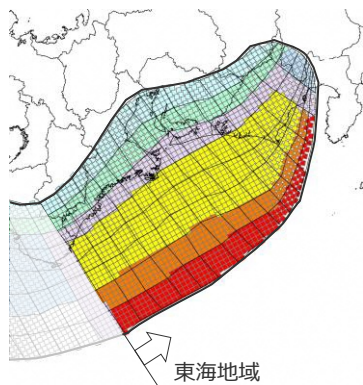
- ・3倍すべり域を広域に設定
- ・断層破壊がプレート境界面浅部に伝播



敷地周辺への津波影響を特に考慮した検討波源モデル

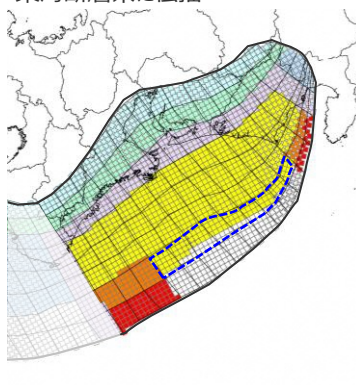
検討波源モデルA

- ・4倍すべり域を東海地域に設定
- ・断層破壊がプレート境界面浅部に伝播



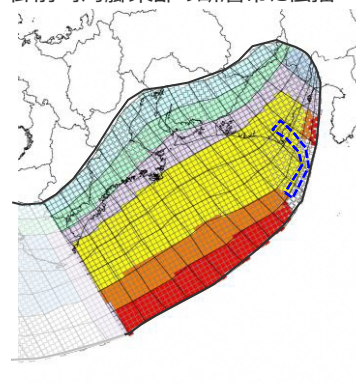
検討波源モデルB-1

- ・4倍すべり域を東海地域に設定
- ・断層破壊がプレート境界面浅部・東海断層系に伝播



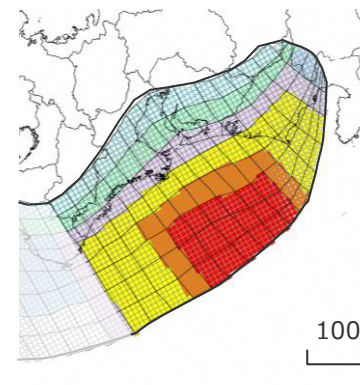
検討波源モデルB-2

- ・4倍すべり域を東海地域に設定
- ・断層破壊がプレート境界面浅部・御前崎海脚東部の断層帯に伝播



検討波源モデルD

- ・4倍すべり域を東海地域に設定
- ・超大すべり域の深さを広域モデルと同じとした



(広域の津波特性を考慮した検討波源モデルCの超大すべり域の深さを反映したモデルも設定)

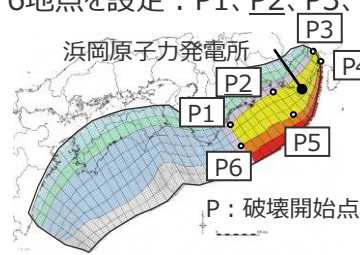
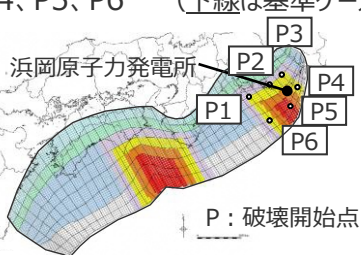
- :4倍すべり域 ■ :3倍すべり域 ■ :2倍すべり域もしくは1.4倍すべり域
- :遷移領域 ■ :背景領域 ■ :深い背景領域
- :最も深い背景領域 ■ :浅い背景領域(すべり量が0(ゼロ)の領域)
- :分岐断層

プレート間地震の波源モデル

(パラメータスタディの設定条件)

- ライズタイム、破壊伝播速度、破壊開始点のパラメータは、Mw9クラスの巨大地震の津波インバージョンに基づく知見、南海トラフにおける知見、および内閣府の最大クラスモデルのパラメータ設定を含めた範囲で設定する。
- また、動的パラメータのうち敷地の津波評価に影響の大きいと考えられるライズタイムについては、上記に加え、国内外のMw8～9クラスの地震のすべり量とライズタイムの組合せの分析も行い、これを考慮する。
- 動的パラメータに関する詳細パラメータスタディの設定条件は、以下のとおり。

詳細パラメータスタディの設定条件

	設定方法	設定内容
ライズタイム	■ 国内外のMw9クラスの巨大地震の津波インバージョンに基づくライズタイム(150～300s)を考慮する。 ■ また、南海トラフの地震を含む国内外のMw8～9クラスの地震のすべり量とライズタイムの組合せの分析結果に基づき、すべり量に応じたライズタイム(120s)を考慮する。 ■ さらに、国内外の巨大地震・津波の発生事例に対して裕度を持って設定されている、内閣府の最大クラスモデルのすべり量(37m)とライズタイム(60s)の組合せを考慮する。 →ライズタイムは、60～300sの範囲で設定する。	■ 左記に基づくライズタイム60～300sを考慮し、以下のとおり設定： 60,90,120,<u>150</u>,180,210,240,270,300s (下線は基準ケース)
破壊伝播速度	■ 国内外のMw9クラスの巨大地震の津波インバージョンに基づく破壊伝播速度(0.7～2.0km/s)を考慮する。 ■ また、南海トラフの速度構造から推定される破壊伝播速度(2.5km/s)、内閣府の最大クラスモデルの破壊伝播速度(2.5km/s)を考慮する。 →破壊伝播速度は、0.7～2.5km/sの範囲で設定する。	■ 左記に基づく破壊伝播速度0.7～2.5km/sを考慮し、以下、5ケースを設定： 0.7、1.0、1.5、<u>2.0</u>、2.5km/s (下線は基準ケース)
破壊開始点	■ 国内外のMw9クラスの巨大地震の津波インバージョンに基づく破壊開始点（大すべり域の周囲）を考慮する。 ■ また、南海トラフの既往地震の破壊開始点（大すべり域の上端に相当）、およびそれを踏まえた内閣府の最大クラスモデルの破壊開始点（大すべり域の上端もしくは下端の中央付近）を考慮する。 →破壊開始点は、大すべり域の周囲（6箇所）に設定する。 なお、大すべり域が2箇所のケースについては、敷地と破壊開始点との位置関係を踏まえて、敷地に近い大すべり域の周囲に設定する。	■ 以下、6地点を設定：P1、P2、P3、P4、P5、P6（下線は基準ケース）  基準断層モデル1-1の例 (検討波源モデルA)  基準断層モデル4-1の例 (検討波源モデルD)

プレート間地震の津波評価

(評価結果 (一覧))

■ プレート間地震の津波評価結果は以下のとおり。敷地前面の最大上昇水位はT.P.+22.7m、3、4号取水塔の水位低下時間は13.6minとなった。

【検討波源モデルの津波評価結果】

(水位上昇側)

波源モデル	最大上昇水位(T.P. m) *1					備考
	敷地 前面	1,2号 取水塔	3号 取水塔	4号 取水塔	5号 取水塔	
基準断層モデル1-1(検討波源モデルA)	22.7(22.65)	4.6	7.3	8.1	10.1	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ40km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度2.5km/s、破壊開始点P4
基準断層モデル1-2(検討波源モデルA)	22.7(22.64)	4.6	7.3	8.1	10.0	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ30km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度2.5km/s、破壊開始点P4
基準断層モデル1-3(検討波源モデルA)	22.7(22.61)	4.6	7.3	8.1	10.1	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ20km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度2.5km/s、破壊開始点P4
基準断層モデル1-4(検討波源モデルA)	22.6	4.6	7.3	8.1	10.0	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ10km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度2.5km/s、破壊開始点P4
基準断層モデル1-5(検討波源モデルA)	22.6	4.6	7.3	8.1	10.1	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：基準位置 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度2.5km/s、破壊開始点P4
基準断層モデル3-1(検討波源モデルD)	19.4	6.4	8.9	9.5	11.6	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ70km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度2.0km/s、破壊開始点P6
	19.5	6.4	8.9	9.5	11.6	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ70km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度2.5km/s、破壊開始点P6
基準断層モデル3-2(検討波源モデルD)	19.8	6.4	9.0	9.6	11.8	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ60km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度1.0km/s、破壊開始点P6
基準断層モデル3-3(検討波源モデルD)	19.3	6.4	8.9	9.5	11.7	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ50km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度0.7km/s、破壊開始点P6
	19.0	6.4	8.9	9.5	11.7	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域1箇所：東へ50km 【詳細/バスタ】 ライズタイム60s、破壊伝播速度1.0km/s、破壊開始点P6

・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮

(水位下降側)

波源モデル	最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)		備考
	3号取水塔	4号取水塔	
基準断層モデル2-1(検討波源モデルA)	海底面(13.2min)	海底面(13.2min)	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域2箇所：東へ40km・距離130km 【詳細/バスタ】 ライズタイム120s、破壊伝播速度0.7km/s、破壊開始点P6
基準断層モデル2-2(検討波源モデルA)	海底面(13.3min)	海底面(13.3min)	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域2箇所：東へ40km・距離140km 【詳細/バスタ】 ライズタイム120s、破壊伝播速度0.7km/s、破壊開始点P6
基準断層モデル2-3(検討波源モデルA)	海底面(13.6min)	海底面(13.5min)	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域2箇所：東へ30km・距離120km 【詳細/バスタ】 ライズタイム90s、破壊伝播速度1.0km/s、破壊開始点P1
基準断層モデル4-1(検討波源モデルD)	海底面(12.5min)	海底面(12.4min)	【概略/バスタ】 東海地域の大すべり域2箇所：基準位置・距離140km 【詳細/バスタ】 ライズタイム90s、破壊伝播速度2.5km/s、破壊開始点P1

参考：行政機関等による津波評価

・水位下降側：朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮

・海底面：最大下降水位時に海底面がほぼ露出している（水深1m未満である）ことを示す。

(水位上昇側)

波源モデル	最大上昇水位(T.P. m)					備考
	敷地 前面	1,2号 取水塔	3号 取水塔	4号 取水塔	5号 取水塔	
内閣府の最大クラスモデル(ケース①)	21.1	4.6	7.1	7.9	9.9	ケース①
土木学会(2016)モデル	13.0	4.5	6.2	6.3	8.1	大すべり域の位置：東側モデル 破壊開始点 P5

(水位下降側)

波源モデル	最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)		備考
	3号取水塔	4号取水塔	
内閣府の最大クラスモデル(ケース⑧)	海底面(6.6min)	海底面(6.7min)	ケース⑧
土木学会(2016)モデル	海底面(7.4min)	海底面(7.3min)	大すべり域の位置：東側モデル 破壊開始点 P2

*1 防波壁および3～5号取水塔溢水防止壁の高さを無限大として解析を実施。また、1・2号取水塔周りに高さ無限大の壁を設定して解析を実施。



：基準断層モデルごとに影響が大きく着目した評価地点

太字：全評価結果の中で、敷地への影響が最も大きいケース

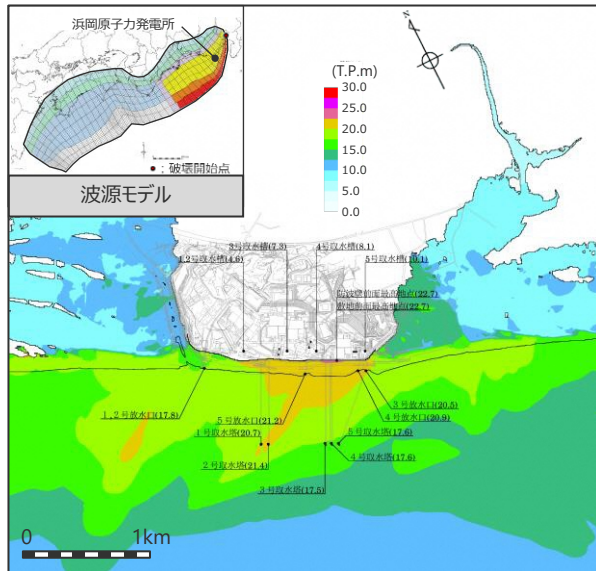
プレート間地震の津波評価

(評価結果 (最大上昇水位・最大下降水位))

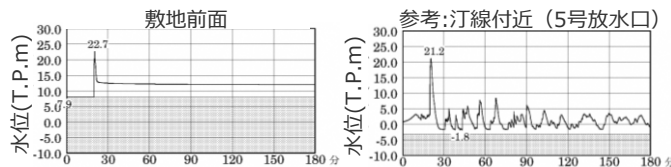
水位上昇側

基準断層モデル1-1

検討波源モデル A 大すべり域の数: 東海地域1箇所
大すべり域の位置: 東へ40km移動
ライズタイム60s
破壊伝播速度 2.5km/s、破壊開始点 P4



最大上昇水位分布



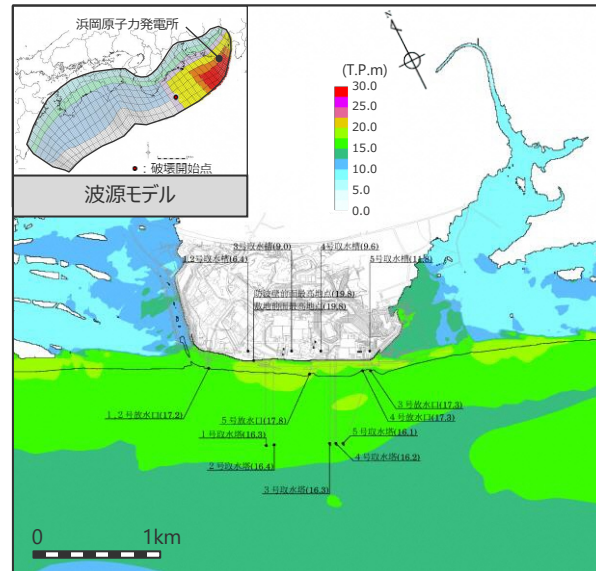
水位の時刻歴波形

- ・網掛け部の上端は当該地点の標高
- ・朔望平均満潮位 T.P. + 0.80m を考慮

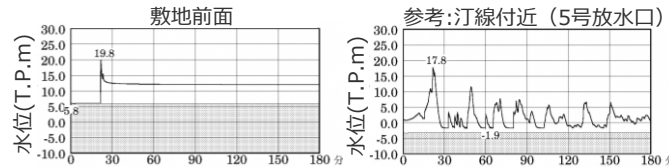
最大上昇水位(T.P.m)				
敷地 前面	1・2号 取水塔	3号 取水塔	4号 取水塔	5号 取水塔
22.7 ^{*1}	4.6	7.3	8.1	10.1

基準断層モデル3-2

検討波源モデル D 大すべり域の数: 東海地域1箇所
大すべり域の位置: 東へ60km移動
ライズタイム60s
破壊伝播速度 1.0km/s、破壊開始点 P6



最大上昇水位分布



水位の時刻歴波形

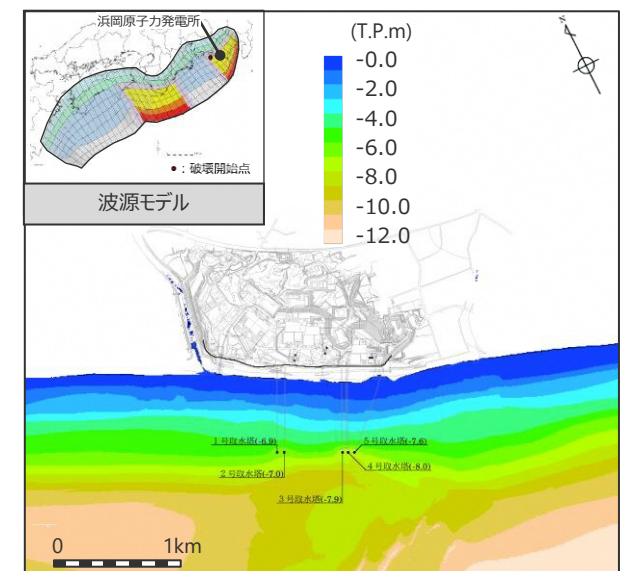
- ・網掛け部の上端は当該地点の標高
- ・朔望平均満潮位 T.P. + 0.80m を考慮

最大上昇水位(T.P.m)				
敷地 前面	1・2号 取水塔	3号 取水塔	4号 取水塔	5号 取水塔
19.8	6.4 ^{*2} (3.1)	9.0	9.6	11.8

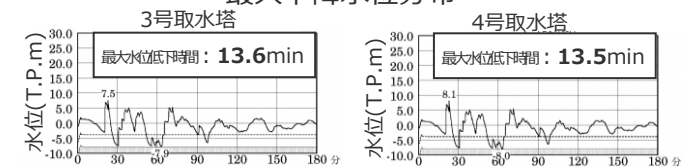
水位下降側

基準断層モデル2-3

検討波源モデル A 大すべり域の数: 東海地域2箇所
大すべり域の位置: 敷地に近い大すべり域を東へ30km移動・
大すべり域間の距離120km、
ライズタイム 90s、破壊伝播速度 1.0km/s、破壊開始点 P1



最大下降水位分布



水位の時刻歴波形

- ・網掛け部の上端は当該地点の標高
- ・朔望平均干潮位 T.P. - 0.93m を考慮
- ・点線は取水塔呑口 下端レベル
- ・海底面: 最大下降水位時に海底面がほぼ露出している (水深1m未満である) ことを示す。

最大下降水位(T.P.m)(水位低下時間)	
3号取水塔	4号取水塔
海底面 (13.6min)	海底面 (13.5min)

*1 防波壁の高さを無限大として解析を実施。今後、基準津波の確定後、必要な対策を実施していく。

*2 1・2号取水塔周りに高さ無限大の壁を設定して解析を実施。なお、括弧内の数値は、取水塔の設備対策 (1号取水塔出口流路の縮小(流路面積1.0m²)・2号取水塔出口流路の閉塞) を実施した場合における解析結果。

補足 ③その他の津波発生要因の津波評価

海洋プレート内地震の津波評価

(検討概要)

- 海洋プレート内地震の津波評価は、プレート境界の下盤にその断層が位置しプレート間地震と海洋プレート内地震とが同時発生する津波評価上の関連性はないと考えられることから、敷地への影響がプレート間地震の津波と比べて小さいことを確認することとし、最新の科学的・技術的知見に基づき敷地に影響を及ぼす可能性のある海洋プレート内地震を想定したうえで、阿部(1989)の予測式により敷地への影響が相対的に大きいものを検討対象とする地震として選定し、波源モデルを設定して数値シミュレーションによる津波評価を行った。

海洋プレート内地震に関する調査

- 敷地周辺で津波を発生させる海洋プレート内地震に関する文献調査を実施し、敷地に影響を及ぼす可能性がある海洋プレート内地震を想定した。

南海トラフの海洋プレート内地震

御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震

(南海トラフ沿いで発生した最大規模の過去地震(M7.4)等に基づき、保守的にMw7.5の地震を敷地に近い遠州灘沿岸域の御前崎沖に想定)

南海トラフ沖合の海洋プレート内地震

銭洲断層系による海洋プレート内地震

(地質構造図に基づき想定)

検討対象とする地震の選定

- 想定した海洋プレート内地震について、阿部(1989)の予測式により津波高を評価し、敷地への影響が相対的に大きいものを検討対象とする地震として選定した。

検討対象とした地震

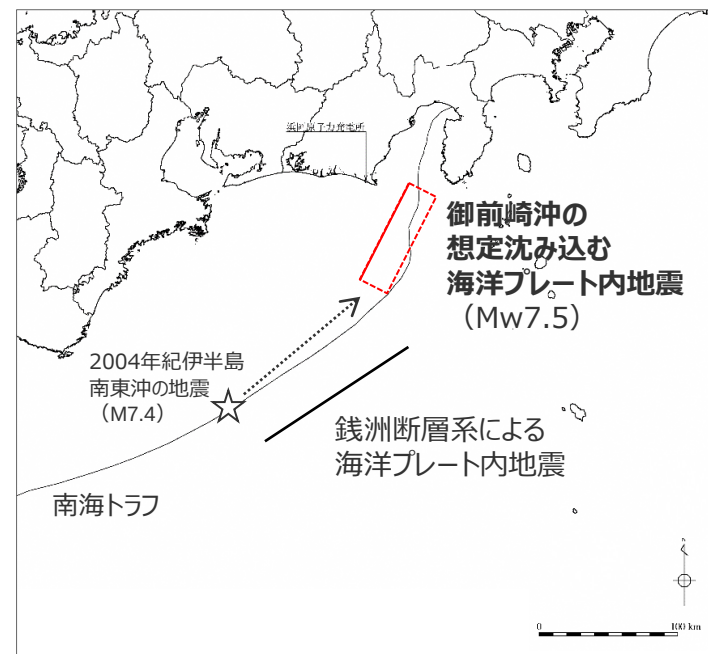
・御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震

海洋プレート内地震の津波評価

- 「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」について、波源モデルを南海トラフのフィリピン海プレートで発生した過去地震の知見に基づき設定し、波源位置を敷地前面の海溝軸沿いで敷地に近い複数箇所に設定して、数値シミュレーションによる津波評価を実施した。

最大上昇水位(T.P. m)					最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)	
敷地 前面	1,2号 取水槽	3号 取水槽	4号 取水槽	5号 取水槽	3号取水塔	4号取水塔
6.1	2.9	3.8	3.8	4.2	-7.0(0.9min)	-7.0(0.9min)

- ➡ 南海トラフのMw9クラスのプレート間地震の津波と比べて明らかに小さいことを確認したことから、断層パラメータに関するパラメータスタディまでは実施しないこととした。



海洋プレート内地震の断層位置

・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

海洋プレート内地震の津波評価

(検討対象とする地震の選定)

- 想定した海洋プレート内地震について、阿部(1989)の予測式により津波高を評価した結果、「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の影響が相対的に大きいことを確認したことから、この地震を検討対象とする地震として選定した。

阿部(1989)の予測式による津波高の評価結果※1

名 称	断層 長さ L(km)	地震 モーメント M_0 ($N \cdot m$)	M_w	津波の 伝播距離 Δ (km)	津波高 H_t (m)
御前崎沖の想定沈み込む 海洋プレート内地震	80※2	2.1×10^{20}	7.5※2	38.0	2.3
銭洲断層系による 海洋プレート内地震	126※3	6.9×10^{20}	7.8※4	154.9	1.3

※1 阿部(1989)の予測式による津波高の算定手順は、後述の海域の活断層による地殻内地震の津波と同じ。

※2 2004年伊豆半島南東沖の地震の震源インバージョン解析結果 (Park and Mori(2005))

※3 活断層調査結果

※4 武村(1998)により断層長さから設定。

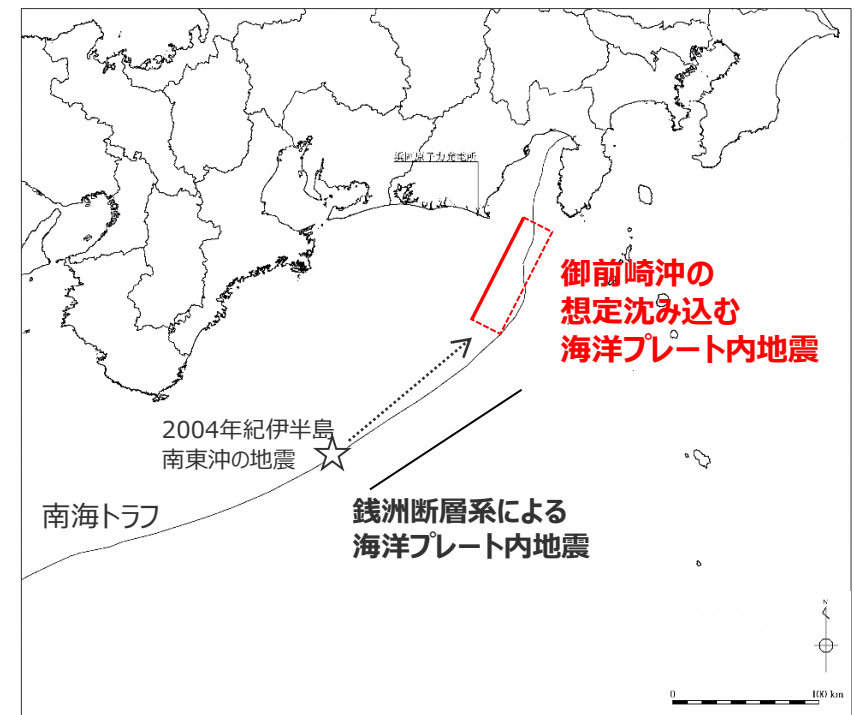
阿部(1989)の予測式

$$\log H_t = M_w - \log \Delta - 5.55$$

H_t : 津波高 (m)

M_w : モーメントマグニチュード

Δ : 津波の伝播距離 (m)



海洋プレート内地震の断層位置

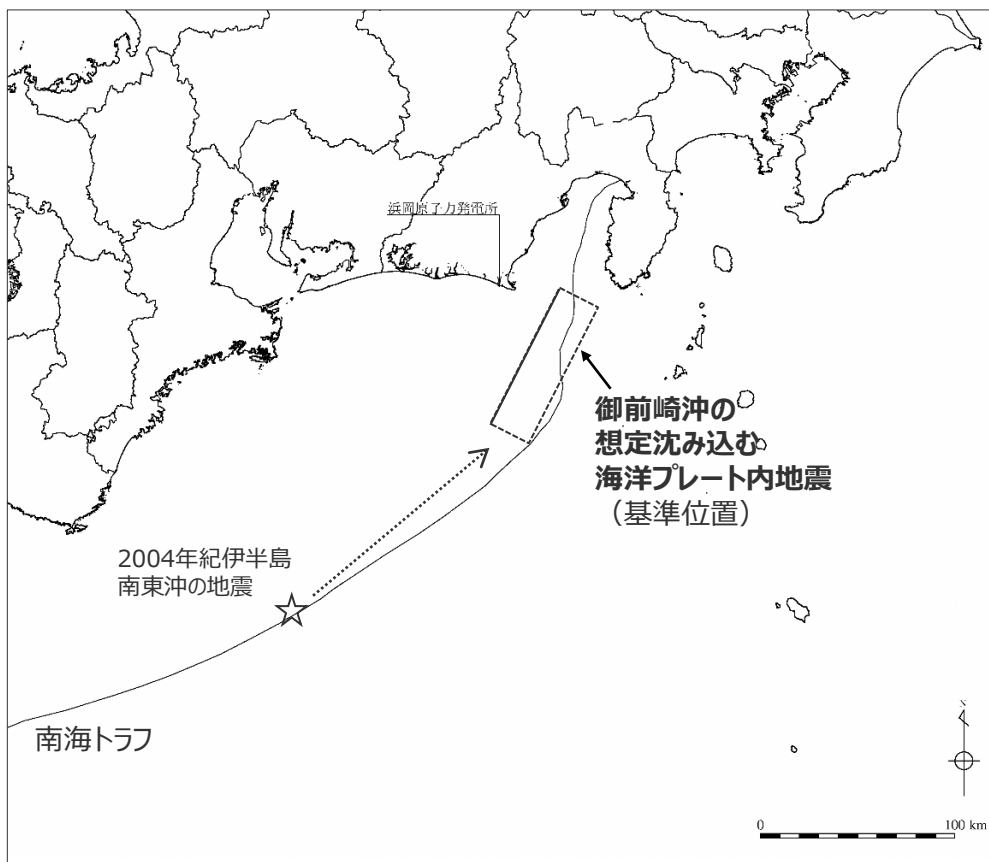
- ・なお、選定に当たっては、これら地震よりもさらに遠方の伊豆島弧周辺の地震に関する影響検討も実施し、阿部(1989)の予測式による津波高が「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」より小さいことも確認した。

海洋プレート内地震の津波評価

(御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の波源モデル)

- 「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」について、波源モデルを2004年紀伊半島南東沖の地震の分析結果等に基づき設定し、その波源位置を予め特定することは困難であると考え、波源位置を敷地前面の海溝軸沿いで敷地に近い複数箇所に設定して、数値シミュレーションによる津波評価を実施した。

御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の断層パラメータ



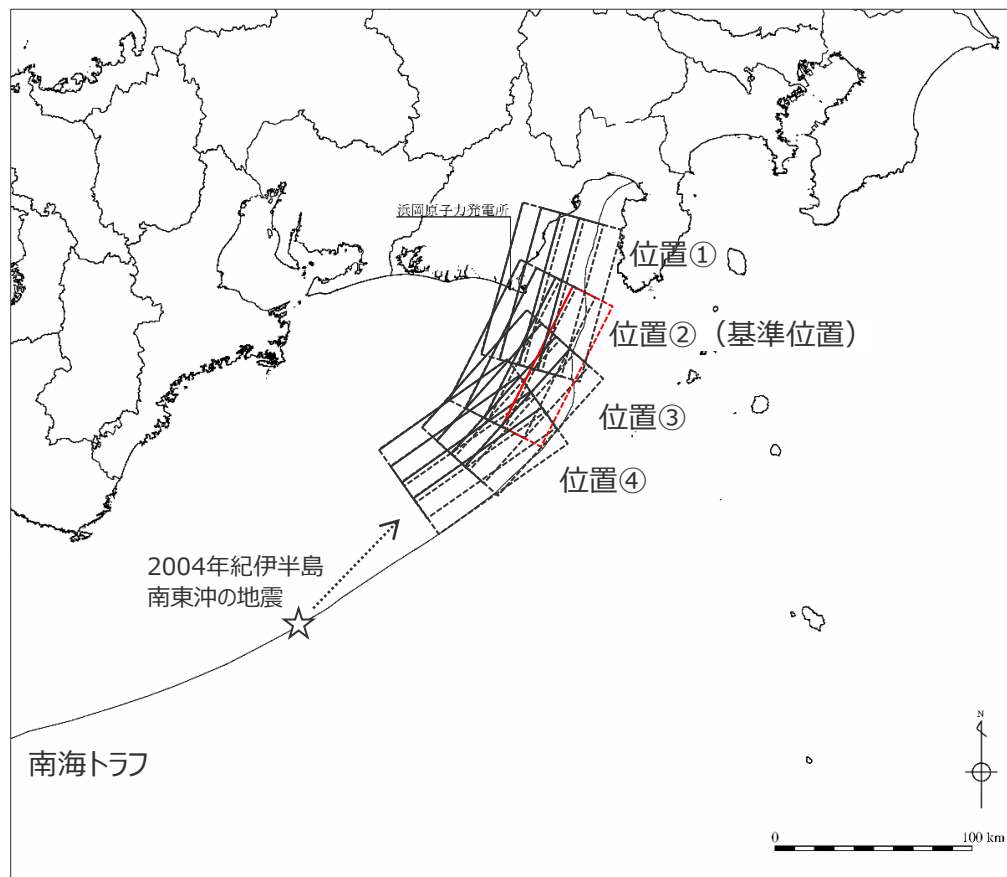
御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の波源モデル

項目	設定値	設定根拠
断層長さ L(km)	80.0	Park and Mori(2005)による2004年紀伊半島南東沖の地震の震源インバージョン解析結果に基づき設定
断層幅 W(km)	30.0	
断層上端深さ (km)	3.0	
断層下端深さ (km)	22.3	
傾斜角 (°)	40.0 (南東傾斜)	
地震モーメント M_0 (Nm)	2.1×10^{20}	断層長さ×断層幅
Mw	7.5	
断層面積 (km ²)	2,400	断層長さ×断層幅
剛性率 μ (N/m ²)	3.5×10^{10}	
すべり量 D (m)	2.5	土木学会(2016)
すべり角 (°)	90.0	$M_0 = \mu DLW$ の関係
		沈み込むフィリピン海プレートで発生した地震等の特徴に基づき逆断層型として保守的に設定

海洋プレート内地震の津波評価

(波源位置のパラメータスタディ)

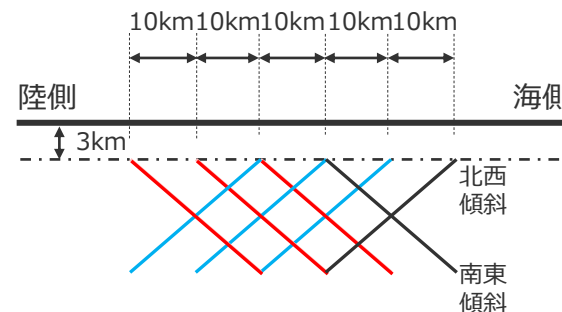
- 南海トラフの海洋プレート内地震として想定した「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」の波源位置は、敷地前面の海溝軸沿いで敷地に近い複数箇所に設定することとし、平面位置と合わせて「2004年紀伊半島南東沖の地震」とその共役断層の傾斜方向も考慮した。



御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の波源位置

波源位置に関する設定条件

項目		設定値
平面位置	トラフ軸方向	・波源の長さの1/2程度を目安に移動させ、以下の4ケースを設定 ：位置①（東に40km） 位置②（基準位置） 位置③（西に40km） 位置④（西に80km）
	トラフ軸直交方向	・波源の平面投影幅の1/2程度を目安に移動させ、以下の4ケースを設定 ：トラフ軸付近（基準位置） 内陸側に10km 内陸側に20km 内陸側に30km
傾斜方向		・「2004年紀伊半島南東沖の地震」とその共役断層を考慮し、以下の2ケースを設定 ：北西傾斜（傾斜角40°） 南東傾斜（傾斜角40°）



- 基準の波源位置(トラフ軸付近)
- 基準 + 10～30kmの断層傾斜方向

波源位置に関する検討の概念図

海洋プレート内地震の津波評価

(評価結果 (一覧))

■ 海洋プレート内地震の津波評価結果について、敷地への影響が大きいプレート間地震の津波評価結果と並べて示す。

(水位上昇側)

津波発生要因		最大上昇水位(T.P. m)					備考
		敷地 前面	1,2号 取水槽	3号 取水槽	4号 取水槽	5号 取水槽	
海洋プレート内地震	御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震	6.1	2.3	3.5	3.5	3.7	断層位置：位置②・内陸側に20km・北西傾斜
		6.0	2.9	3.7	3.7	4.2	断層位置：位置②・内陸側に10km・南東傾斜
		4.9	2.6	3.8	3.8	4.0	断層位置：位置②・内陸側に20km・南東傾斜
津波発生要因		最大上昇水位(T.P. m)					備考
		敷地 前面	1,2号 取水槽	3号 取水槽	4号 取水槽	5号 取水槽	
プレート間地震	南海トラフのプレート間地震 基準断層モデルA、D (パラメータスタディ実施前のモデル)	19.6	4.6	7.2	8.0	9.9	検討波源モデルA、大すべり域位置：基準位置
		10.7	5.1	6.8	6.7	8.7	検討波源モデルD、大すべり域位置：基準位置

(水位下降側)

津波発生要因		最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)		備考
		3号取水塔	4号取水塔	
海洋プレート内地震	御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震	-7.0(0.9min)	-7.0(0.9min)	断層位置：位置②・内陸側に20km・北西傾斜
津波発生要因		最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)		備考
		3号取水塔	4号取水塔	
プレート間地震	南海トラフのプレート間地震 基準断層モデルA、D (パラメータスタディ実施前のモデル)	海底面(4.3min)	海底面(4.3min)	検討波源モデルA、大すべり域位置：基準位置
		海底面(8.7min)	海底面(8.8min)	検討波源モデルD、大すべり域位置：基準位置

- ・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮
- ・水位下降側：朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮
- ・水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベル(T.P.-6m)を下回り取水塔から取水できない時間
(なし：水位低下時間が発生していないことを示す。)
- ・海底面：最大下降水位時に海底面(約T.P.-10m)がほぼ露出している(水深1m未満である)ことを示す。
- ・太字：海洋プレート内地震の津波評価結果の中で各評価地点への影響が最も大きい値

海域の活断層による地殻内地震の津波評価

(検討概要)

- 海域の活断層による地殻内地震の津波評価は、海域の活断層がプレート境界の上盤に位置しプレート間地震の破壊に伴い活動し発生する津波が重なる可能性を否定できないことを慎重に考慮して、敷地への影響の観点から網羅的な検討を行うこととし、最新の科学的・技術的知見に基づき敷地に影響を及ぼす可能性のある海域の活断層による地殻内地震を想定したうえで、阿部(1989)の予測式により敷地への影響が相対的に大きいものを検討対象とする地震として選定し、津波評価に影響を与える主要な因子を考慮してパラメータスタディを網羅的に実施した。

海域の活断層による地殻内地震の津波評価

活断層調査 (分岐断層、地殻内地震として考慮する断層の選定)

- 敷地周辺海域の活断層調査結果に基づき認定した海域の活断層について、分岐断層とされる知見があり顕著な地形的高まりとの関連が認められる**分岐断層**と、分岐断層とされる知見がなく顕著な地形的高まりとの関連が認められない**地殻内地震として考慮する活断層**を選定した。

地殻内地震として考慮する活断層 (13断層)

分岐断層 (4断層)

検討対象とする地殻内地震の選定

- **地殻内地震として考慮する活断層**による地震について、阿部(1989)の予測式により津波高を評価し、敷地への影響が相対的に大きいものを検討対象とする地震として選定した。

----- 検討対象とした地震 -----

- ・御前崎海脚西部の断層帯の地震
- ・A-17断層の地震

- ・A-5・A-18断層の地震
- ・遠州断層系の地震

海域の活断層による地殻内地震の津波評価

- **検討対象とした地震**について、土木学会(2016)の方法を用い、波源モデルを活断層調査結果に基づいて設定し、津波評価に影響を与える主要な因子として傾斜角、すべり角、断層上端深さの不確かさを考慮し、これらの組合せのパラメータスタディを実施した。

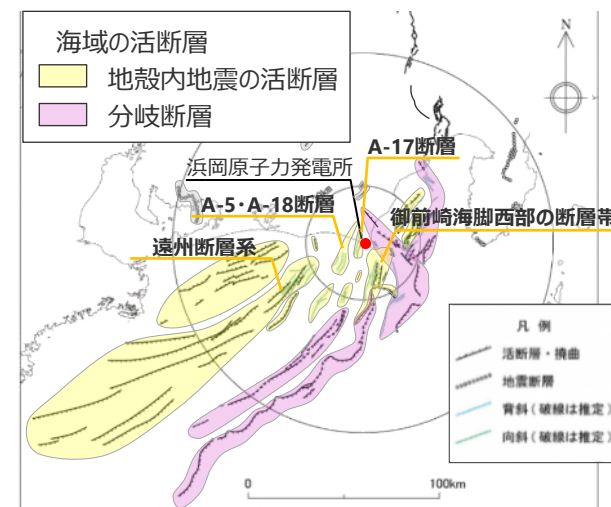
○パラメータスタディ範囲

- ・傾斜角：基準とする傾斜角 $\pm 10^\circ$ の範囲
- ・断層上端深さ：0、2.5、5.0km
- ・すべり角：基準とするすべり角 $\pm 20^\circ$ の範囲

最大上昇水位(T.P. m)				
敷地 前面	1,2号 取水塔	3号 取水塔	4号 取水塔	5号 取水塔
6.2	2.2	3.0	3.1	2.9

最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)	
3号取水塔	4号取水塔
-6.1(0.6min)	-6.0(0.5min)

津波発生要因の組合せ



活断層調査結果

プレート間地震の津波評価

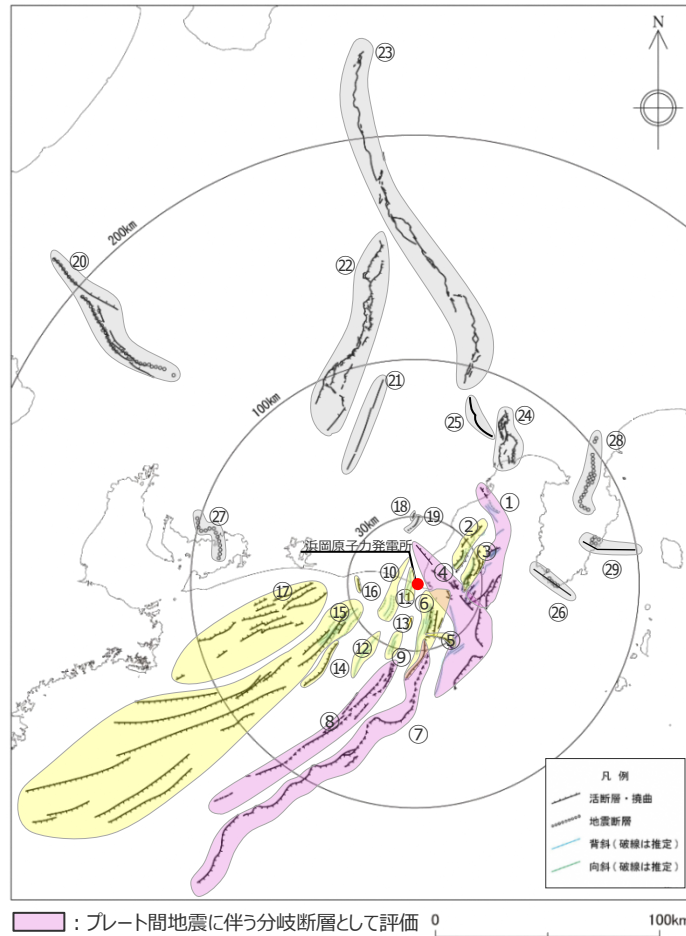
分岐断層として選定した海域の活断層は、プレート間地震の津波評価において、プレート境界面の破壊が上盤に位置する分岐断層に伝播することを考慮した津波評価を実施。

・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

海域の活断層による地殻内地震の津波評価 (活断層調査結果)

- 敷地周辺海域の活断層調査結果に基づき認定した敷地周辺の海域の活断層について、文献調査、詳細な地形調査及び音波探査記録による検討を実施し、分岐断層とされる知見があり顕著な地形的高まりとの関連が認められる分岐断層と、分岐断層とされる知見がなく顕著な地形的高まりとの関連が認められない地殻内地震として考慮する活断層を選定した。

活断層調査結果



＜活断層の分布状況（活断層調査結果）＞

No.	活断層の名称	活断層長さ(km)	対応する断層の名称
①	根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯	62.6	根古屋海脚東縁の断層帯 (A-31,A-26,S-18,A-27)、石花海堆東縁の断層帯 (北部セグメント) (F-35,A-28,A-29,S-17,A-10)、石花海堆東縁の断層帯 (南部セグメント) (F-28,A-1,F-19,F-27)
②	石花海盆内西部の断層帯	26.4	F-17,F-26,F-32,F-33,A-9,S-1,S-16
③	石花海盆内東部の断層帯	23.4(21.7)	F-1,F-2,F-3,F-4,F-18,F-34,A-11,A-12,F-36,F-37,S-22
④	御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層	86.3 (72.6)	御前崎海脚東部の断層帯 (北部セグメント (F-6,F-7,F-8,F-5,F-39,F-40,F-41,F-44,A-32,A-33,A-30,A-38)、南部セグメント (F-29,F-30,A-21,A-22,A-34,A-35,S-9))、牧ノ原南稜の断層
⑤	F-12断層	16.0	F-12,F-24
⑥	御前崎海脚西部の断層帯	46.9(40.2)	A-13,A-19,A-3,F-9,A-20,S-3,F-14,F-23,F-22,F-21,御前崎堆南縁の断層※4、F-20,F-43,F-45,F-46,F-47,A-36,S-21,及び御前崎台地～御前崎南方沖の褶曲群
⑦	東海断層系	167.1(156.9)	東海断層系、御前崎堆南縁の断層、F-14
⑧	小台場断層系	109.5	小台場断層系
⑨	A-4断層	12.1	A-4,S-12,活断層研究会(1991)の背斜構造
⑩	A-5・A-18断層	31.0(11.5)	A-5,S-11,S-10,A-18グループ
⑪	A-17断層	15.7	A-17グループ
⑫	A-6断層	22.4	A-6,活断層研究会(1991)の背斜構造
⑬	A-41断層	7.0	A-41
⑭	天竜海底谷に沿う断層	26.1	天竜海底谷に沿う断層
⑮	遠州断層系	173.7	遠州断層系、A-7,A-8,S-4,S-13,S-14,S-15
⑯	F-16断層	7.1	F-16
⑰	渥美半島沖の断層	76.8	荒井・他(2006)の渥美半島沖断層群に関連する断層、鈴木(2010)等の遠州灘撓曲帯
⑱	杉沢付近のリアメント・変位地形	2.6	杉沢付近のリアメント・変位地形
⑲	大島付近のリアメント・変位地形	8.7	大島付近のリアメント・変位地形
⑳	濃尾断層帯	約76※1	濃尾断層帯
㉑	中央構造線北端部	54	中央構造線北端部
㉒	伊那谷断層帯	約79※1	伊那谷断層帯
㉓	糸魚川－静岡構造線活断層帯	約158※1	糸魚川－静岡構造線活断層帯
㉔	富士川河口断層帯	約26以上※1	富士川河口断層帯
㉕	身延断層※3	約20※1	身延断層
㉖	石廊崎断層	約20※1	石廊崎断層
㉗	深溝断層	約22※2	深溝断層
㉘	北伊豆断層帯	約32※1	北伊豆断層帯
㉙	稻取断層帯	約23※1	稻取断層帯

：プレート間地震に伴う分岐断層として評価

※1： 地震調査委員会(2013)の長期評価に基づく

※2： 産業技術総合研究所活断層データベースに基づく

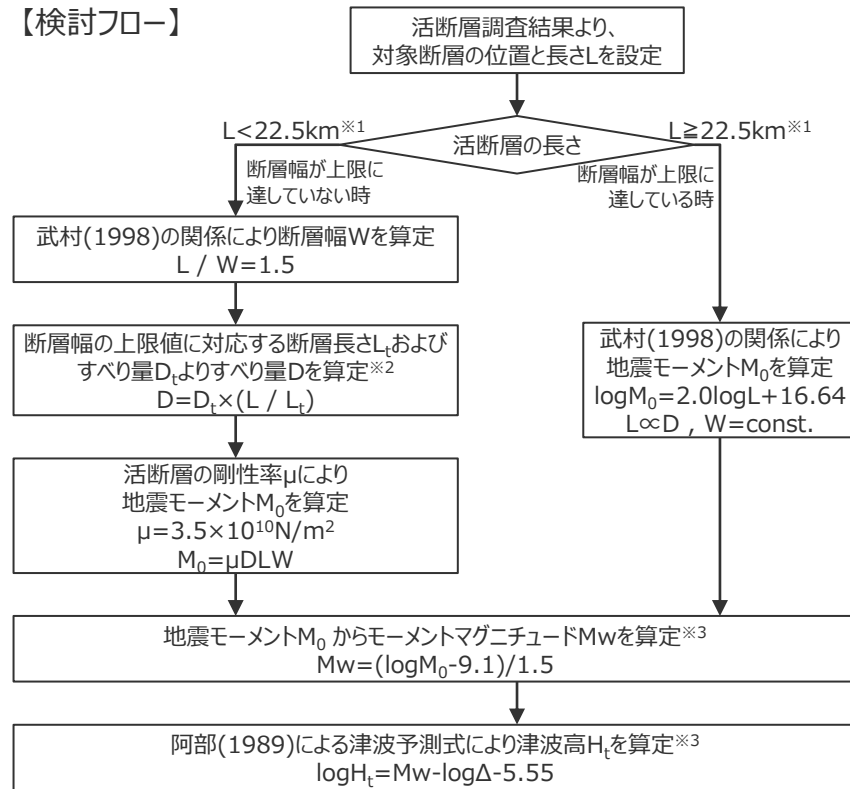
※3： 地震調査委員会(2015)を基に身延断層を追加し、神縄・国府津－松田断層帯を削除した。

海域の活断層による地殻内地震の津波評価

(検討対象とする地震の選定)

- 地殻内地震として考慮する活断層として選定した海域の活断層による地殻内地震について、阿部(1989)による津波予測式を用いて津波高を評価し、敷地への影響が相対的に大きい「御前崎海脚西部の断層帯の地震」、「A-5・A-18断層の地震」、「A-17断層の地震」および「遠州断層系の地震」を検討対象として選定した。

【検討フロー】



- ※1 断層幅の上限 W_t は、地震発生層の厚さ H_0 を15kmとし、傾斜角 δ を 90° ($45^\circ \sim 90^\circ$ のうち M_w が最大となる値) とした際には、 $W_t = H_0 / \sin \delta = 15 \text{ km}$ となる。また、断層幅の上限に対応する断層長さ L_t は、 $L_t = 1.5 W_t = 22.5 \text{ km}$ となる。
- ※2 断層幅の上限に対応するすべり量 D_t は、モーメントマグニチュード $M_{wt} = (\log L_t + 3.77) / 0.75 = 6.83$ 、地震モーメント $M_{0t} = 10^{(1.5 M_{wt} + 9.1)} = 2.21 \times 10^{19} \text{ (Nm)}$ を用いて、剛性率 $\mu = 3.5 \times 10^{10} \text{ (N/m}^2\text{)}$ とした際には、 $D_t = M_{0t} / (\mu L_t W_t) = 1.87 \text{ m}$ となる。
- ※3 阿部の予測式は海域で発生した地震の規模・距離と津波高さとの関係を整理したものであるが、敷地に大きな影響を及ぼす津波波源を網羅的に抽出する観点から、断層が海域から陸域に連続して分布しているA-5・A-18断層やA-17断層については、陸域部も含めた全体の地震の規模（地震モーメント）を用いて津波高を算定する。

(土木学会(2016)を参考に作成)

阿部(1989)による津波予測式による津波高の算定手順

阿部(1989)による津波予測式による津波高の評価結果

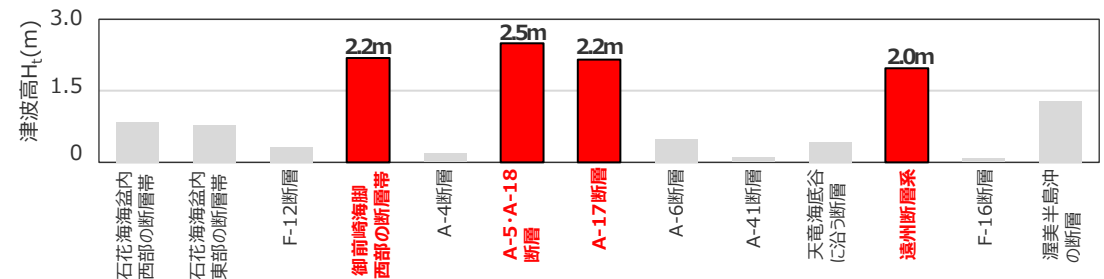
名称	断層長さ $L(\text{km})$ ※5	断層幅 $W(\text{km})$	すべり量 $D(\text{m})$	地震モーメント M_0 ($\text{N} \cdot \text{m}$)	地震規模 M_w	津波の伝播距離 $\Delta(\text{km})$ ※6	津波高 $H_t(\text{m})$
石花海盆内西部の断層帯	26.4	15.0	2.2	3.0×10^{19}	6.9	28.0	0.8
石花海盆内東部の断層帯	23.4	15.0	2.0	2.4×10^{19}	6.9	25.8	0.8
F-12断層	16.0	10.7	1.3	8.0×10^{18}	6.5	29.4	0.3
御前崎海脚西部の断層帯	46.9	15.0	3.9	9.6×10^{19}	7.3	23.2	2.2
A-4断層	12.1	8.1	1.0	3.4×10^{18}	6.3	29.0	0.2
A-5・A-18断層	31.0 (19.2)	15.0	2.6	4.2×10^{19} (2.6×10^{19})	7.0 (6.9)	11.7	2.5 (1.8)
A-17断層	15.7 (8.6)	10.5	1.3	7.5×10^{18} (4.1×10^{18})	6.5 (6.3)	4.3	2.2 (1.4)
A-6断層	22.4	14.9	1.9	2.2×10^{19}	6.8	38.3	0.5
A-41断層	7.0	4.7	0.6	6.7×10^{17}	5.8	17.7	0.1
天竜海底谷に沿う断層	26.1	15.0	2.2	3.0×10^{19}	6.9	55.1	0.4
遠州断層系※4	173.7	15.0	9.4	8.5×10^{20}	7.9	110.2	2.0
F-16断層	7.1	4.7	0.6	6.9×10^{17}	5.8	24.1	0.1
渥美半島沖の断層	76.8	15.0	6.4	2.6×10^{20}	7.5	76.3	1.3

・下段の括弧書きは、海域部のみで算出した数値。

※4 断層長さが100kmを超える長大断層の地震モーメントは、長大断層では地表変位が約10mで飽和するとされるMurotani et al.(2015)の知見を踏まえて、地震調査委員会(2010)による長大断層の地震モーメントの設定方法を参照し、すべり量が概ね10mを超えないそれぞれの区間に対して武村(1998)により算出される地震モーメントの総和とし、複数の区間の組合せが想定される場合は最大となるケースを採用する。

※5 断層長さは、これまでの活断層調査結果および地震動評価に係る審査内容を反映。

※6 断層の上端中心位置から敷地までの距離。ただし、断層が海域から陸域に連続して分布している場合は、津波の発生に寄与する部分が海域部の断層であることを踏まえ、海域部の断層の上端中心位置から敷地までの距離とする。



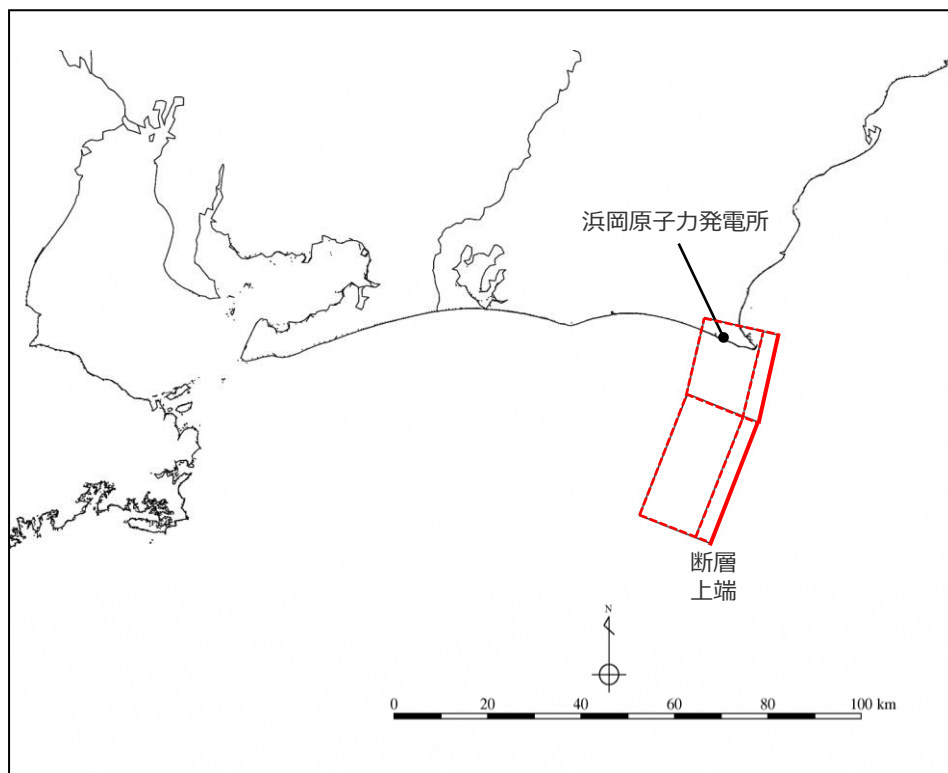
海域の活断層による地殻内地震の津波評価

(御前崎海脚西部の断層帯の地震の波源モデル)

■ 検討対象として選定した「御前崎海脚西部の断層帯の地震」、「A-5・A-18断層の地震」、「A-17断層の地震」および「遠州断層系の地震」について、波源モデルを活断層調査結果に基づき設定し、数値シミュレーションによる津波評価を実施した。

■ 「御前崎海脚西部の断層帯の地震」の波源モデルは、活断層調査結果に基づき土木学会(2016)の方法を用いて設定した。

御前崎海脚西部の断層帯の地震（基本モデル）の断層パラメータ



御前崎海脚西部の断層帯の地震の波源モデル

項目	設定値		設定根拠
	北部	南部	
断層長さL (km)	19.1	27.8	活断層調査結果を反映
	46.9		
断層幅 W(km)	22.6		断層上端・下端深さおよび傾斜角より算出
断層上端深さ (km)	0		土木学会(2016)
断層下端深さ (km)	15		土木学会(2016)
傾斜角 (°)	60 (深さ6km以浅) 35 (深さ6km以深)		活断層調査結果を反映
断層面積 (km ²)	1,061		断層長さ×断層幅
地震モーメントM ₀ (Nm)	9.6×10 ¹⁹		武村(1998) ※1
Mw	7.3		※2
剛性率 μ (N/m ²)	3.5×10 ¹⁰		土木学会(2016)
すべり量D (m)	2.6		M ₀ =μDLWの関係
すべり角 (°)	90		逆断層

※1 武村(1998) ($\log M_0 = 2.0 \log L + 16.64$) により断層長さLから設定

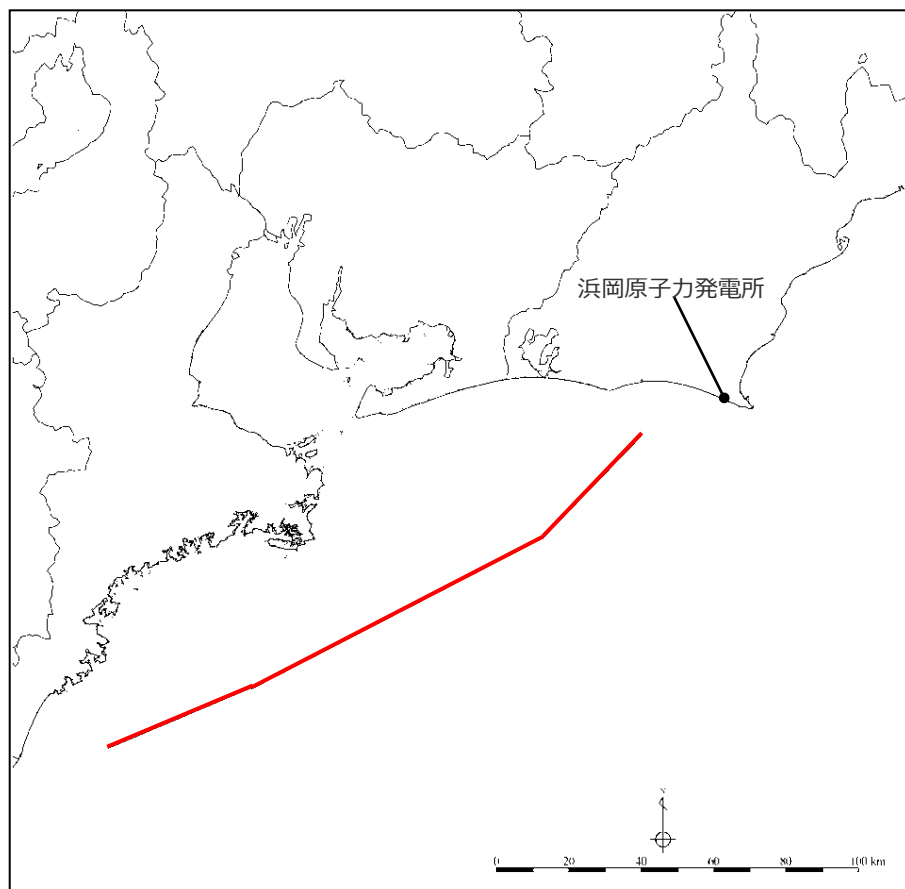
※2 地震モーメントM₀とMwの関係式 ($\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$) から算定

海域の活断層による地殻内地震の津波評価

(遠州断層系の地震の波源モデル)

■「遠州断層系の地震」の波源モデルは、活断層調査結果に基づき土木学会(2016)の方法を用いて設定した。

遠州断層系の地震（基本モデル）の断層パラメータ



遠州断層系の地震の波源モデル

項目	設定値			設定根拠
	西部	中部	東部	
断層長さL (km)	43.3	90.8	39.6	活断層調査結果を反映
	173.7			
断層幅 W(km)	15.0			断層上端・下端深さおよび傾斜角より算出
断層上端深さ (km)	0			土木学会(2016)
断層下端深さ (km)	15			土木学会(2016)
傾斜角 (°)	90			活断層調査結果を反映
断層面積 (km ²)	2,606			断層長さ×断層幅
地震モーメントM ₀ (Nm)	8.5×10 ²⁰			武村(1998) ※1
Mw	7.9			※2
剛性率 μ (N/m ²)	3.5×10 ¹⁰			土木学会(2016)
すべり量 D(m)	9.4			M ₀ =μDLWの関係
すべり角 (°)	180			横ずれ断層

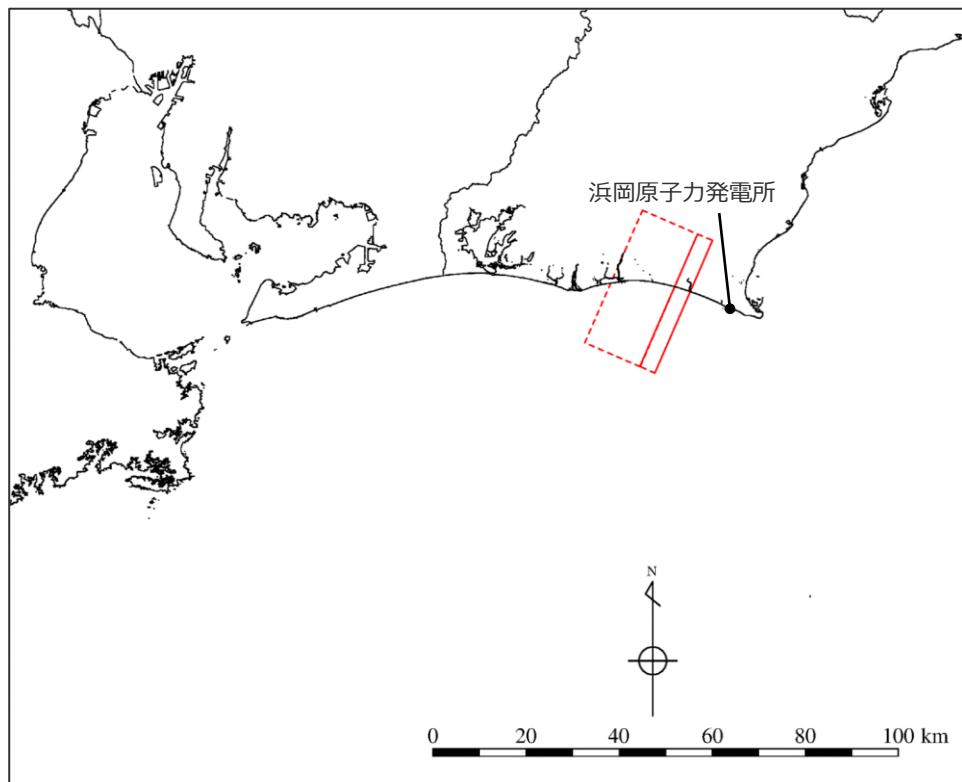
※1 断層長さが100kmを超える長大断層の地震モーメントは、長大断層では地表変位が約10mで飽和するとされる Murotani et al.(2015)の知見を踏まえて、地震調査委員会(2010)による長大断層の地震モーメントの設定方法を参照し、すべり量が概ね10mを超えないそれぞれの区間に対して武村(1998) (logM₀=2.0logL+16.64) により算出される地震モーメントの総和とし、複数の区間の組合せが想定される場合は最大となるケース（西部・中部の区間、東部の区間の組合せ）を採用する。

※2 地震モーメントM₀とMwの関係式 (LogM₀=1.5Mw+9.1) から算定。

海域の活断層による地殻内地震の津波評価

(A-5・A-18断層の地震の波源モデル)

■「A-5・A-18断層の地震」の波源モデルは、活断層調査結果に基づき土木学会(2016)の方法を用いて設定した。



A-5・A-18断層の地震の波源モデル

A-5・A-18断層の地震（基本モデル）の断層パラメータ

項目	設定値	設定根拠
断層長さ L(km)	31.0	活断層調査結果を反映
断層幅 W(km)	22.6	断層上端・下端深さおよび傾斜角より算出
断層上端深さ (km)	0	土木学会(2016) ^{※1}
断層下端深さ (km)	15	土木学会(2016)
傾斜角 (°)	60 (深さ6km以浅) 35 (深さ6km以深)	活断層調査結果を反映
断層面積 (km ²)	701	断層長さ×断層幅
地震モーメントM ₀ (Nm)	4.2×10 ¹⁹	武村(1998) ^{※2}
Mw	7.0	^{※3}
剛性率μ (N/m ²)	3.5×10 ¹⁰	土木学会(2016)
すべり量 D(m)	1.7	M ₀ =μDLWの関係
すべり角 (°)	90	逆断層

※1 深さ約2kmの調査範囲においては褶曲構造のみ確認され地下深部に連続する断層変位は認められないが、津波評価上0kmと設定

※2 武村(1998) ($\log M_0 = 2.0 \log L + 16.64$) により断層長さLから設定

※3 地震モーメントM₀とMwの関係式 ($\log M_0 = 1.5 M_w + 9.1$) から算定

海域の活断層による地殻内地震の津波評価

(断層パラメータに関するパラメータスタディ)

- 設定した海域の活断層による地殻内地震の波源モデルについて、土木学会(2016)に基づき、津波評価に影響を与える主要な因子として傾斜角、すべり角、断層上端深さの不確かさを考慮し、これらの組合せのパラメータスタディを実施し、断層モデルごとに敷地への影響が最も大きいケースを選定した。
- なお、A-5・A-18断層およびA-17断層の断層上端深さについても、音波探査記録から深さ2km程度の範囲までに断層面が確認できないが、津波評価上、土木学会(2016)に基づき0kmまで考慮することとした。

項目	検討方針	設定値
傾斜角	・同一断層内およびその周辺の断層の場所ごとの傾斜角の違いを考慮して、基準とする傾斜角$\pm 10^\circ$の範囲で設定する。 ・断層面が確認できないA-5・A-18断層およびA-17断層については、それらの近傍に位置し、同じ逆断層タイプでありかつ同様の断層走向を持つ御前崎海脚西部の断層帯と同じ傾斜角の範囲で設定する。また、その設定の妥当性確認として、敷地周辺の海域の活断層の傾斜角に係る知見を整理し、それらが傾斜角のパラメータスタディの範囲内であることを確認する。	＜御前崎海脚西部の断層帯、A-5・A-18断層およびA-17断層＞ ・以下の3ケースを設定 ：50°(深さ6km以浅)・25°(深さ6km以深) (基準-10°) 60°(深さ6km以浅)・35°(深さ6km以深) (基準ケース) 70°(深さ6km以浅)・45°(深さ6km以深) (基準+10°) ＜遠州断層系＞ ・以下の3ケースを設定 ：80° (基準-10°) 90° (基準ケース) 100° (基準+10°)
すべり角	・同一断層内の場所ごとの水平・上下方向の変位量の違い、およびプレートの沈み込み方向の違いを考慮し、基準とするすべり角$\pm 20^\circ$の範囲で設定する。	＜御前崎海脚西部の断層帯、A-5・A-18断層およびA-17断層＞ ・以下の5ケースを設定 ：70° (基準-20°) 80° (基準-10°) 90° (基準ケース) 100° (基準+10°) 110° (基準+20°) ＜遠州断層系＞ ・以下の5ケースを設定 ：160° (基準-20°) 170° (基準-10°) 180° (基準ケース) 190° (基準+10°) 200° (基準+20°)
断層上端深さ	・土木学会(2016)に基づき、深さ0～5kmの範囲で設定する。 ・なお、地表付近に断層変位が認められないA-5・A-18断層およびA-17断層についても、津波評価上、深さ0～5kmの範囲で設定する。	・以下の3ケースを設定 ：0、2.5、5.0kmを考慮

海域の活断層による地殻内地震の津波評価

(評価結果 (一覧))

■ 海域の活断層による地殻内地震の津波評価結果は以下のとおり。

(水位上昇側)

津波発生要因		最大上昇水位(T.P. m)					備考
		敷地 前面	1,2号 取水塔	3号 取水塔	4号 取水塔	5号 取水塔	
海域の活断層による地殻内地震	御前崎海脚西部の断層帯の地震	5.0	2.2(2.12)	2.9	3.0	2.7	傾斜角：70°(深さ6km以浅)・45°(深さ6km以深)、すべり角：100°、断層上端深さ：0km
		4.3	2.2 (2.19)	3.0	3.1	2.9	傾斜角：70°(深さ6km以浅)・45°(深さ6km以深)、すべり角：90°、断層上端深さ：2.5km
	A-5・A-18断層の地震	6.2	1.7	2.1	2.2	2.3	傾斜角：70°(深さ6km以浅)・45°(深さ6km以深)、すべり角：80°、断層上端深さ：0km
	A-17断層の地震	1.5	1.3	1.5	1.5	1.5	傾斜角：70°(深さ6km以浅)・45°(深さ6km以深)、すべり角：80°、断層上端深さ：0km
	遠州断層系の地震	3.3	1.5	1.9	1.9	1.9	傾斜角：80°、すべり角：160°、断層上端深さ：0km
		3.1	1.9	2.5	2.5	2.3	傾斜角：100°、すべり角：160°、断層上端深さ：5km

(水位下降側)

津波発生要因		最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)		備考
		3号取水塔	4号取水塔	
海域の活断層による地殻内地震	御前崎海脚西部の断層帯の地震	-6.1(0.6min)	-6.0(0.5min)	傾斜角：70°(深さ6km以浅)・45°(深さ6km以深)、すべり角：90°、断層上端深さ：0km
	A-5・A-18断層の地震	-2.0(なし)	-2.0(なし)	傾斜角：70°(深さ6km以浅)・45°(深さ6km以深)、すべり角：80°、断層上端深さ：0km
	A-17断層の地震	-1.5(なし)	-1.5(なし)	傾斜角：50°(深さ6km以浅)・25°(深さ6km以深)、すべり角：90°、断層上端深さ：0km
	遠州断層系の地震	-2.2(なし)	-2.2(なし)	傾斜角：100°、すべり角：160°、断層上端深さ：2.5km

・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮
 ・水位下降側：朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮
 ・水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベル(T.P.-6m)を下回り取水塔から取水できない時間
 (なし：水位低下時間が発生していないことを示す。)

太字：全評価結果の中で、敷地への影響が最も大きいケース

海底地すべりの津波評価

(検討概要)

- 地すべりの津波のうち海底地すべりの津波評価は、最新の科学的・技術的知見に基づき敷地に影響を及ぼす可能性のある敷地周辺の地すべり地形を抽出したうえで、津波評価への影響が大きいと考えられる地すべり体の体積、敷地からの距離等に基づき敷地に影響が大きいものを検討対象とする地すべりとして複数選定し、地すべり前の地形を復元して波源モデルを設定し複数の地すべり評価手法で津波評価を行った。

海底地すべりに関する調査

- ・ 海底地すべりに関する文献調査及び地形判読調査を実施し、敷地に影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形を抽出した。

■ 海底地すべりに関する文献調査

- ・ 敷地周辺海域を対象として、海底地すべりに関する文献調査を実施し、既往文献により示されている海底地すべり地形を確認するとともに、既往事例から海底地すべり地形の特徴も確認した。

■ 海底地すべりに関する地形判読調査

- ・ 敷地周辺海域（敷地から半径約100kmを目安）を対象として、100mDEMおよび音波探査記録を用いて、既往文献により示されている海底地すべり地形も含めて地形判読調査を実施し、敷地に影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）を抽出した。

検討対象とする海底地すべりの選定

- ・ 抽出した海底地すべり地形から推定される海底地すべりについて、その津波の指向性を考慮して検討対象とする海底地すべりを選定することとし、地すべりの津波の指向性は海底地形および敷地との位置関係により規定されることを踏まえて、南海トラフの地形的特徴に基づく領域(4領域)に区分したうえで、津波評価への影響が大きいと考えられる地すべり体の体積、敷地からの距離に基づき「s1～5,10,12,13,17,18,22,26地点の海底地すべり」(12地点)を選定した。

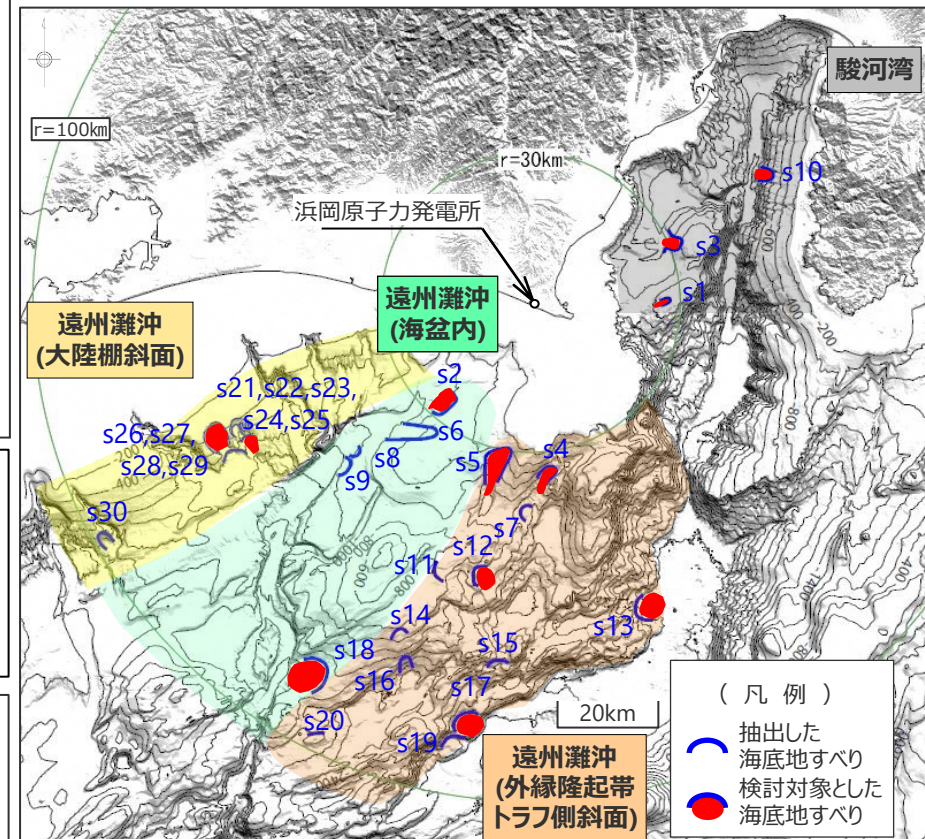
海底地すべりの津波評価

- ・ 検討対象として選定した海底地すべりについて、100mDEM等を用いて現地地形から地すべり前の地形を復元して波源モデルを設定し、以下の複数の手法を用いて数値シミュレーションによる津波評価を実施した。

✓Wattsほかの予測式に基づく手法 ✓二層流モデルに基づく手法

s26地点の 海底地すべり	最大上昇水位(T.P. m)					最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)	
	敷地前面	1,2号取水槽	3号取水槽	4号取水槽	5号取水槽	3号取水塔	4号取水塔
	6.3	1.7	2.1	2.1	2.3	-3.4(なし)	-3.1(なし)

- ・ 津波評価に当たっては、互いの地すべり地形の一部が平面的に重なっている「s21-s25地点の海底地すべり」、「s26-s29地点の海底地すべり」の同時発生について、地形判読の結果からは侵食過程を経るなどの時間経過において順番に発生したと考えられるが、仮に複数の海底地すべりが一体となって移動すると想定した場合の影響確認も実施。また、同時発生による評価結果の分析の結果、地すべり体の体積、敷地からの距離に加え、地すべり体の初期位置水深が津波評価に与える影響も比較的大きいと考えられることを踏まえ、検討対象とする海底地すべりの選定結果について初期位置水深の観点からの妥当性も確認した。
- ・ さらに、「ハワイの海底地すべり」の津波について、地すべり体積と津波水位の関係をj用いて日本沿岸における津波水位を推定し、敷地への影響は小さいことも確認した。



南海トラフの地形的特徴に基づく領域区分と
検討対象とする海底地すべり

・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

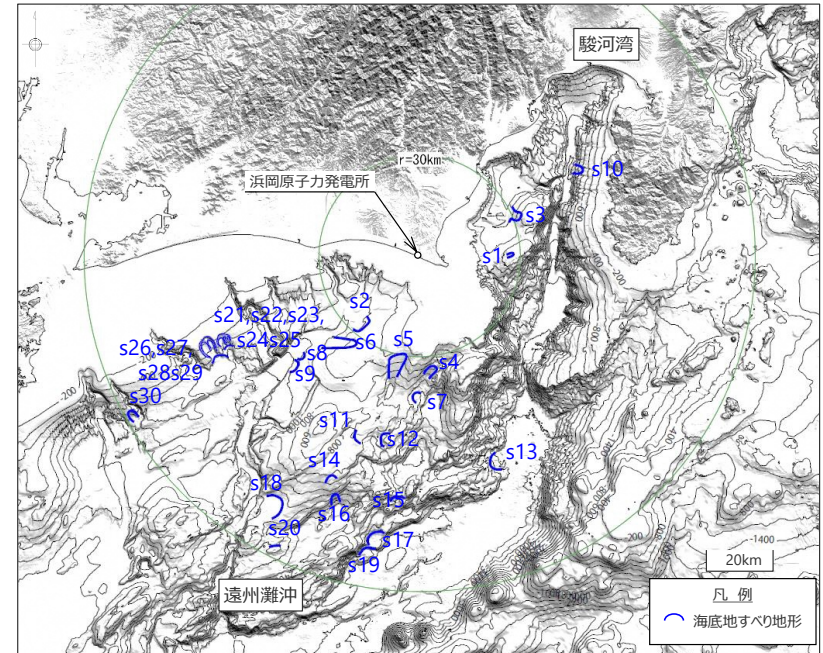
海底地すべりの津波評価

(海底地すべりに関する調査結果)

- 敷地周辺海域を対象として、100mDEMおよび音波探査記録を用いて、既往文献により示されている海底地すべり地形も含めて地形判読調査を実施し、敷地に影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）を抽出した。
- 海底地すべり地形を抽出した各地点の地形判読調査結果を以下に示す。

地形判読調査により抽出した敷地周辺海域の海底地すべり地形

地点名	地すべり体の概略体積 (億m ³)	備 考
s1	1	<当社判読>
s2	15	梶ほか(2010)
s3	5	大塚(1982)、岡村ほか(1999)、梶ほか(2010)
s4	4	梶ほか(2010)
s5	10	梶ほか(2010)
s6	7	<当社判読>
s7	5	梶ほか(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s8	3	<当社判読>
s9	4	梶ほか(2010)、長久保ほか(2009)
s10	11	岡村ほか(1999)
s11	8	梶ほか(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s12	20	梶ほか(2010)
s13	41	Nakamura et al.(1987)
s14	12	芦(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s15	5	梶ほか(2010)
s16	5	東海沖海底活断層研究会(1999)
s17	58	<当社判読>
s18	26	<当社判読>
s19	32	<当社判読>
s20	10	<当社判読>
s21	11	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s22	12	<当社判読>
s23	7	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s24	1	<当社判読>
s25	1	<当社判読>
s26	32	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s27	11	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s28	7	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s29	1	<当社判読>
s30	4	梶ほか(2010)



地形判読調査により抽出した海底地すべり地形の位置図

- 地すべり体の概略体積 = (長さ×幅×厚さ)×1/3
〔・長さ、幅、厚さ：地形判読に基づく概略値〕

海底地すべりの津波評価

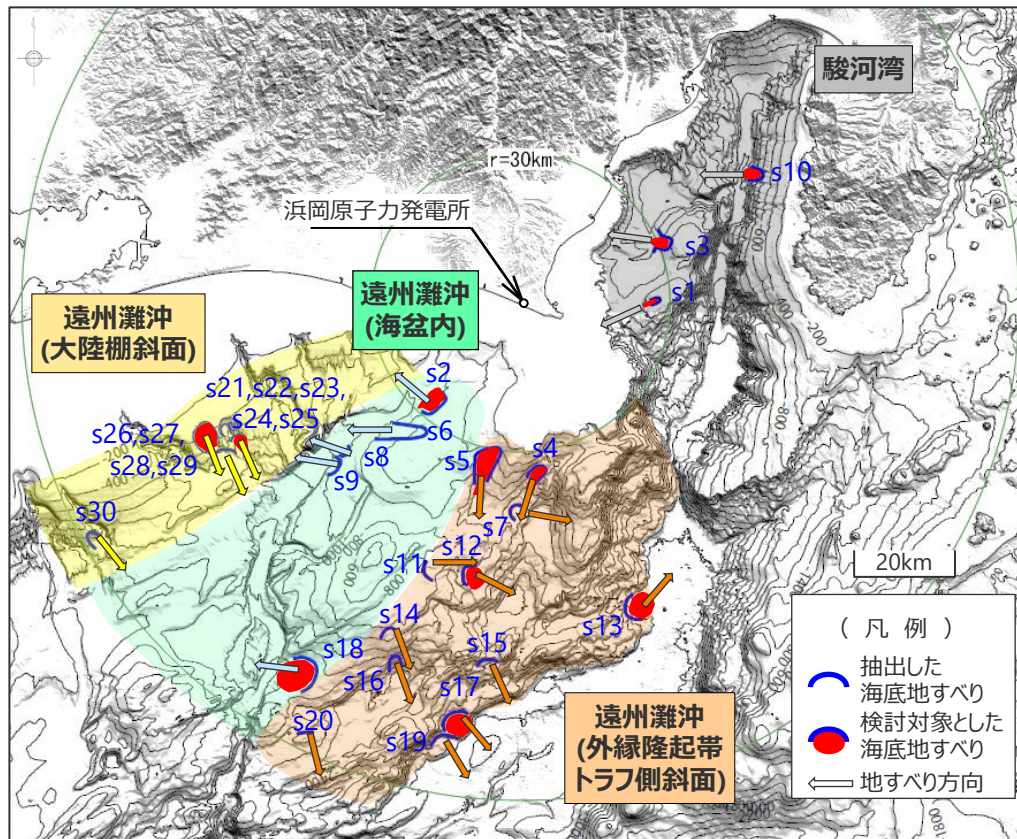
(検討対象とする海底地すべりの選定)

■ 検討対象とする海底地すべりの選定結果および選定理由は以下のとおり。

遠州灘沖（海盆内、外縁隆起帯トラフ側斜面、大陸棚斜面）および駿河湾から、12地点の海底地すべりを検討対象として選定した。

検討対象とする海底地すべりの選定結果および選定理由

(赤字：検討対象とする海底地すべり地点)



検討対象とする海底地すべりの選定結果

地点名		地すべり体の概略体積(億m ³)	敷地からの距離(km)	選定理由
遠州灘沖	遠州灘沖(海盆内)	s2	15	27 遠州灘沖(海盆内)の中で最も敷地に近い
		s6	7	38 -
		s8	3	46 -
		s9	4	50 -
	遠州灘沖(外縁隆起帯トラフ側斜面)	s18	26	87 s2地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s4	4	35 遠州灘沖(外縁隆起帯トラフ側斜面)の中で最も敷地に近い
		s5	10	35 遠州灘沖(外縁隆起帯トラフ側斜面)の中で最も敷地に近い
		s7	5	42 -
		s11	8	55 -
		s12	20	56 s5地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s13	41	64 s12地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s14	12	72 -
		s15	5	74 -
		s16	5	77 -
	遠州灘沖(大陸棚斜面)	s17	58	86 s13地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s19	32	91 -
		s20	10	97 -
		s21	11	63 -
		s22	12	63 遠州灘沖(大陸棚斜面)の中で敷地に近く、体積が大きい
		s23	7	64 -
		s24	1	63 -
		s25	1	62 -
		s26	32	68 s22地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s27	11	71 -
		s28	7	67 -
		s29	1	65 -
		s30	4	99 -
駿河湾	駿河湾	s1	1	25 駿河湾の中で最も敷地に近い
		s3	5	31 s1地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい
		s10	11	52 s3地点よりも、敷地から遠いが、体積が大きい

・なお、検討対象外とした遠州灘沖の海底地すべりは、検討対象として選定した海底地すべりのいずれかと比較して、地すべり方向が共通しており、体積が小さく敷地からの距離が同じか遠いものとなっている。

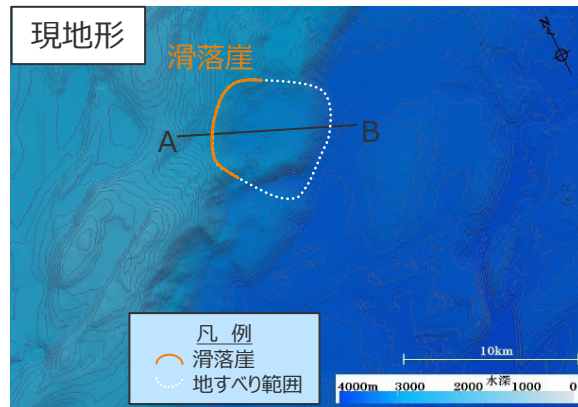
海底地すべりの津波評価

(津波評価方法)

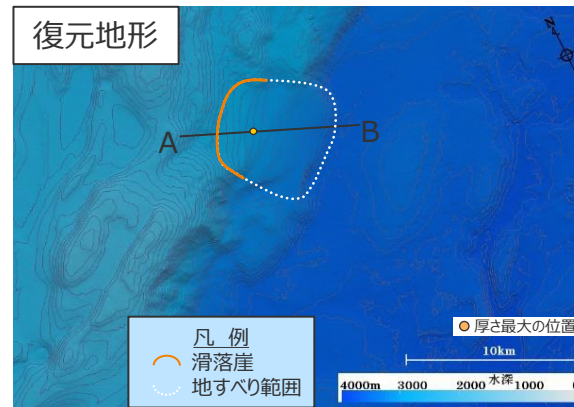
・検討対象として選定した海底地すべりについて、100mDEM等を用いて現地形から地すべり前の地形を復元して波源モデルを設定し、以下の複数の手法を用いて数値シミュレーションによる津波評価を実施した。

✓Wattsほかの予測式に基づく手法 (Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005))

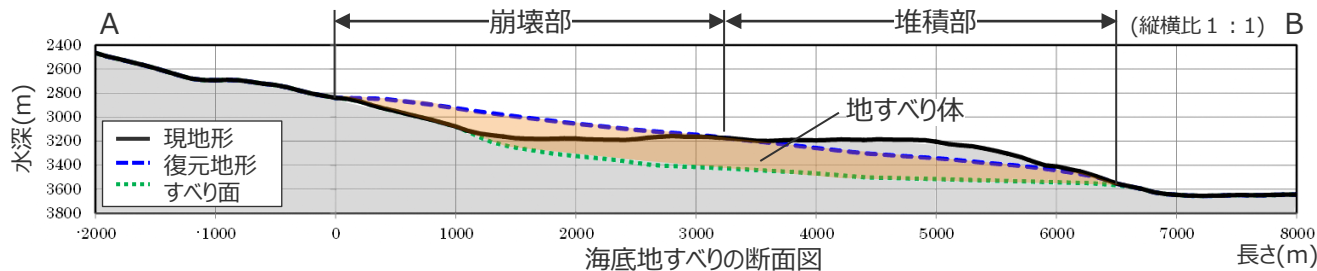
✓二層流モデルに基づく手法 (Maeno and Imamura(2007))



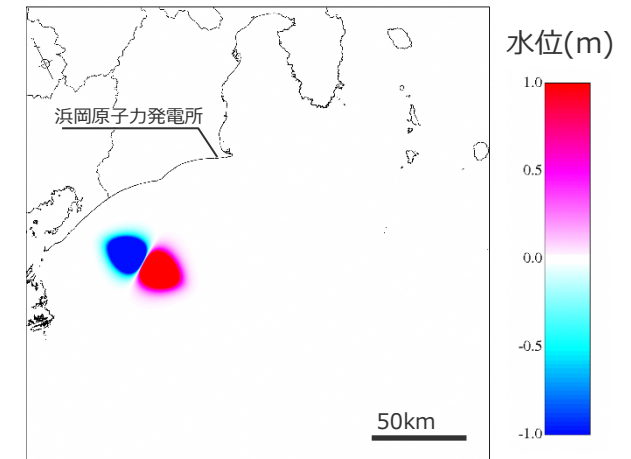
地すべり後の海底地形（現地形）



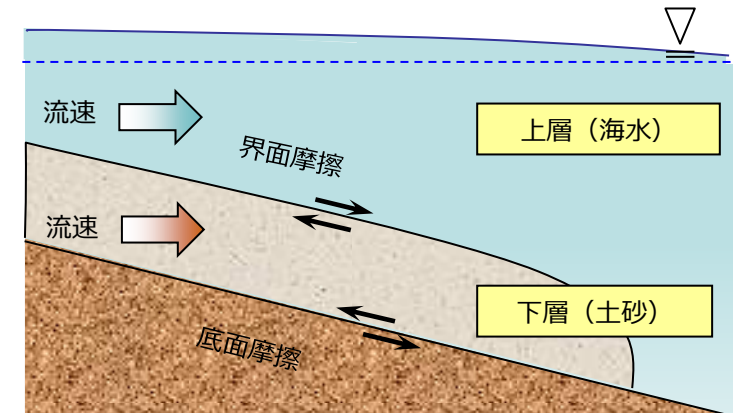
地すべり前の海底地形（復元地形）



海底地すべりの波源モデルの設定例 (s17地点の海底地すべり)



Wattsほかの予測式に基づく手法による初期水位分布



二層流モデルでは、上層（海水）と下層（土砂）を同時に計算する。

二層流モデルに基づく手法の解析イメージ

海底地すべりの津波評価

(評価結果 (一覧))

- 海底地すべりによる津波評価結果は以下のとおり。
- 水位上昇側、下降側ともにs26地点の海底地すべりの影響が最も大きく、敷地前面の最大上昇水位はT.P.+6.3m、取水塔の最大下降水位はT.P.-3.4mとなった。

【海底地すべりによる津波】

津波発生要因			【水位上昇側】 最大上昇水位 (T.P. m)					【水位下降側】 最大下降水位 (T.P. m) (水位低下時間)	
			敷地外	敷地内					敷地外
			敷地 前面	1,2号 取水槽	3号 取水槽	4号 取水槽	5号 取水槽	3号 取水塔	4号 取水塔
海底地すべり	遠州灘沖 (海盆内)	s2地点の海底地すべり	3.1	1.4	1.8	1.8	2.0	-1.9(なし)	-1.9(なし)
		s18地点の海底地すべり	2.0	1.0	1.0	1.0	1.1	-1.3(なし)	-1.3(なし)
	遠州灘沖 (外縁隆起帯 トラフ側斜面)	s4地点の海底地すべり	1.3	1.1	1.4	1.4	1.4	-1.2(なし)	-1.2(なし)
		s5地点の海底地すべり	1.5	1.3	1.4	1.4	1.4	-1.4(なし)	-1.4(なし)
		s12地点の海底地すべり	1.5	1.1	1.2	1.2	1.2	-1.6(なし)	-1.6(なし)
		s13地点の海底地すべり	2.1	1.4	1.6	1.6	1.7	-1.5(なし)	-1.5(なし)
		s17地点の海底地すべり	3.2	1.3	1.6	1.6	1.6	-1.8(なし)	-1.8(なし)
	遠州灘沖 (大陸棚斜面)	s22地点の海底地すべり	1.9	1.1	1.4	1.4	1.3	-1.5(なし)	-1.5(なし)
		s26地点の海底地すべり	6.3	1.7	2.1	2.1	2.3	-3.4(なし)	-3.1(なし)
	駿河湾	s1地点の海底地すべり	1.3	1.0	1.2	1.2	1.1	-1.1(なし)	-1.1(なし)
		s3地点の海底地すべり	2.5	1.1	1.4	1.4	1.6	-1.4(なし)	-1.4(なし)
		s10地点の海底地すべり	1.8	1.0	1.1	1.1	1.0	-1.3(なし)	-1.3(なし)

- ・ 水位上昇側では朔望平均満潮位T.P.+0.80mを、水位下降側では朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮
- ・ 水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間

海底地すべりの同時発生による影響確認

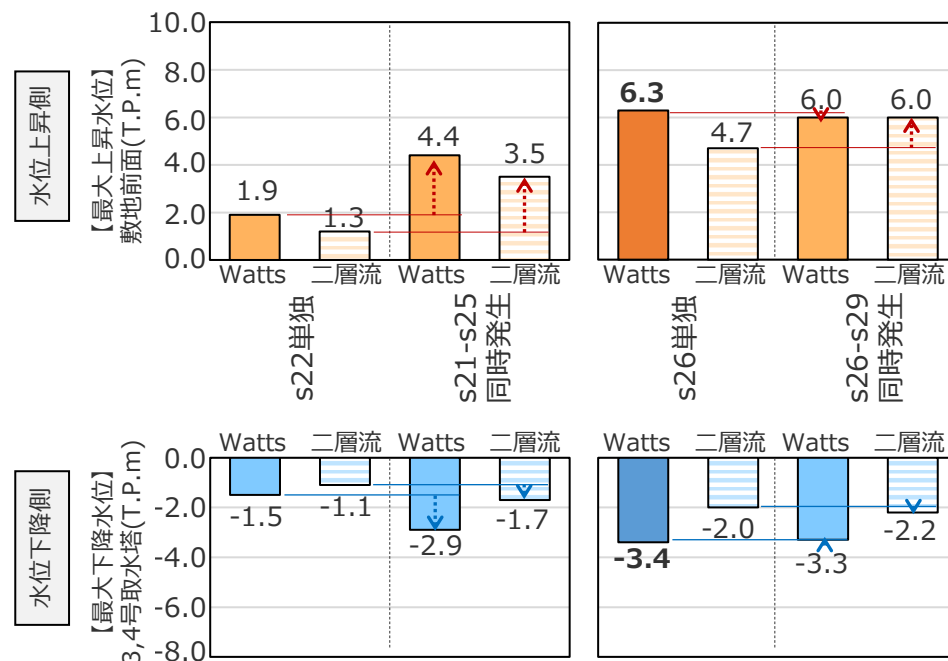
(確認結果)

■「s21-s25地点の海底地すべり」および「s26-s29地点の海底地すべり」について、地すべり地形群を包絡する一つの地すべりとして同時発生の波源を設定し、単独発生の検討と同様に複数の手法（Wattsほかの手法および二層流モデルの手法）を用いて数値シミュレーションによる評価を行い、地すべり体の体積が最も大きいs22地点単独、s26地点単独の海底地すべりの津波水位と比較した。その結果は、以下のとおり。

単独発生と同時発生の評価結果の比較

地点名	s21-s25地点		s26-s29地点	
	s22地点 単独発生	s21-s25地点 同時発生	s26地点 単独発生	s26-s29地点 同時発生
地すべり体の体積 (億m ³)	12	36	33	47
敷地からの距離 (km)	63		68	
	Watts	二層流	Watts	二層流
【最大上昇水位】 敷地前面(T.P.m)	1.9	1.3	4.4	3.5
【最大下降水位】 3,4号取水塔(T.P.m) (水位低下時間)	-1.5 (なし)	-1.1 (なし)	-2.9 (なし)	-1.7 (なし)

- ・水位上昇側：朔望平均満潮位T.P.+0.80mを考慮
- ・水位下降側：朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮
- ・水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間



単独発生と同時発生の評価結果の比較

陸上地すべりの津波評価

(検討概要)

- 地すべりの津波のうち陸上地すべりの津波評価では、地すべり地形分布図データベース等に基づき、敷地周辺、および、距離は離れているが新第三系および第四紀火山が直接海岸沿いに露出し比較的大きな地すべり地形が存在する可能性がある伊豆半島西岸の陸上地すべり（斜面崩壊含む）の調査を実施した。その結果、敷地周辺に津波を発生させる地すべりは認められず、また伊豆半島西岸の陸上地すべりは、敷地周辺海域において抽出した海底地すべりと比べて規模が小さく、Huber and Hager(1997)の予測式による津波高からも海底地すべりの津波と比べて敷地への影響が小さいことを確認した。

陸上地すべりに関する調査

- ・ 陸上地すべり（斜面崩壊含む）に関する文献調査を実施し、敷地に大きな影響を及ぼす可能性のある陸上地すべり地形を抽出。

【調査対象領域】

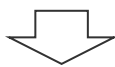
○敷地周辺（半径30km）

○伊豆半島西岸

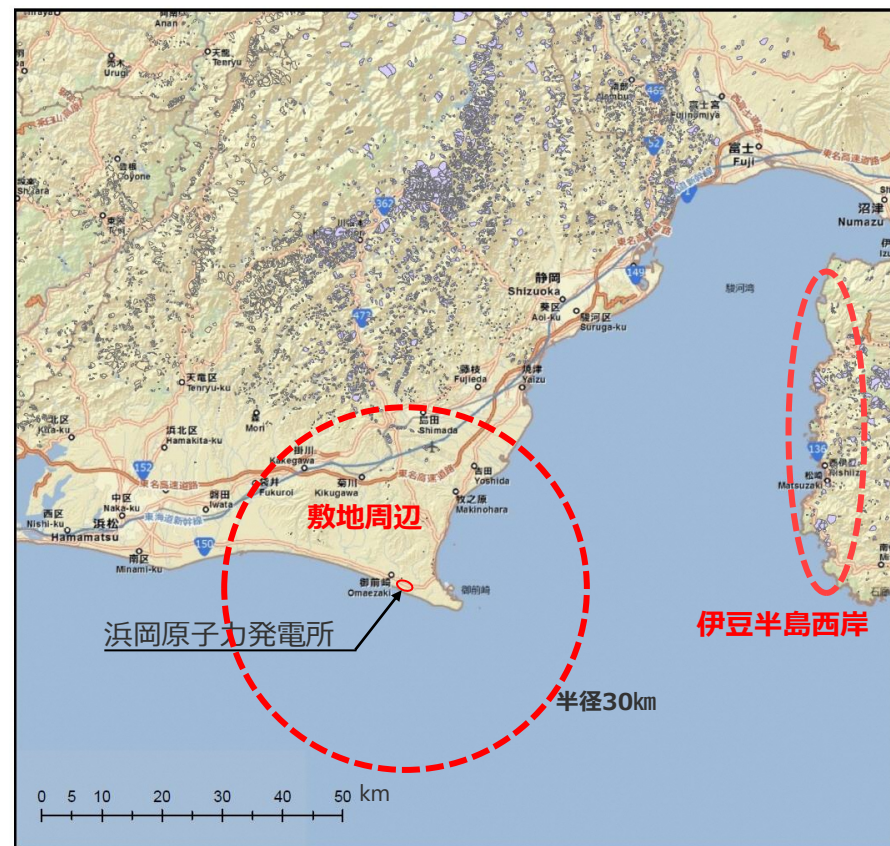
（距離は離れているが、新第三系および第四紀火山が直接海岸沿いに露出し比較的大きな地すべり地形が存在する可能性がある。）

【調査方法】

防災科学技術研究所による地すべり地形分布図データベース及び縮尺1/50,000地すべり地形分布図に基づき調査を実施した。



調査の結果、敷地周辺に津波を発生させる地すべりは認められず、また伊豆半島西岸の陸上地すべりは、敷地周辺海域において抽出した海底地すべりと比べて規模が小さく、Huber and Hager(1997)の予測式による津波高（最大T.P.+1.1m）からも海底地すべりの津波と比べて敷地への影響が小さいことを確認した。



（防災科学技術研究所（2002、2014）を基に作成）

調査対象領域

火山現象の津波評価

(検討概要)

- 火山現象の津波評価は、敷地の地理的領域の火山及び敷地南方の伊豆小笠原弧の火山について、最新の科学的・技術的知見に基づき津波を発生させる火山現象の有無とその規模を調査・評価して、それぞれの火山現象に応じた津波予測式による津波評価を行うとともに、敷地への影響が相対的に大きい火山現象については、波源モデルを設定して数値シミュレーションによる津波評価を行い、敷地への影響がプレート間地震の津波と比べて小さいことを評価した。

原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出

- 地理的領域（敷地から半径160km以内）および伊豆小笠原弧の第四紀火山から、海域に分布、もしくは駿河湾に面し完新世における活動がある火山を、**敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山(32火山)**として抽出した。

火山現象の津波発生要因に関する調査

個別火山の津波発生要因に関する調査

- 抽出した個別火山(32火山)について、その**津波発生要因（山体崩壊、火砕流の海域への突入、海中噴火・カルデラ陥没等）**ごとに過去の津波発生要因の有無とその規模を調査した。
- また、伊豆小笠原弧の海域における噴火規模について、過去の巨大噴火を示す痕跡に関する調査、および火山帯の地殻構造に関する調査を実施した結果、いずれの結果からも、伊豆小笠原弧の海域においては北海道・九州周辺の巨大噴火の履歴を持つ地域の火山と同規模の**VEI6~7（数10~100km³クラス）の巨大噴火は発生していない**と考えられることを確認した。

津波発生要因の規模に関する評価

- 個別火山の津波発生要因の規模は、当該火山の調査結果に基づいて評価した。過去の情報が不足している海底火山の噴火規模は、保守的に陸域を含む伊豆小笠原弧における過去最大の噴火規模(6DREkm³)を考慮することとした。

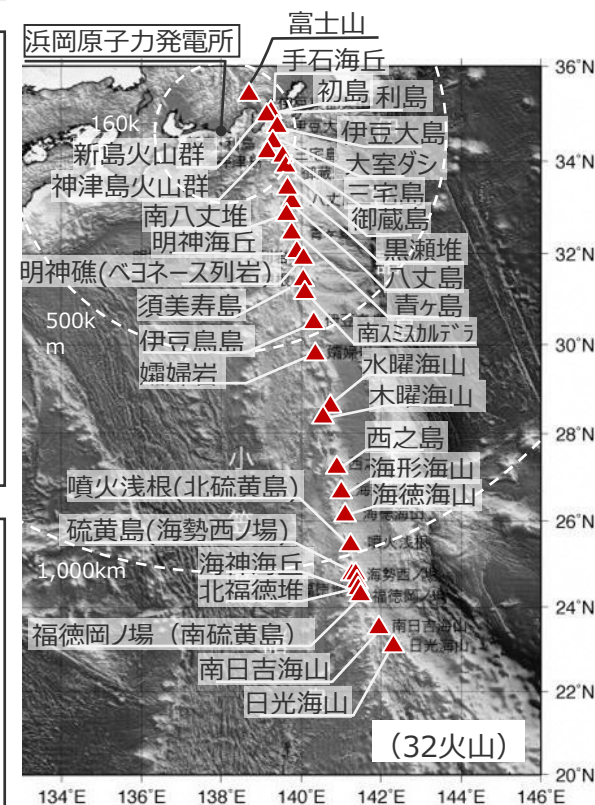
火山現象の津波評価

- 個別火山の火山現象による津波について、それぞれの津波発生要因に応じた**津波予測式に基づく津波評価**を実施した結果、「**御蔵島の山体崩壊**」の津波影響が相対的に大きいことを確認した。
- そこで、「**御蔵島の山体崩壊**」の津波について複数の手法で検討することとし、山体崩壊前の地形を復元して波源モデルを設定し、**数値シミュレーションによる津波評価**も行った。

御蔵島の 山体崩壊	最大上昇水位(T.P. m)					最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)	
	敷地前面	1,2号取水槽	3号取水槽	4号取水槽	5号取水槽	3号取水塔	4号取水塔
	2.9	1.0	1.1	1.2	1.1	-1.6(なし)	-1.6(なし)

・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

- ➡火山現象の津波は、プレート間地震の津波（敷地前面でT.P.+22.7m）と比べて小さいことを確認した。



(海上保安庁 海域火山データベースを基に作成)

抽出した敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山

- ・津波評価に当たっては、過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等について、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域では巨大噴火を起こすとは考えにくい、仮に陸域を含む伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模よりもさらに1オーダー大きい北海道・九州周辺の巨大噴火の履歴を持つ地域の火山と同規模の海中噴火・カルデラ陥没等(VEI7クラス(100km³)のウルトラプリニー式噴火)を想定した場合の影響確認も実施し、敷地への津波影響(敷地前面で最大8.4m(大室ダシ))が、プレート間地震の津波と比較して十分小さいことを確認した。

火山現象の津波評価

(検討フロー)

原子力発電所に津波影響を及ぼし得る火山の抽出

敷地に津波影響を及ぼし得る個別火山 (32火山)

火山現象の津波発生要因に関する調査

過去の津波発生要因の
有無とその規模を調査

調査対象:

山体崩壊

全ての個別火山
(32火山)

火砕流の海域への突入

火口が陸上に位置する個別火山
(13火山)

海中噴火・カルデラ陥没等

海域の個別火山
(31火山)

過去に当該津波発生要因の発生した火山:

山体崩壊あり (16火山)

火砕流あり (10火山)

噴火あり (31火山)

津波発生要因の規模:

個別火山の調査結果の規模
($\sim 1.5\text{km}^3$)

個別火山の調査結果の規模
($\sim 0.76\text{DREkm}^3$)

個別火山の調査結果の規模
($\sim 1.74\text{DREkm}^3$, 6.0DREkm^3 ※)

※情報不足の海底火山(18火山)は、
伊豆小笠原弧の過去最大規模とした。

火山現象の津波評価

津波予測式
による評価

最も影響が大きい火山:
敷地前面最大上昇水位:

御蔵島
T.P. +2.6m

神津島火山群
T.P. +2.0m

大室ダシ
T.P. +1.3m

数値シミュレーション
による評価

評価対象の火山:
敷地前面最大上昇水位:

御蔵島
T.P. +2.9m

仮想的な噴火規模による影響確認
(津波予測式による評価)

情報不足の海底火山 (18火山)

仮想的な規模
(VEI7 (100km^3))

最も影響が大きい火山:
敷地前面最大上昇水位:

大室ダシ
8.4m※1

➡火山現象の津波は、プレート間地震の津波 (敷地前面でT.P.+22.7m) と比べて小さいことを確認。

・敷地前面最大上昇水位は、津波予測式による評価では津波水位に朔望平均満潮位(T.P.+0.80m)を加算、数値シミュレーションによる評価では朔望平均満潮位を考慮して計算した数値。
(※1については朔望平均満潮位を含まない。)

火山現象の津波評価

(国内外の火山現象による津波の発生事例)

- 火山性津波については、「岩屑なだれや火砕流が湖水や海へ流入したり、海底噴火などが起こったりすると津波が引き起こされることがある。噴火津波による被害は、火山から離れた地域でも発生している。このような噴火津波は1640年の北海道駒ヶ岳、1741年の渡島大島、1792年の雲仙岳など火山災害史上大きな被害を出しているものがある。」とされている。(原子力規制委員会(2017))
- 国内外で火山現象による津波として、「山体崩壊、火砕流、火山泥流、溶岩の海域への突入」、「カルデラ陥没または沈降」、「海中噴火」等を要因とした津波発生事例が確認されている。(原子力規制委員会(2013))

・ 2022年トンガの火山噴火に伴い発生した大気中を伝播する波等によって太平洋沿岸の広い範囲で潮位変化が観測された(防災科学技術研究所 2022))。

国内外の主な火山現象による津波事例

発生年	火山名	噴火規模 ¹⁾	津波発生の要因	津波記録 [地名(波源からの距離): 津波高]
1640年	北海道駒ヶ岳	VEI5	山体崩壊(1.9km ³) (西村・宮地(1998))	・アルトリ(約50km): 8.3m ・鷺の木(約20km): 6.8m 等 (西村・宮地(1998))
1741年	渡島大島	VEI4	山体崩壊(2.4km ³) (気象庁(2013))	・江良(約50km): 14.5m ・石崎(約60km): 11.5m 等 (今村・松本(1998))
1792年	眉山(雲仙岳)	VEI2	山体崩壊(0.5km ³) (都司・日野(1993))	・河内(約20km): 23.4m ・大手原(約20km): 18.0m 等 (都司・日野(1993))
1815年	タンボラ山	VEI7	火砕流の海域への突入 (Self et al. (1984))	・Sanggar (約30km): 4m 等 (Stothers (1984))
1883年	クラカタウ火山	VEI6	海中噴火もしくは カルデラ陥没 (川俣ほか(1992))	・Merak(約60km): 30~40m ・Katimbang(約50km): 22~24m 等 (NOAA、川俣ほか(1992))
2018年	クラカタウ火山	VEI3	山体崩壊(0.35km ³) (Grilli(2019))	・Java(約50km): 1~6m 等 (Grilli(2019))

1) 日本の火山データベース(産業技術総合研究所(2017))、Global Volcanism Program (Smithsonian Institution (2013))

火山現象の津波評価

(伊豆小笠原弧の火山現象と津波観測記録)

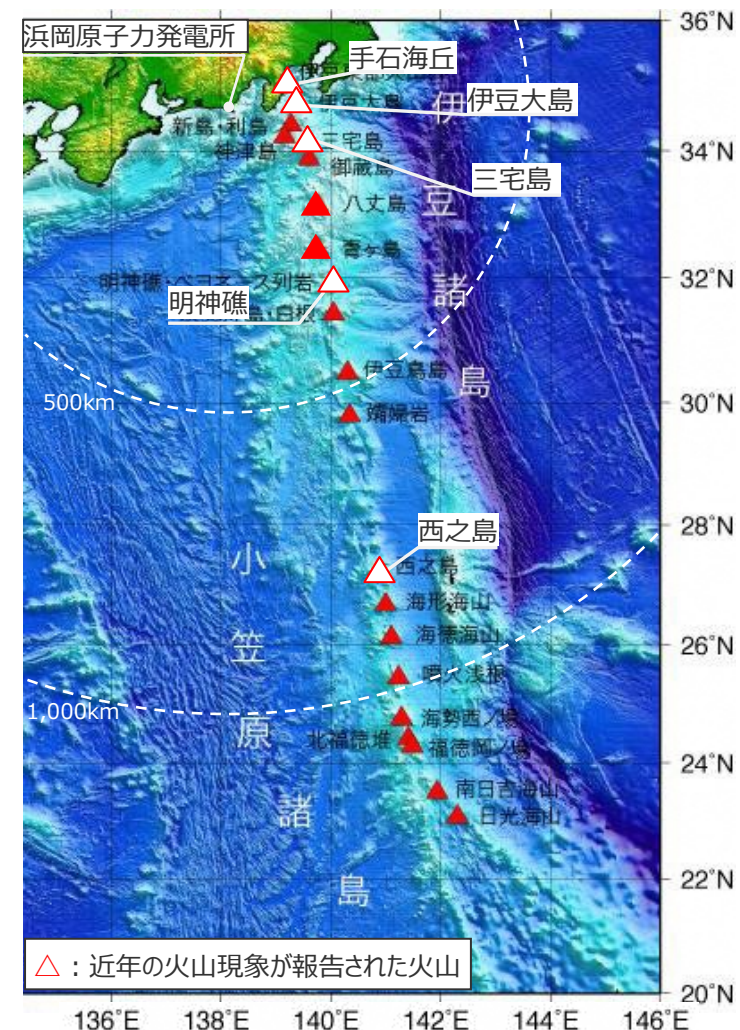
- 伊豆小笠原弧の近年の津波発生要因となり得る火山現象は以下のとおり。そのうち、津波の発生は明神礁の火山現象で確認されている。
- 明神礁の火山現象による津波について、1952年の明神礁の海中噴火では、明神礁から130km離れた八丈島において0.5mの津波が観測されている。
なお、明神礁から約340km離れた御前崎港では有意な海面上昇は観測されていない。

伊豆小笠原弧の近年の火山現象と津波観測記録

発生年	火山名	敷地からの距離	主な岩質	噴火規模	津波発生要因	津波観測記録		
						地点	波源からの距離	津波高
1952年	明神礁	345km	デイサイト	VEI3~4	・海中噴火	八丈島 八重根港	130km	0.5m ¹⁾
						御前崎港	336km	観測されず
1973年	西之島	857km	安山岩	VEI3	・海中噴火 ・溶岩の海域への突入	観測されず		
1986年	伊豆大島	114km	玄武岩	VEI3	・溶岩の海域への突入	観測されず		
1989年	手石海丘	98km	玄武岩	VEI1	・海中噴火	観測されず		
2000年	三宅島	140km	玄武岩	VEI3	・火砕流の海域への突入	観測されず		
2013年	西之島	857km	安山岩	—	・海中噴火 ・溶岩の海域への突入	観測されず		

1) 波浪計による最大全振幅の1/2の数値を記載。

・日本の火山データベース(産業技術総合研究所(2017))、海上保安庁 海域火山データベース、高田ほか(1994)に基づき作成



(海上保安庁 海域火山データベースを基に作成)
伊豆小笠原弧の第四紀火山

火山現象の津波評価

(2022年トンガの火山噴火に伴う気圧変化による潮位変化)

- 2022年1月15日、フンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ火山（トンガ）で噴火が発生した。この際に気圧変化が観測されるとともに、太平洋沿岸において1mを超える潮位変化が観測され、日本の太平洋沿岸においても最大で1mを超える潮位変化が観測された。敷地近傍に位置する御前崎の潮位観測点においては、最大で0.7mの水位変動が観測された。（防災科学技術研究所(2022)、気象庁(2022)）
- この潮位変化は、基準津波の策定において評価している海面を伝播する津波とはやや異なり、大気中を伝播する波による影響が支配的であったと考えられている（防災科学技術研究所(2022)、気象庁(2022)）*。
- ➡ 本現象により生じた潮位変化はプレート間地震による津波等と比較して十分小さく、浜岡原子力発電所の津波評価に影響を与えるものではないと考えられる。本現象に関する知見は今後拡充されていくと考えられることから、この研究動向について引き続き注視していく。

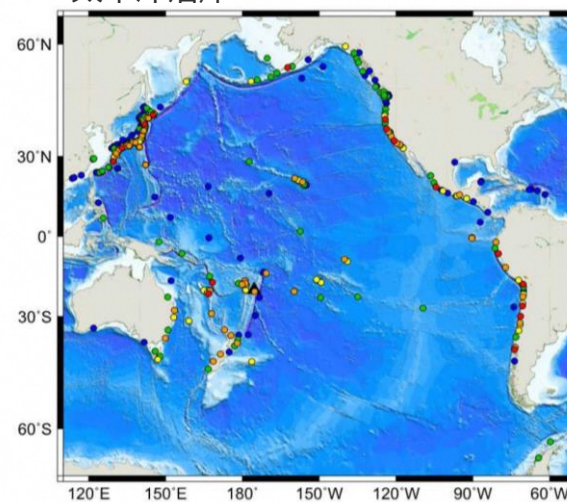
* 防災科学技術研究所(2022)および気象庁(2022)によると、今回の潮位変化は、地震時の津波や潮汐等原因のはっきりした潮位変化(主振動)に対して、様々な要因によって港湾や海峡などで起こる海面の副次的な振動現象である副振動のうち、気圧波(ラム波)や、大気重力波と海洋波とのブラウドマン効果等によって作られた潮位変化であるとされる。この「火山噴火により発生した気圧波に起因する潮位変化」は、一般的な理解易さの観点から、津波警報・注意報等の一連の情報発信の中では「津波」と呼ぶこととされている。



1月15日（噴火前）
two hours before eruption, crater covered by sea
1月18日（噴火後）
After explosion, satellite image shows only high ground remains above water
Source: Copernicus/ESA/Sentinel Hub, PlanetLabs, Maxar
(BBC News (2022))

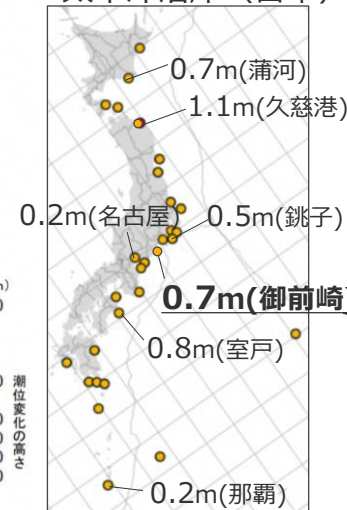
フンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ火山の噴火前後の衛星写真

・太平洋沿岸



▲印はフンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ火山の位置を示す
※海外の潮位観測点の観測値は米国海洋大気庁（NOAA）による（2022年2月14日現在）

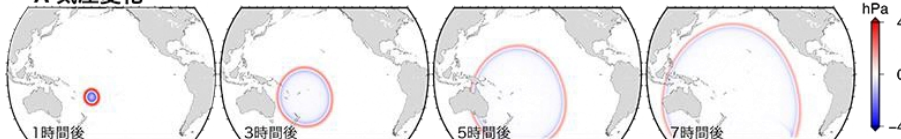
・太平洋沿岸（日本）



・数値は主な水位変動(場所)
(気象庁(2022))

太平洋沿岸で確認された潮位変化の最大高さ

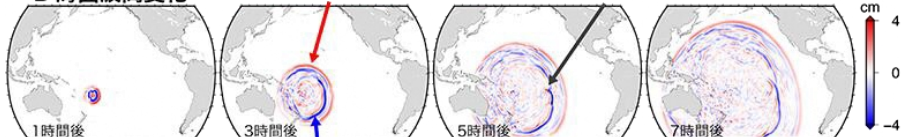
A 気圧変化



B 海面波高変化

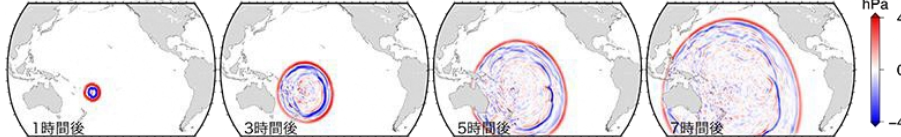
ラム波により強制的に持ち上げられた海面

細かい海底地形変化に起因して生じる副次的な津波



火山域での第一波の発生時に体積保存のために生じる引き波（津波の速度で伝播）

C 海底圧力変化



(防災科学技術研究所(2022))

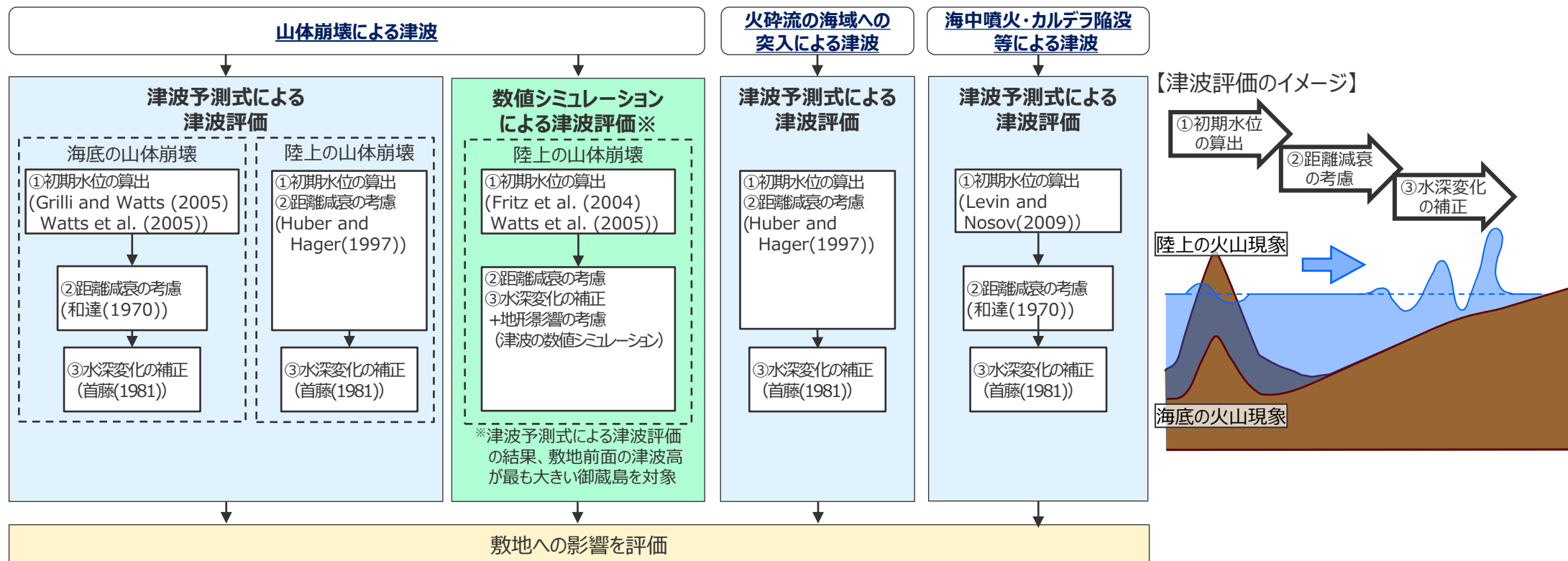
トンガ噴火に伴う気圧波の伝播と津波の発生・伝播のスナップショット

火山現象の津波評価

(津波評価方法)

- 個別火山の火山現象による津波について、それぞれの津波発生要因に応じた津波予測式を用いて津波評価を行った。
- さらに、津波予測式に基づく津波評価の結果、敷地への影響が相対的に大きい「御蔵島の山体崩壊」の津波については、複数の手法で検討することとし、山体崩壊前の地形を復元して波源モデルを設定し、数値シミュレーションによる津波評価も行った。
- なお、海中噴火が発生した場合、海中噴火による海面上昇とカルデラ陥没等による海面下降の両要因により津波が発生する可能性があるが、海中噴火とカルデラ陥没等は一体の現象であり、幾度もの噴火を経て段階的に形成されるカルデラの体積と、過去にマグマ溜まりから流出した総マグマ体積は同程度であるとされる(下司(2018))。こと、噴火現象による津波とカルデラ陥没による津波は第一波の押し引きが異なるが、津波の大きさは同程度とされる(Maeno and Imamura(2011)等)ことから、海中噴火の津波により評価することとした。

【火山現象の津波評価の算定方法】



- Maeno et al.(2006) : 7.3kaの鬼界アカホヤ噴火を対象として、カルデラ陥没の陥没速度と津波高との関係を数値計算により検討した。その結果、無次元陥没速度が0.01 (陥没の継続時間が数十分) の時に津波発生効率が最も高くなることを確認した。また、薩摩半島で確認される地質学的痕跡と調和するカルデラ陥没の無次元陥没速度は0.03以下 (陥没の継続時間が1-2時間以上) であるとした。
- Maeno and Imamura (2011) : 1883年のクラカタウ火山の噴火を対象として、カルデラ陥没等による津波の数値計算を実施し観測記録の再現を試みた。その結果、カルデラ陥没の津波計算結果は第一波が水位下降からはじまり、水位上昇から始まる観測記録と異なる結果となった。また、カルデラ陥没の継続時間を複数設定して数値計算を実施した結果、Maeno et al.(2006)における最も津波発生効率の高いカルデラ陥没の継続時間を適用した場合でも噴火現象による津波とその大きさは同程度となった。

火山現象の津波評価

(津波予測式による津波評価結果)

■ 火山現象の津波について津波予測式による津波評価結果は以下のとおり。

地域	火山名	火口位置	敷地からの距離(km)	津波発生要因					
				山体崩壊		火砕流の海域への突入		海中噴火・カルデラ陥没等	
				火山現象の規模(km ³)	敷地前面津波高(m)	火山現象の規模(DREkm ³)	敷地前面津波高(m)	火山現象の規模(DREkm ³)	敷地前面津波高(m)
伊豆弧	富士山	陸上	97	0.8	0.4	0.013	0.1		
	手石海丘	海底	98	痕跡がないことを確認	—			0.00004	0.1
	神津島火山群	陸上	102	痕跡がないことを確認	—	0.66	1.2	0.66	0.4
	初島	陸上	104	痕跡がないことを確認	—	履歴がないことを確認	—	0.015	0.1
	利島	陸上	104	0.02	0.6	履歴がないことを確認	—	0.68	0.4
	新島火山群	陸上	106	痕跡がないことを確認	—	0.73	0.7	0.73	0.4
	伊豆大島	陸上	114	0.9	0.5	0.05	0.2	0.25	0.3
	大室ダシ	海底	119	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.5
	三宅島	陸上	140	1.5	0.9	0.003	0.1	0.37	0.3
	御蔵島	陸上	157	0.9	1.8	0.03	0.3	0.03	0.1
	黒瀬堆	海底	203	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
	八丈島	陸上	222	0.5	0.6	0.76	0.4	1.74	0.3
	南八丈堆	海底	259	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
	青ヶ島	陸上	282	0.4	1.0	0.05	0.5	0.31	0.2
	明神海丘	海底	321	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	明神礁	海底	345	0.3	0.2			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
	須美寿島	海底	395	0.5	0.5			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
	南スミカルデラ	海底	412	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	伊豆島島	陸上	501	0.1	0.5	履歴がないことを確認	—	0.025	0.1
	孺婦岩	海底	573	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.2
小笠原弧	水曜海山	海底	707	0.06	0.1			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	木曜海山	海底	735	0.03	0.1			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	西之島	陸上	857	痕跡がないことを確認	—	0.1	0.7	0.1	0.1
	海形海山	海底	923	1.3	0.5			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	海徳海山	海底	983	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	噴火浅根	海底	1,059	0.06	0.3			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	硫黄島	陸上	1,134	0.5	0.1	0.24	0.1	0.5	0.1
	海神海丘	海底	1,156	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	北福德堆	海底	1,174	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	福德岡ノ場	海底	1,189	0.1	0.5			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	南日吉海山	海底	1,286	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1
	日光海山	海底	1,341	痕跡がないことを確認	—			データ不足：伊豆小笠原弧の過去最大規模6.0	0.1

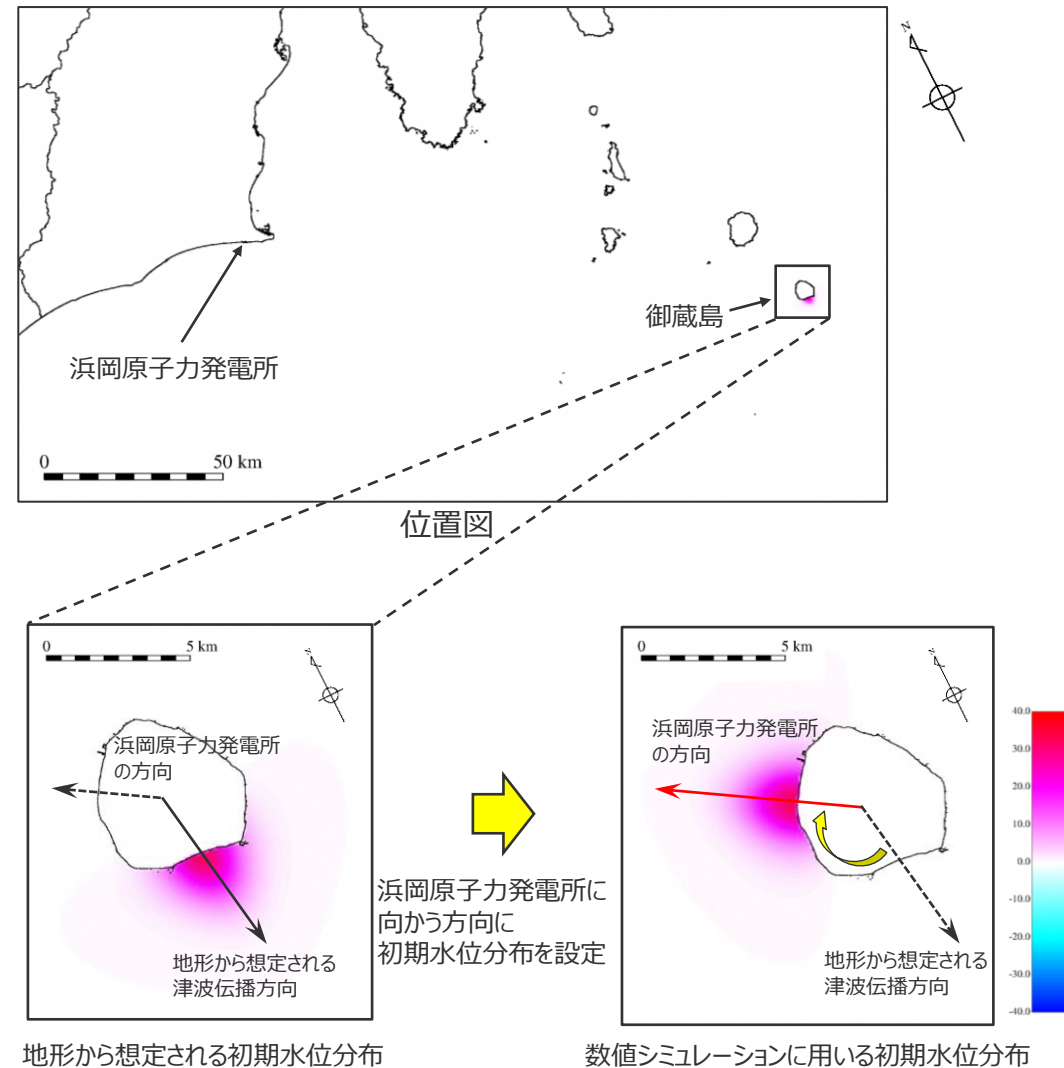
■：火口位置により評価対象外。「痕跡がないことを確認」：文献調査および地形判読によって、火山現象の痕跡が確認されなかったもの。「履歴がないことを確認」：文献調査において、火山現象の発生履歴が確認されなかったもの。

山体崩壊の津波の中で、御蔵島の山体崩壊の津波による影響が最も大きいことから、御蔵島の山体崩壊の津波を対象として数値シミュレーションによる津波評価を行った。

火山現象の津波評価

(山体崩壊による津波の波源モデルの設定：御蔵島)

- 御蔵島の山体崩壊は南向きであり、津波が浜岡原子力発電所から遠ざかる方向に伝播するため、津波予測式による津波評価と同様の条件で比較する観点から、津波が浜岡原子力発電所に向かう方向に初期水位分布を設定して数値シミュレーションによる津波評価を実施した。



火山現象の津波評価

(評価結果)

- 個別火山の火山現象による津波について、それぞれの津波発生要因に応じた津波予測式を用いて津波評価を行った。
さらに、相対的に影響の大きい御蔵島の山体崩壊による津波については複数の手法で検討することとし、数値シミュレーションによる津波評価を行った。
- その結果、いずれの火山現象の津波についても、プレート間地震の津波（敷地前面でT.P.+22.7m）と比較して敷地への影響が小さく、プレート間地震の津波影響の方が支配的であることを確認した。

火山現象の津波評価結果

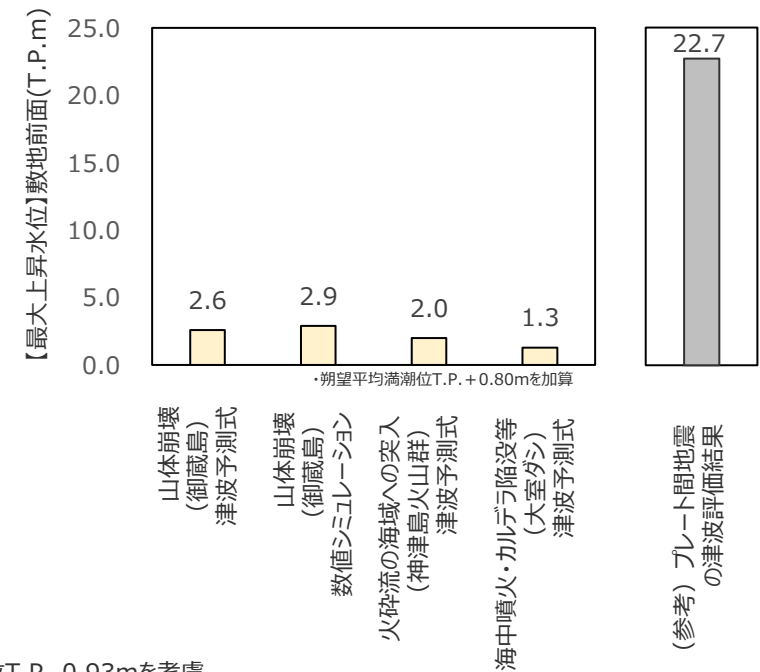
津波発生要因	火山名	評価手法	【最大上昇水位】 敷地前面(T.P.m)	【最大下降水位】 3,4号取水塔(T.P.m) (水位低下時間)
山体崩壊	御蔵島	津波予測式 (Huber and Hager(1997)他)	2.6※ (1.8)	—
		数値シミュレーション (Wattsほかの予測式)	2.9	-1.6 (なし)
火砕流の 海域への突入	神津島火山群	津波予測式 (Huber and Hager(1997)他)	2.0※ (1.2)	—
海中噴火 ・カルデラ陥没等	大室ダシ	津波予測式 (Levin and Nosov(2009))	1.3※ (0.5)	—

※津波予測式による津波評価

上段：津波予測式による津波高に朔望平均満潮位(T.P.+0.8m)を加算した数値

下段（カッコ内）：津波予測式による津波高

- ・ 数値シミュレーションによる津波評価においては、水位上昇側では朔望平均満潮位T.P. + 0.80mを、水位低下側では朔望平均干潮位T.P.-0.93mを考慮。
水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔吞口下端レベルを下回り取水塔から取水できない時間



- ・ 津波評価に当たっては、過去の情報が不足している海底火山の海中噴火・カルデラ陥没等について、未発達な島弧地殻である伊豆小笠原弧の海域では巨大噴火を起こすとは考えにくい、仮に陸域を含む伊豆小笠原弧全域における過去最大の噴火規模よりもさらに1オーダー大きい北海道・九州周辺の巨大噴火の履歴を持つ地域の火山と同規模の海中噴火・カルデラ陥没等 (VEI 7クラス(100km³)のウルトラプリニー式噴火) を想定した場合の影響確認も実施し、敷地への津波影響 (敷地前面で最大8.4m(大室ダシ)) が、プレート間地震の津波と比較して十分小さいことを確認した。

補足 ④津波発生要因の組合せ

津波発生要因の組合せの概要

■ 津波発生要因の組合せの概要は、以下のとおり。

1 検討する津波発生要因の組合せ

- 津波発生要因の組合せは、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を踏まえ、敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せを検討することとし、津波評価上、関連性があると考えられる**プレート間地震と地すべり、プレート間地震と海域の活断層による地殻内地震の組合せ**を検討する。

2 検討対象波源の選定（線形足し合わせによる検討）

- 検討対象波源の選定は、各津波発生要因の津波波形の**線形足し合わせによる検討に基づいて検討対象とする津波波源の組合せを選定**する。
- まず敷地への影響が支配的なプレート間地震について、影響が最も大きい波源を検討対象として選定し、次にその他の津波発生要因について、線形足し合わせによる検討により、プレート間地震と組み合わせた場合に影響が大きいと考えられる波源を検討対象として選定する。
- ここで、津波を組み合わせる時間差の範囲は、津波発生要因の組合せの発生メカニズム（地震動による発生、破壊の直接伝播による発生）に応じて設定することとし、その設定に当たっては、プレート間地震の複数の破壊様式を考慮して検討する。

-----選定した検討対象波源の組合せ-----

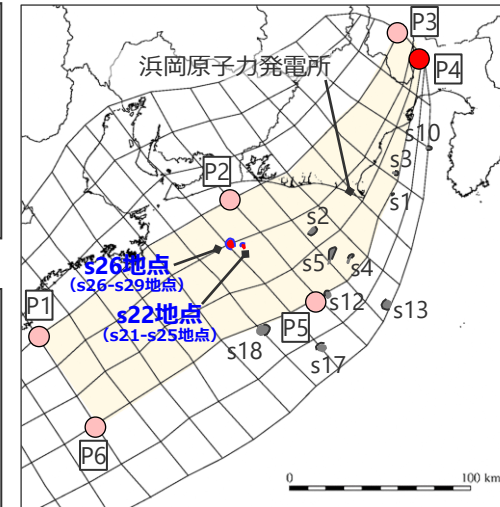
水位上昇側： 基準断層モデル1-1+s26地点の海底地すべり、他*1
 基準断層モデル3-2+遠州断層系の地震、他*1
 水位下降側： 基準断層モデル2-3+御前崎海脚西部の断層帯の地震

3 組合せの津波評価（一体計算による検討）

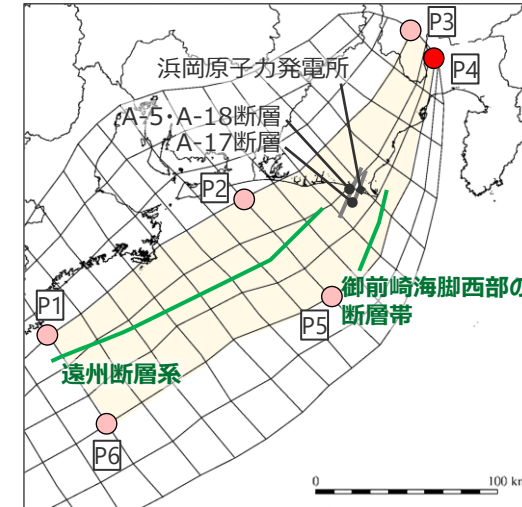
- 選定した検討対象波源の組合せについて、**一体計算（同一波動場での津波計算）により、組合せ時間差の範囲の中で網羅的なパラメータスタディを段階的に検討**し、組合せの津波を評価する。

組合せの津波評価結果

最大上昇水位(T.P. m)					水位低下時間	
敷地前面	1,2号取水槽	3号取水槽	4号取水槽	5号取水槽	3号取水塔	4号取水塔
25.2	6.6	9.2	9.9	12.0	14.0min	14.0min



プレート間地震と海底地すべりとの位置関係



プレート間地震と海域の活断層との位置関係

プレート間地震（基準断層モデル1-1の例）

- ：波源域 ■：大すべり域 ●：波源モデルの破壊開始点(P4)
- ：プレート間地震の津波評価において考慮したその他の破壊開始点(P1～P6)*2

- ：線形足し合わせを行う海底地すべり*1
- ：線形足し合わせの結果
一体計算の対象とする海底地すべり*1

- ：線形足し合わせを行う海域の活断層
- ：線形足し合わせの結果
一体計算の対象とする海域の活断層

組合せの検討を行うプレート間地震とその他の津波発生要因

- *1 地すべりの津波評価において仮に一体となって移動すると想定した場合の影響確認を行った「s21-s25地点の海底地すべりの同時発生」および「s26-s29地点の海底地すべりの同時発生」について、敷地への影響が大きい波源であることから、安全評価上、プレート間地震と組み合わせた場合の確認も実施する。
- *2 津波を組み合わせる時間差の範囲は、プレート間地震の津波評価において検討した複数の破壊様式（破壊開始点、破壊伝播速度）を考慮して設定する。

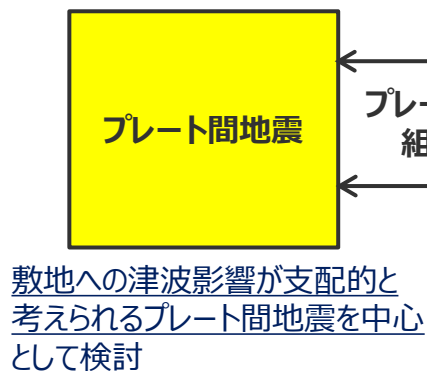
津波発生要因の組合せ

(検討する津波発生要因の組合せ)

- 津波発生要因の組合せは、地震規模が大きく敷地への津波影響が支配的と考えられるプレート間地震とその他の津波発生要因との組合せについて、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を踏まえて検討する。
- ここで、その他の津波発生要因のうち、**地すべり**および**海域の活断層による地殻内地震**について、地すべりはプレート間地震の地震動により発生し津波が重なる可能性があること、海域の活断層はプレート境界の上盤に位置しプレート間地震の破壊に伴い活動し津波が重なる可能性があることを考慮し、それぞれプレート間地震との組合せを検討する。
- 一方、**海洋プレート内地震**および**火山現象**について、海洋プレート内地震は、海域の活断層とは異なり、プレート境界の下盤にその断層が位置しプレート間地震と同時発生する津波評価上の関連性は考えにくく、それが確認された事例もないこと、火山現象は、プレート間地震から離れた地域にその波源が位置しており、またプレート間地震と同時発生する津波評価上の関連性は考えにくく、それが確認された事例もないことから、いずれもプレート間地震との組合せは検討しない。

津波影響が支配的と考えられる 津波発生要因

その他の津波発生要因



プレート間地震との組合せを検討する要因

地すべり

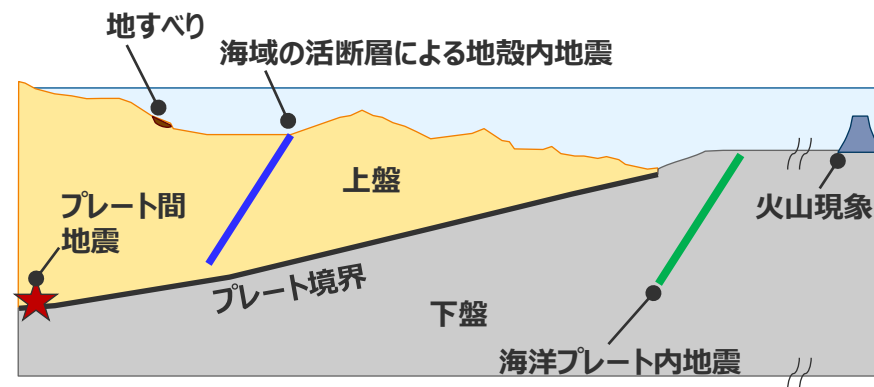
海域の活断層による地殻内地震

プレート間地震との組合せを検討しない要因

海洋プレート内地震

火山現象

→敷地への津波影響がプレート間地震と比べて小さいことを確認



津波発生要因と一般的なプレート境界周辺のイメージ図

■ : 検討する津波発生要因の組合せ

津波発生要因の組合せ

(プレート間地震とその他の地震の組合せ)

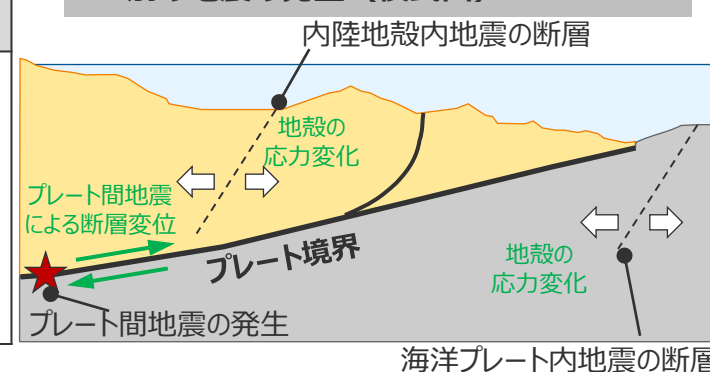
■プレート間地震とその他の地震（上盤の内陸地殻内地震、下盤の海洋プレート内地震）の組合せについて、これらの地震が因果関係を持って同時発生し、津波が重なり合う可能性がある「**(1)プレート間地震に伴う応力変化による別の地震の発生**」、「**(2)プレート間地震の破壊の直接伝播による一体性のある連動発生**」の観点から、南海トラフの地学的背景を整理し、南海トラフにおける津波評価上の関連性を検討した。

検討概要

(1)プレート間地震に伴う応力変化による別の地震の発生

構造	応力変化による別の地震の発生に関する地学的背景	応力変化による別の地震の発生に関する津波評価上の関連性
上盤 (内陸地殻内地震の領域)	①プレート間地震に伴う応力変化の影響などにより津波被害を発生させる可能性のある大規模（M7以上）の地震が発生する時間間隔は、2011年東北沖地震の事例では約40分であるが、Mw9クラスのその他の地震や南海トラフの地震の事例では数か月～数十年の間がある	関連性なしと評価 (⇒津波の組合せは行わない)
下盤 (海洋プレート内地震の領域)	②また、敷地周辺の南海トラフには主に逆断層等の圧縮型の断層が分布し、プレート間地震により伸張作用が働くことで断層活動は緩和する方向	

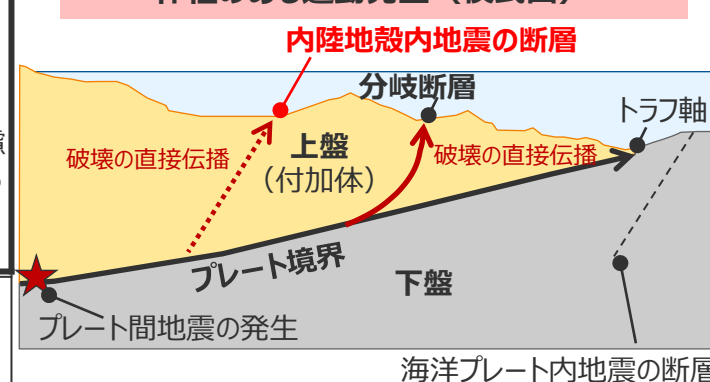
(1)プレート間地震に伴う応力変化による別の地震の発生（模式図）



(2)プレート間地震の破壊の直接伝播による一体性のある連動発生

構造	破壊伝播による連動に関する地学的背景	破壊伝播による連動に関する津波評価上の関連性
上盤 (内陸地殻内地震の領域)	分岐断層： ・トラフ軸付近の付加体内部に形成される構造 ・プレート間地震の破壊伝播を示す知見があり、外縁隆起帯等の顕著な隆起地形との関連が認められる 内陸地殻内地震の断層： ・外縁隆起帯等より陸側のより古い付加体内部に分布する構造 ・プレート間地震の破壊伝播を示す知見はなく、外縁隆起帯等の顕著な隆起地形との関連は認められない	分岐断層： 関連性ありと評価（⇒プレート間地震の津波評価において検討を実施） 内陸地殻内地震の断層： 分岐断層のように破壊伝播しないと考えるが、上盤の複雑な付加体内部の構造を考慮するとプレート間地震の破壊の一部が伝播する可能性は考えられることを考慮し、 関連性ありと評価（⇒津波の組合せを行う）
下盤 (海洋プレート内地震の領域)	・分岐断層は上盤のトラフ軸付近の付加体内部に形成される構造であり付加体のない下盤では形成されない ・プレート間地震の破壊伝播を示す知見・事例はない	関連性なしと評価 (⇒津波の組合せは行わない)

(2)プレート間地震の破壊の直接伝播による一体性のある連動発生（模式図）



■検討するプレート間地震とその他の地震の組合せとして、「**(2)プレート間地震の破壊の直接伝播による一体性のある連動発生**」の観点から、津波評価上、関連性があると考えられる**プレート間地震と海域の活断層による地殻内地震の組合せ**を検討する。

津波発生要因の組合せ

(津波を組み合わせる時間差の範囲)

- プレート間地震と地すべりの活断層による地殻内地震の組合せについては、検討方針に従い以下のとおり津波を組み合わせる時間差の範囲を設定する。
- ここで、組み合わせる時間差の範囲は、津波発生要因の組合せの発生メカニズム（地震動による発生、破壊の直接伝播による発生）に応じて設定することとし、その設定におけるプレート間地震の地震動到達時間 T_s 、破壊伝播到達時間 T_r については、線形足し合わせの検討に用いる基準断層モデルのパラメータスタディにおいて破壊伝播速度・破壊開始点の違いによる津波高等の差異が小さかったこと*を考慮し、プレート間地震の津波評価において考慮した複数の設定値（破壊開始点：P1～P6、破壊伝播速度：0.7～2.5km/s）を用いて算出した最小値、最大値を考慮して設定する。

プレート間地震と地すべりの組合せ

検討方針

- 地すべりがプレート間地震の地震動により発生することを考慮し、プレート間地震の地震動継続時間の範囲で設定。

プレート間地震と海域の活断層による地殻内地震の組合せ

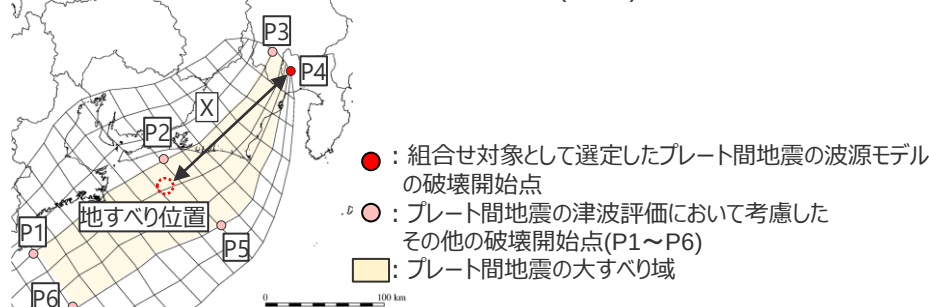
- 地殻内地震がプレート間地震の破壊が活断層に直接伝播することにより発生²⁾することを考慮し、プレート間地震の破壊伝播が到達する時間の範囲で設定。
 - また念のため、プレート間地震と地すべりの組合せで考慮するプレート間地震の地震動継続時間の範囲も含めて幅広に設定。
- 2) プレート間地震と海域の活断層による地殻内地震との組合せは、(1)プレート間地震に伴う応力変化による別の地震の発生ではなく、(2)プレート間地震の破壊の直接伝播による一体性のある連動発生の観点から検討することとする。

津波を組み合わせる時間差の範囲

津波を組み合わせる時間差の範囲

プレート間地震の地震動継続時間の範囲： $T_{s_{min}} \sim T_{s_{max}} + T_d$

- ・ T_s ：プレート間地震の地震動到達時間 $[=X/V_s]$
 $T_{s_{min}}$ 、 $T_{s_{max}}$ は、プレート間地震の津波評価において考慮した複数の破壊開始点(P1～P6)を用いて算出した T_s の最小値、最大値
- ・ X ：プレート間地震の破壊開始点から地すべり位置までの距離
- ・ V_s ：地殻のS波速度 $[=3.82 \text{ km/s}]$ （内閣府(2012)に基づく。）
- ・ T_d ：プレート間地震の地震動継続時間（Noda et al.(2002)を踏まえて保守的に設定。）



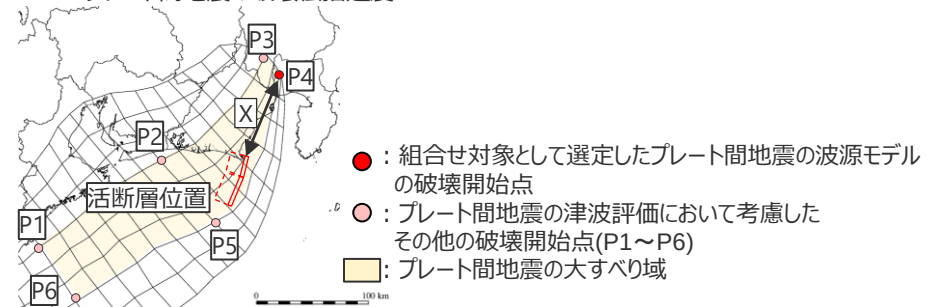
プレート間地震の破壊開始点と地すべりとの位置関係のイメージ

津波を組み合わせる時間差の範囲

以下を包絡する時間の範囲（ $T_1 \sim T_2$ ）

プレート間地震の破壊伝播が到達する時間の範囲： $T_{r_{min}} \sim T_{r_{max}}$
 プレート間地震の地震動継続時間の範囲： $T_{s_{min}} \sim T_{s_{max}} + T_d$

- ・ T_r ：プレート間地震の破壊伝播が到達する時間 $[=X/V_r]$
 $T_{r_{min}}$ 、 $T_{r_{max}}$ は、プレート間地震の津波評価において考慮した複数の破壊開始点(P1～P6)・破壊伝播速度(0.7～2.5km/s)の組合せを用いて算出した T_r の最小値、最大値
- ・ X ：プレート間地震の破壊開始点から活断層位置までの最短距離
- ・ V_r ：プレート間地震の破壊伝播速度



プレート間地震の破壊開始点と活断層との位置関係イメージ

<④津波発生要因の組合せ>

津波発生要因の組合せ

(津波評価結果 (一覧))

■ 津波発生要因の組合せの津波評価結果は以下のとおり。

【水位上昇側】

津波発生要因の組合せ			最大上昇水位(T.P. m)* ¹					備考
			敷地 前面	1・2号 取水槽	3号 取水槽	4号 取水槽	5号 取水槽	
プレート間地震 (基準断層モデル1-1)	+	s26地点の海底地すべり(Watts)	25.2	4.6	7.3	8.2	10.2	発生時間差：177s
プレート間地震 (基準断層モデル1-1)	+	s26-s29地点の海底地すべり(Watts)	25.0	4.7	7.3	8.2	10.2	発生時間差：177s
プレート間地震 (基準断層モデル1-1)	+	s26-s29地点の海底地すべり(二層流)	25.1	4.7	7.3	8.2	10.2	発生時間差：63s
プレート間地震 (基準断層モデル3-2)	+	遠州断層系の地震	20.0	6.6	9.2	9.9	12.0	発生時間差：3s
プレート間地震 (基準断層モデル3-2)	+	御前崎海脚西部の断層帯の地震	21.6	6.4	8.5	8.9	10.7	発生時間差：228s
			20.1	5.5	8.3	9.2	11.5	発生時間差：12s
プレート間地震 (基準断層モデル3-2)	+	s26地点の海底地すべり(二層流)	19.5	6.5	9.1	9.9	12.0	発生時間差：30s
プレート間地震 (基準断層モデル3-2)	+	s26-s29地点の海底地すべり(二層流)	20.6	6.5	9.1	9.8	12.0	発生時間差：189s
プレート間地震 (基準断層モデル3-2)	+	s21-s25地点の海底地すべり(二層流)	18.8	6.4	9.0	9.7	11.8	発生時間差：99s

・朔望平均満潮位T.P. + 0.80mを考慮

*1 防波壁および1・2号取水槽周りに高さ無限大の壁を設定して解析を実施。

なお、防波壁、1・2号取水槽に関しては、基準津波の確定後、必要な対応を実施予定。

【水位下降側】

津波発生要因の組合せ			最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)		備考
			3号取水塔	4号取水塔	
プレート間地震 (基準断層モデル2-3)	+	御前崎海脚西部の断層帯の地震	海底面(14.0min)	海底面(14.0min)	発生時間差：3s

・朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮

・水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベル(T.P. -6m)を下回り取水塔から取水できない時間
(なし：水位低下時間が発生していないことを示す。)

・海底面：最大下降水位時に海底面(約T.P. -10m)がほぼ露出している(水深1m未満である)ことを示す。

太字：組合せの評価結果の中で、敷地への影響が最も大きいケース

津波発生要因の組合せ

(津波評価結果(水位の時刻歴波形))

- 組合せの津波評価結果における各評価地点の水位の時刻歴波形を、プレート間地震の津波評価結果と比較して示す。
 - いずれの評価地点においても、津波発生要因の組合せにより敷地への影響が大きくなることを確認した。
- また、水位上昇側の取水槽、水位下降側の取水塔では、津波発生要因の組合せによる影響は小さく、津波高等の最大値や水位の時刻歴波形は組合せ前後で大きく変わらないことを確認した。

水位上昇側

水位下降側

敷地前面

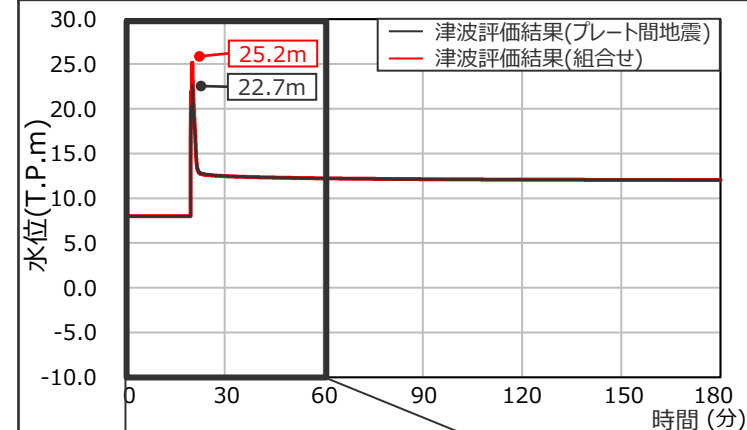
取水槽 (4号取水槽の例)

取水塔 (3号取水塔の例)

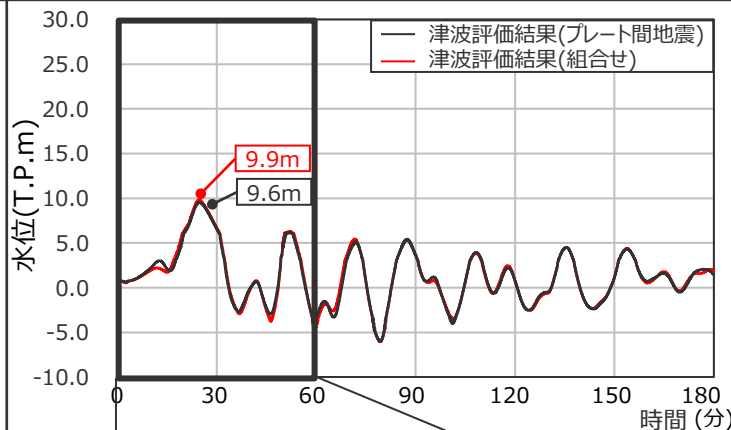
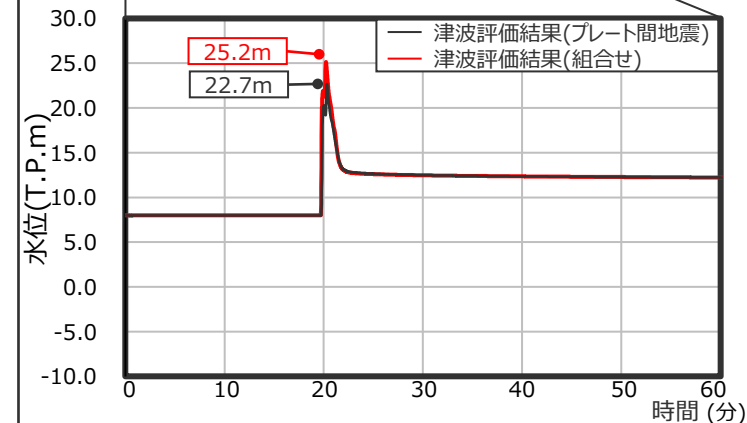
基準断層モデル1-1 + s26地点の海底地すべり(Watts)

基準断層モデル3-2 + 遠州断層系の地震

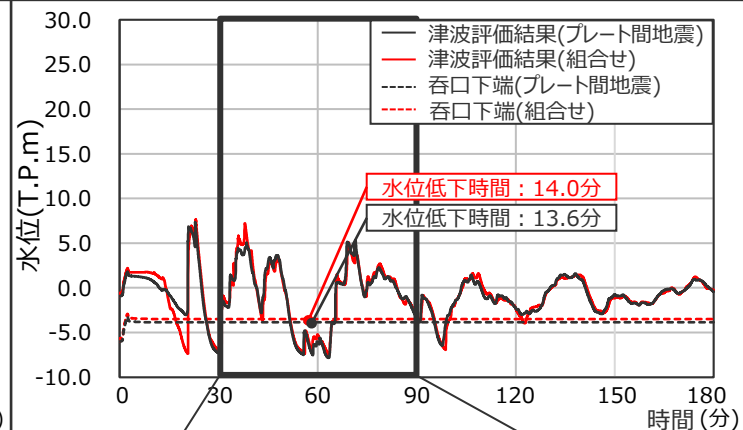
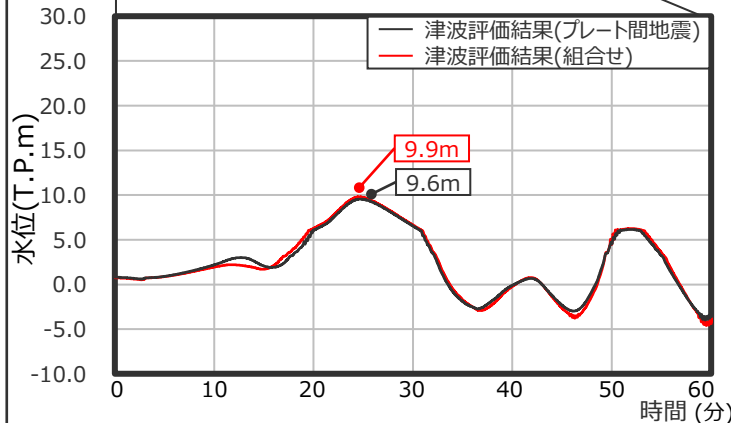
基準断層モデル2-3 + 御前崎海脚西部の断層帯の地震



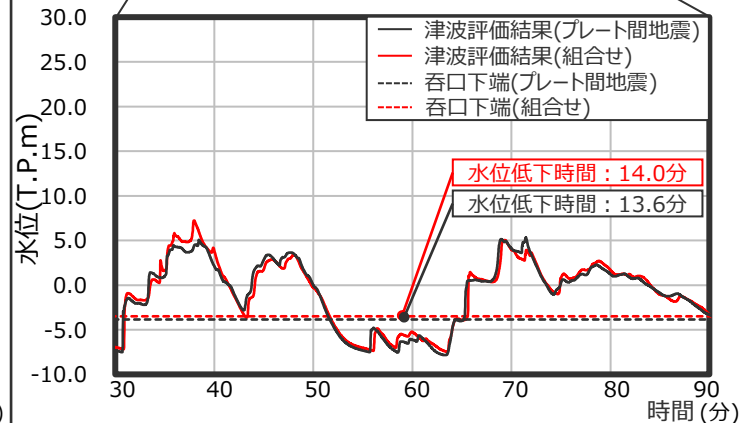
横軸を拡大



横軸を拡大



横軸を拡大



・朔望平均潮位 (水位上昇側 : T.P. + 0.80m、水位下降側 : T.P. - 0.93m) を考慮

補足 ⑤基準津波の策定

基準津波の策定の概要

■ 基準津波は、水位上昇側および水位下降側のそれぞれについて敷地に及ぼす影響が最も大きい津波の波源を選定し、敷地から離れた地点で策定する。

基準津波の選定

- 地震による津波、地震以外の要因による津波、および津波発生要因の組合せによる津波の評価結果に基づき、水位上昇側および水位下降側のそれぞれについて敷地に及ぼす影響が最も大きい津波の波源を、基準津波の波源として選定する。

基準津波の選定結果

水位上昇側	基準津波1 : 基準断層モデル1-1+s26地点の海底地すべり
	基準津波2a : 基準断層モデル3-2+遠州断層系の地震
	基準津波2b : 基準断層モデル3-2+s26地点の海底地すべり
	基準津波2c : 基準断層モデル3-2+s26-s29地点の海底地すべり
水位下降側	基準津波3 : 基準断層モデル2-3+御前崎海脚西部の断層帯の地震

基準津波の策定

- 敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ、敷地から*の反射波の影響が微小となるよう、敷地から沖合へ約10km離れた地点において、基準津波を策定する。

*浜岡の敷地前面海域には反射波を生じさせる港湾施設がないことから、施設からではなく、敷地からとしている。

基準津波の検証

- 基準津波の選定結果を検証するため、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高、および行政機関による津波評価結果との比較を行う。
- ➡ 比較の結果、基準津波は、歴史記録の津波痕跡および津波堆積物から推定される津波高（遠州灘沿岸域で概ね5～10m）を、遠州灘沿岸域の全域において上回るとともに、特に敷地周辺において大きく上回ること、および、南海トラフにおいて想定し得る最大規模の津波を想定した内閣府の最大クラスモデルの津波などを上回ることを確認した。

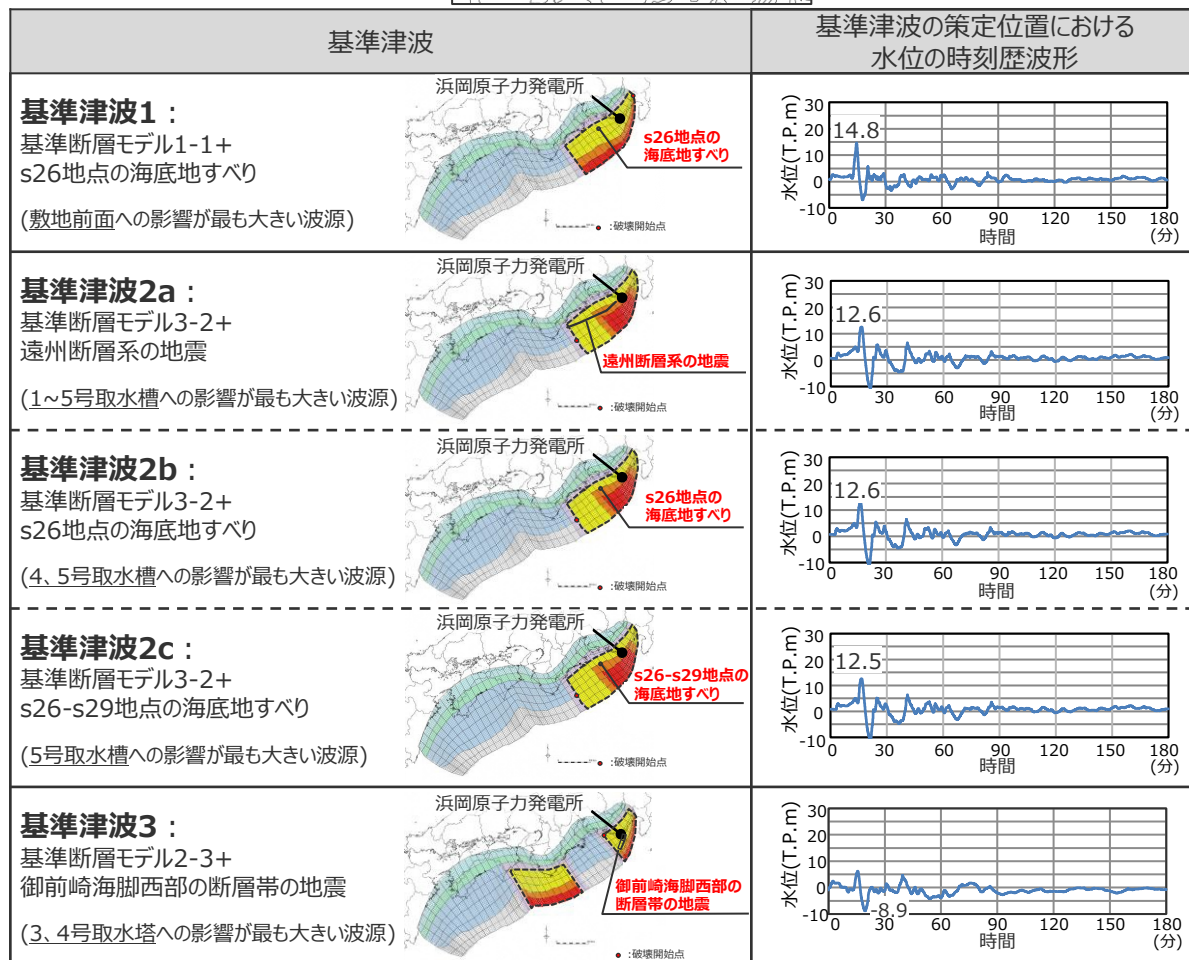
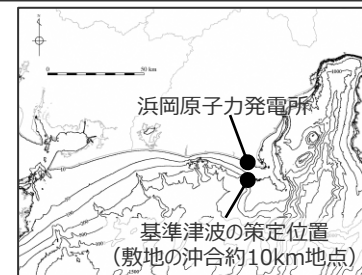
基準津波による敷地の津波評価結果（基準津波1～3）

最大上昇水位(T.P. m)					水位低下時間	
敷地前面	1,2号取水槽	3号取水槽	4号取水槽	5号取水槽	3号取水塔	4号取水塔
25.2	6.6	9.2	9.9	12.0	14.0min	14.0min

内閣府の最大クラスモデルによる敷地の津波評価結果

（発電所の防波壁等を考慮した基準津波による敷地の津波評価と同じ計算条件で実施した評価）

最大上昇水位(T.P. m)					水位低下時間	
敷地前面	1,2号取水槽	3号取水槽	4号取水槽	5号取水槽	3号取水塔	4号取水塔
21.1	4.6	7.1	7.9	9.9	6.6min	6.7min



・津波評価では、朔望平均潮位（満潮位T.P.+0.80m、干潮位T.P.-0.93m）を考慮。

基準津波の策定

(水位上昇側の選定)

■ 水位上昇側の評価地点毎に最大上昇水位が最も大きい波源を、基準津波の波源として選定する。水位上昇側の基準津波の選定結果は以下のとおり。

津波発生要因		波源	最大上昇水位(T.P. m)*1					備考
			敷地 前面	1,2号 取水槽	3号 取水槽	4号 取水槽	5号 取水槽	
地震	プレート間地震	南海トラフのプレート間地震	22.7	4.6	7.3	8.1	10.1	東海地域の大すべり域1箇所：東へ40km（基準断層モデル1-1） ライズタイム60s、破壊伝播速度 2.5km/s、破壊開始点 P4
			19.8	6.4	9.0	9.6	11.8	東海地域の大すべり域1箇所：東へ60km（基準断層モデル3-2） ライズタイム60s、破壊伝播速度 1.0km/s、破壊開始点 P6
	海洋プレート内地震	御前崎沖の想定沈み込む 海洋プレート内地震	6.1	2.3	3.5	3.5	3.7	断層位置：位置②・内陸側に20km・北西傾斜
			6.0	2.9	3.7	3.7	4.2	断層位置：位置②・内陸側に10km・南東傾斜
			4.9	2.6	3.8	3.8	4.0	断層位置：位置②・内陸側に20km・南東傾斜
	海域の活断層による 地殻内地震	御前崎海脚西部の断層帯の地震	4.3	2.2	3.0	3.1	2.9	傾斜角：70°(浅部)・45°(深部)、すべり角：90°、断層上端深さ：2.5km
A-5・A-18断層の地震		6.2	1.7	2.1	2.2	2.3	傾斜角：70°(浅部)・45°(深部)、すべり角：80°、断層上端深さ：0km	
地震以外	地すべり	s26地点の海底地すべり	6.3	1.7	2.1	2.1	2.3	Wattsの手法
	火山現象	御蔵島の山体崩壊	2.9	1.0	1.1	1.2	1.1	Fritz・Wattsの手法

津波発生要因	波源	最大上昇水位(T.P. m)* ¹					備考
		敷地 前面	1,2号 取水槽	3号 取水槽	4号 取水槽	5号 取水槽	
津波発生要因の組合せ	南海トラフのプレート間地震 +s26地点の海底地すべり	25.2	4.6	7.3	8.2	10.2	基準断層モデル1-1 + s26地点の海底地すべり(Wattsの手法) 発生時間差：177s →基準津波1
	南海トラフのプレート間地震 +s26-s29地点の海底地すべり	25.0	4.7	7.3	8.2	10.2	基準断層モデル1-1 + s26-s29地点の海底地すべり(Wattsの手法) 発生時間差：177s
	南海トラフのプレート間地震 +s26-s29地点の海底地すべり	25.1	4.7	7.3	8.2	10.2	基準断層モデル1-1 + s26-s29地点の海底地すべり(二層流の手法) 発生時間差：63s
	南海トラフのプレート間地震 +遠州断層系の地震	20.0	6.6	9.2	9.9	12.0	基準断層モデル3-2 + 遠州断層系の地震 発生時間差：3s →基準津波2a
	南海トラフのプレート間地震 +御前崎海脚西部の断層帯の地震	21.6	6.4	8.5	8.9	10.7	基準断層モデル3-2 + 御前崎海脚西部の断層帯の地震 発生時間差：228s
		20.1	5.5	8.3	9.2	11.5	基準断層モデル3-2 + 御前崎海脚西部の断層帯の地震 発生時間差：12s
	南海トラフのプレート間地震 +s26地点の海底地すべり	19.5	6.5	9.1	9.9	12.0	基準断層モデル3-2 + s26地点の海底地すべり(二層流の手法) 発生時間差：30s →基準津波2b
	南海トラフのプレート間地震 +s26-s29地点の海底地すべり	20.6	6.5	9.1	9.8	12.0	基準断層モデル3-2 + s26-s29地点の海底地すべり(二層流の手法) 発生時間差：189s →基準津波2c
	南海トラフのプレート間地震 +s21-s25地点の海底地すべり	18.8	6.4	9.0	9.7	11.8	基準断層モデル3-2 + s21-s25地点の海底地すべり(二層流の手法) 発生時間差：99s

・地震および地震以外の津波発生要因については、津波発生要因毎に最も影響が大きい波源を掲載。

・津波発生要因の組合せについては、検討した波源を全て掲載。

赤字：評価地点毎の最大値

■：基準津波として選定した波源

・朔望平均満潮位T.P. + 0.80mを考慮

*1 防波壁および1・2号取水槽周りに高さ無限大の壁を設定して解析を実施。

なお、防波壁、1・2号取水槽に関しては、基準津波の確定後、必要な対応を実施予定。

基準津波の策定

(水位下降側の選定)

- 水位下降側の評価地点毎に水位低下時間が最も大きい波源を、基準津波の波源として選定する。水位下降側の基準津波の選定結果は以下のとおり。

津波発生要因		波源	最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)		備考
			3号取水塔	4号取水塔	
地震	プレート間地震	南海トラフのプレート間地震	海底面(13.6min)	海底面(13.5min)	東海地域の大すべり域2箇所：東へ30km・距離120km (基準断層モデル2-3) ライズタイム90s、破壊伝播速度 1.0km/s、破壊開始点P1
	海洋プレート内地震	御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震	-7.0(0.9min)	-7.0(0.9min)	断層位置：位置②・内陸側に20km・北西傾斜
	海域の活断層による地殻内地震	御前崎海脚西部の断層帯の地震	-6.1(0.6min)	-6.0(0.5min)	傾斜角：70°(浅部)・45°(深部)、すべり角：90°、断層上端深さ：0km
地震以外	地すべり	s26地点の海底地すべり	-3.4(なし)	-3.1(なし)	Wattsの手法
	火山現象	御蔵島の山体崩壊	-1.6(なし)	-1.6(なし)	Fritz・Wattsの手法

津波発生要因		波源	最大下降水位(T.P. m) (水位低下時間)		備考
			3号取水塔	4号取水塔	
津波発生要因の組合せ		南海トラフのプレート間地震 + 御前崎海脚西部の断層帯の地震	海底面(14.0min)	海底面(14.0min)	基準断層モデル2-3 + 御前崎海脚西部の断層帯の地震 発生時間差：3s →基準津波3

- ・地震および地震以外の津波発生要因については、津波発生要因毎に最も影響が大きい波源を掲載。
- ・津波発生要因の組合せについては、検討した波源を全て掲載。

赤字：評価地点毎の最大値

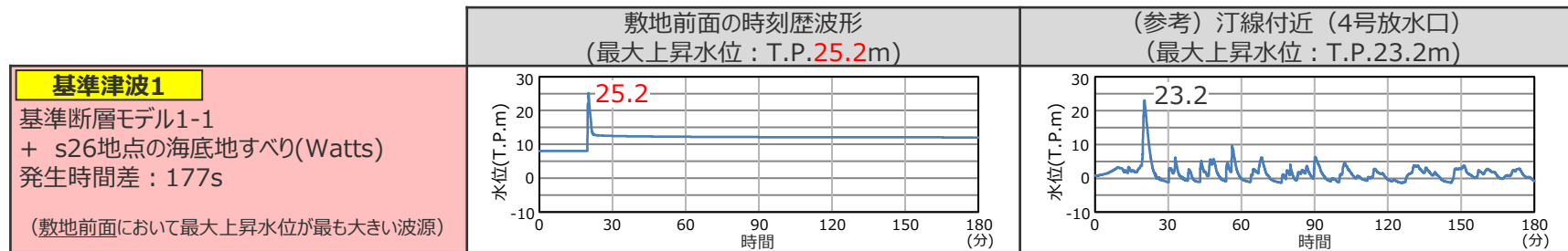
青：基準津波として選定した波源

- ・朔望平均干潮位T.P. - 0.93mを考慮
- ・水位低下時間：取水塔地点の水位が取水塔呑口下端レベル(T.P. -6m)を下回り取水塔から取水できない時間
(なし：水位低下時間が発生していないことを示す。)
- ・海底面：最大下降水位が約T.P. -10mの海底面付近（水深1m未満）となっていることを示す。

基準津波の策定

（基準津波1の敷地前面の津波波形）

■ 基準津波1の敷地前面の津波波形は以下のとおり。

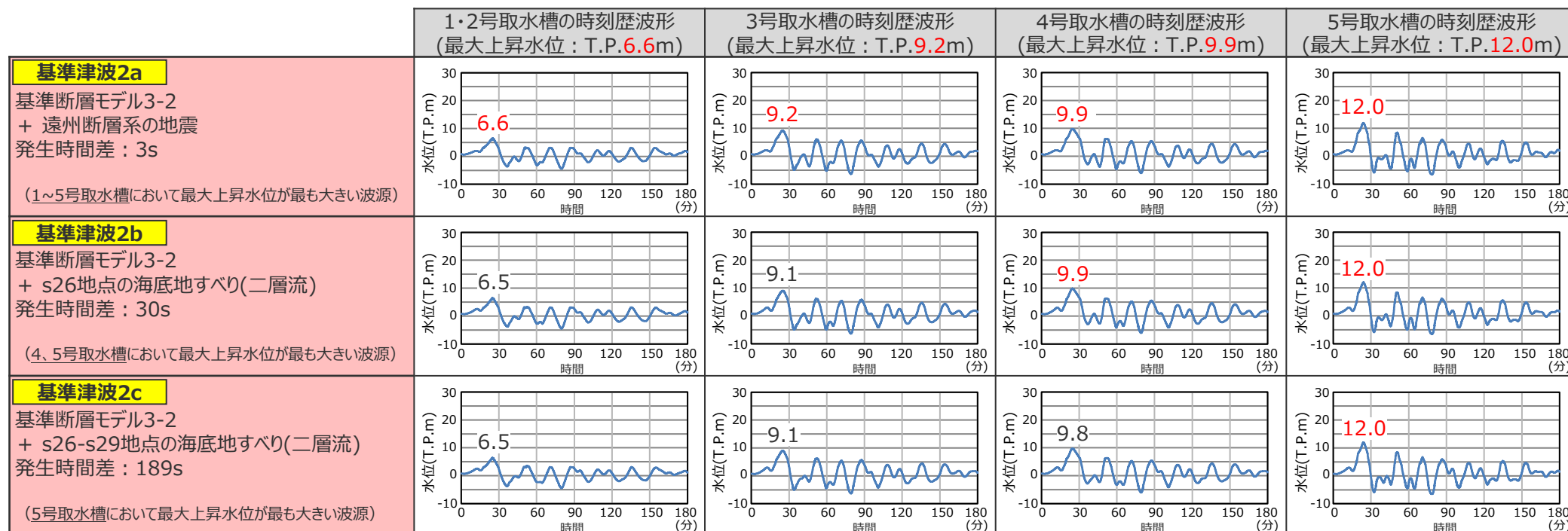


赤字：評価地点毎の最大値

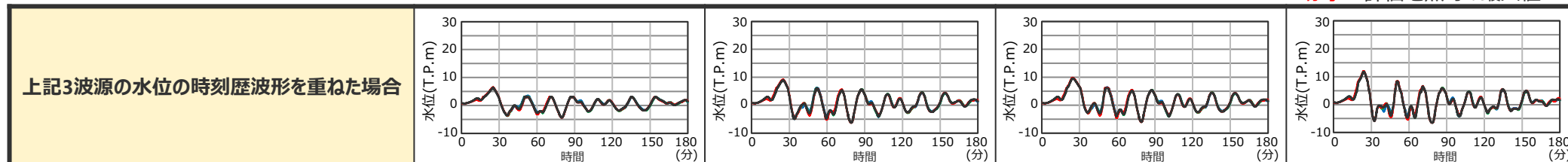
基準津波の策定

(基準津波2a~2cの取水槽の津波波形)

- 基準津波2a~2cの取水槽の津波波形は以下のとおり。
- 取水槽における津波波形は、いずれの波源も、プレート間地震（基準断層モデル3-2）による影響が支配的で、その他の津波発生要因の影響は非常に小さく、ほとんど差異がない。



赤字：評価地点毎の最大値



- ：基準断層モデル3-2+遠州断層系の地震
- ：基準断層モデル3-2+s26地点の海底地すべり(二層流)
- ：基準断層モデル3-2+s26-s29地点の海底地すべり(二層流)
- ：(参考) 基準断層モデル3-2単独

基準津波の策定

(基準津波3の取水塔の津波波形)

■ 基準津波3の取水塔の津波波形は以下のとおり。

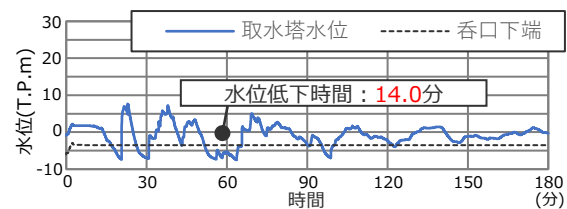
基準津波3

基準断層モデル2-3

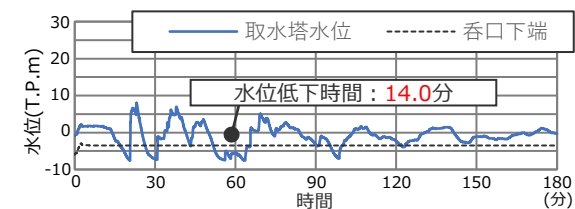
+ 御前崎海脚西部の断層帯の地震

(3、4号取水塔において水位低下時間が最も大きい波源)

3号取水塔の時刻歴波形



4号取水塔の時刻歴波形



赤字: 評価地点毎の最大値

補足 ⑥基準津波と歴史記録及び津波堆積物に関する調査結果との比較

歴史記録及び津波堆積物との比較

(歴史津波に関する現地調査)

- 歴史記録に関する調査は、敷地が位置する遠州灘沿岸域を対象として、伝承を含む歴史記録に基づく津波痕跡について、できるだけ過去にさかのぼって文献調査*1を実施した。
- その結果、遠州灘沿岸域では、南海トラフのプレート間地震が他の津波発生要因よりも大きな影響を及ぼしていることを確認した。また、遠州灘沿岸域における最大の津波痕跡高は概ね5～10mであることを確認した。
- 歴史記録に基づく津波痕跡高を津波高と考えて、歴史記録から推定される遠州灘沿岸域における最大の津波高を概ね5～10mと評価した。

*1国内外の津波痕跡に関する主な科学技術系論文データベース等を対象として、各地域の地名と「津波」、「痕跡」等の関連キーワードを組合せて検索し、遠州灘沿岸域の津波痕跡高が整理されている文献を抽出・確認。
 ・科学技術系論文データベース等：津波痕跡データベース、地震調査委員会等のHP、J-STAGE、CiNii、KAKEN、JAIRO、Google scholar、当社歴史地震調査

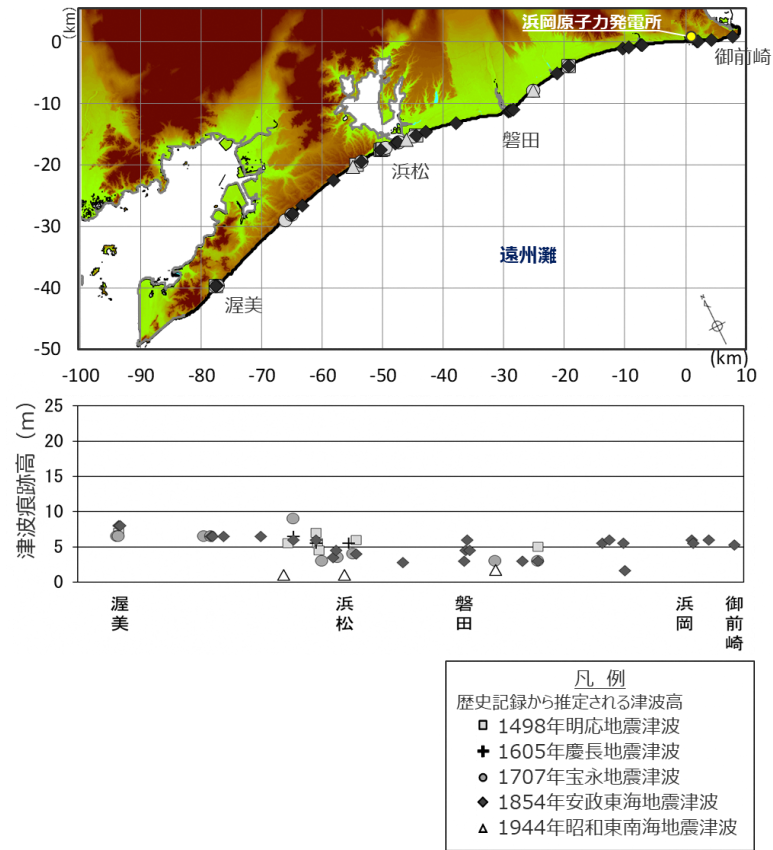
各津波発生要因による敷地周辺の主な既往津波

津波発生要因	名称	Mj	Mw	敷地周辺の津波高
プレート間地震	南海トラフ	1944年昭和東南海地震	7.9	8.1-8.2
		1854年安政東海地震	8.4	—
		1707年宝永地震	8.6	—
		1605年慶長地震	7.9	—
		1498年明応地震	8.2-8.4	—
	南海トラフ			5～10m程度 (遠州灘沿岸域)
	南西諸島海溝	敷地周辺に影響を及ぼした津波は確認されていない。		—
	伊豆・小笠原海溝	1972年八丈島東方沖地震	7.2	—
	日本海溝	2011年東北地方太平洋沖地震	9.0	9.0
	遠地津波	1952年カムチャツカ地震	—	9.0
		1960年チリ地震	—	9.5
		1964年アラスカ地震	—	9.2
		1996年ニューギニア島沖地震	—	8.1
		2010年チリ地震	—	8.8
	遠地津波			0.3～1.9*2m (遠州灘沿岸域)
海洋プレート内地震*3	2004年紀伊半島南東沖の地震	7.4	7.5	0.5m (御前崎市)
海域の活断層による地殻内地震	敷地周辺に影響を及ぼした津波は確認されていない。			—
地すべり	2009年駿河湾の海底地すべり			0.36m (御前崎市)
火山現象	2022年トングの火山噴火			(0.7m (御前崎市))*4

*2 文献には最大全振幅が記載されているため、最大全振幅の1/2を津波高と仮定した。

*3 なお、2010年小笠原諸島父島近海の海洋プレート内地震（太平洋プレート内の地震、Mw7.3）について、敷地周辺の御前崎市では津波は観測されていない。（気象庁（2010））

*4 本事象に伴う潮位変化は、大気中を伝播する波による影響が支配的であったと考えられており(防災科学技術研究所（2022）、気象庁（2022）)、基準津波の策定において評価している海面を伝播する津波とはやや異なることから、括弧書きで表記した。



遠州灘沿岸域における南海トラフのプレート間地震の津波痕跡高

歴史記録及び津波堆積物との比較

(津波堆積物に関する文献調査)

- 敷地が位置する遠州灘沿岸域を対象として、歴史記録よりも古い約6000年前の地層に津波堆積物の可能性のあるイベント堆積物が確認されているというサイト条件を踏まえ、完新世及び完新世より前の津波堆積物に関する文献調査*1を実施した。その結果、津波堆積物の遠州灘沿岸域における最大の標高は概ね0～5mであることを確認した。
- また、Fujiwara et al.(2022)では、既往調査の結果を踏まえて、駿河湾から遠州灘にかけて報告されている過去6000年間の津波堆積物の発生形態について、「歴史的な津波の規模をはるかに超える巨大津波は発生していないことを示唆する結果が得られている」としており、遠州灘沿岸域では、歴史記録を大きく超える巨大な津波を示す津波堆積物は確認されない。
- なお、完新世より前においては、更新世の津波堆積物が確認されているが、その堆積箇所の標高について、いずれも堆積当時は海底であったと考えられることを確認した。

完新世の津波堆積物に関する調査

- 内閣府(2012)が確認した津波堆積物調査地点
- ◇ 内閣府(2012)が確認した地殻変動調査地点*2
- 他機関によるその他の津波堆積物調査地点
- 当社の津波堆積物調査地点

(右図のプロットと下表の色が対応している。)



*1 国内外の津波堆積物に関する主な科学技術系論文データベース等を対象として、各地域の地名と「津波」、「堆積物」等の関連キーワードを組合せて検索し、遠州灘沿岸域の津波堆積物が整理されている文献を抽出・確認。
・科学技術系論文データベース等：津波堆積物データベース、地震調査委員会等のHP、J-STAGE、CiNii、KAKEN、JAIRO、ScienceDirect、SpringerLink、AGU Publications、Google scholar

完新世より前の津波堆積物に関する調査

☆ 津波堆積物調査地点
(左図のプロットと下表の色が対応している。)

No.	箇所名	文献	調査内容 (地点数)	堆積物の 最大標高 (層厚)	堆積物の年代
12	白須賀	熊谷(1999)	トレンチ、 ボーリング(4)	4.3m (数10cm)	1707, 1605(推定), 1498(推定)年の3層
		高田ほか(2002)	トレンチ、 ジオスライサー	4.5m (約10cm)	1707, 1605年～ AD1040～1260で8層
		内閣府(2012)、小松原ほか(2006,2009) Komatsubara et al. (2008)	ジオスライサー(12)	3.3m (約10cm)	1854, 1707, 1605, 1498, 1361(推定)年の5層
76	新居	Fujiwara et al. (2013)	ボーリング等(14)	0.8m (約10cm)	18～19世紀, 890～1000 年以降の2層
		熊谷(1999)	トレンチ	1.8m (約30cm)	1707年の1層
77	浜名湖 湖口付近	西仲ほか(1996)	掘削	2.0m (記述なし)	1854 or 1707年(推定)の1 層
		都司ほか(1998)	ピストンコアリング (6)	湖底 (約15cm)	1096年(推定)を含む 複数層
13	浜名湖 湖底北側	内閣府(2012)、岡村ほか(2000,2009)	ピストンコアリング (3以上)	湖底 (1～3cm)	1707, 1498年の2層
78	六間川低地	藤原ほか(2013)、藤原(2013)、 Sato(2013)	ボーリング(32)	-0.2m (約15cm)	約3300～3400年前の1層
79	浜松平野	佐藤ほか(2016)	ボーリング(7)	津波は到達して いないとされる	—
		産総研(藤原・佐藤(2012)、藤原(2013) 藤原・澤井(2014))、藤原ほか(2023)	ジオスライサー(16)、 ボーリング(56)	2.0m (数mm～25cm)	1498年, 9世紀頃～3900 年前頃で複数層

・遠州灘沿岸域の津波堆積物調査地点は、国内外の主な科学技術系論文データベース等を対象として文献を調査し、その調査地点数、位置、堆積物の最大標高は、文献もしくは産総研津波堆積物DBから読み取った。

・大須賀については、文献及び産総研津波堆積物DBから調査地点数と位置を読み取れなかったことから、調査範囲を破線で記載した。

・層厚は、最大標高に位置する堆積物の層厚を記載した。

*2 内閣府(2012)の地殻変動調査地点であるが、ボーリング調査による検討において津波堆積物は報告されていない。

*3 完新世より前の堆積物は堆積当時の環境が現在とは大きく異なることから、堆積当時の環境を記載した。

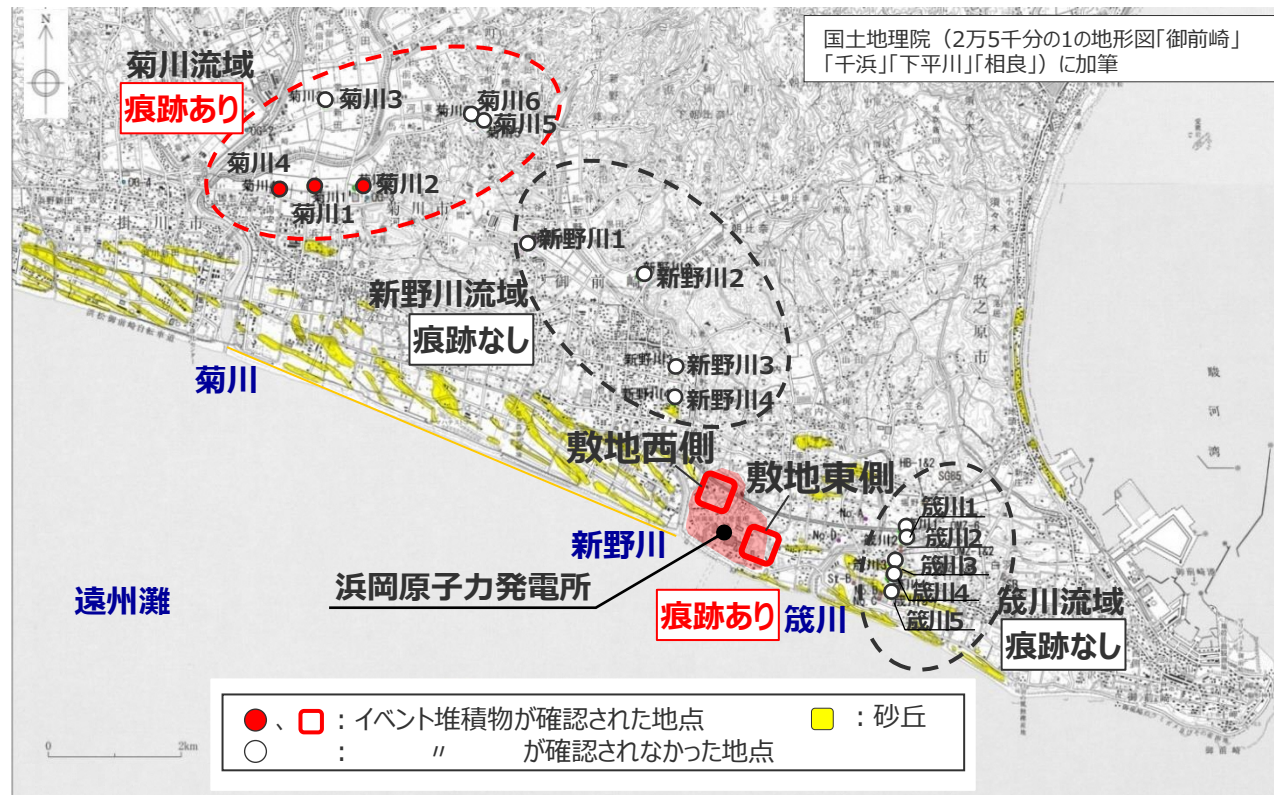
No.	箇所名	文献	調査内容 (地点数)	堆積物の 最大標高 (層厚)	堆積物の年代
80	御殿・ 二ノ宮遺跡	藤原ほか(2008)	ボーリング(12) トレンチ	1.4m (約30cm)	1100年頃 を含む2層
81	太田川低地	産総研(穴倉ほか(2012)、 Fujiwara et al. (2020)、藤原・澤井 (2014)、藤原ほか(2012, 2015)、)	トレンチ、 ボーリング等(65)	1.2m (約10cm)	1498, 1096, 887, 684(推定) 年の4層
		廣内ほか(2014)	ハンドコアラ、 ジオスライサー(5)	-0.7m (約10cm)	(年代データなし)
14	横須賀湊跡	内閣府(2012)、藤原ほか(2007,2009)、 藤原(2008)	ジオスライサー、 ハンドコアラ(80)	1.3m (約10cm)	1707(推定)、 1498(推定)年 の2層
82	大須賀	内田(2002)	ボーリング(複数)	歴史記録を超える イベントは確認 されないとされる	—
83	菊川周辺	松多ほか(2016)	ボーリング(18)	津波堆積物 報告なし	—
84	新野川周辺	当社調査(2013年実施))	ボーリング(6)	次頁以降参照	
85	敷地周辺	当社調査(2013年実施))	ボーリング(4)		
		当社調査(2013, 2022年実施))	ボーリング(24)		
		当社調査(2013年実施))	ボーリング(5)		
15	箆川周辺	内閣府(2012)、Fujiwara et al. (2010)	ボーリング(7)	津波堆積物 報告なし*2	—
三方が原台地		星・亀井(2003)	ボーリング(9)	海底*3 (約15cm)	更新世
牧ノ原台地		Takashimizu and Masuda(2000)	露頭	海底*3 (約200cm)	更新世

太字：箇所ごとの堆積物の最大標高（標高が0m以上のもので文献から数値が確認できるもの）

歴史記録及び津波堆積物との比較

(津波堆積物に関する現地調査)

- 敷地及び敷地周辺を対象として、完新世の津波堆積物が保存されやすい箇所を選定しボーリング調査を行い、コア観察（堆積学的分析）に基づき、イベント堆積物（高潮・洪水・土石流等の津波以外の要因も考えられるが、津波起因である可能性も示唆される堆積物）を認定した。イベント堆積物の認定にあたっては、まず「通常層」と異なる色調・粒径の地層や異質物の混入に着目して、「異常層」を抽出し、次に、その地層について津波堆積物の特徴が見られる(1)供給源、(2)層相、(3)平面的な分布に着目して、主にコア観察によってイベント堆積物を認定した。
- また、イベント堆積物の堆積年代を年代学的分析（放射性炭素年代測定）により評価した。
- 調査の結果、イベント堆積物は新野川流域及び箆川流域では確認されず、敷地及び菊川流域において確認された。
- 認定されたイベント堆積物を保守的にすべて津波堆積物とみなし、敷地では堆積当時の標高約0~8mに約6千年前の堆積物（厚さ0.3~3m）を、菊川流域では堆積当時の標高約1~4m未満に約2千年前以降及び約3千年前以前の堆積物（厚さ0.4~1m）を評価した。



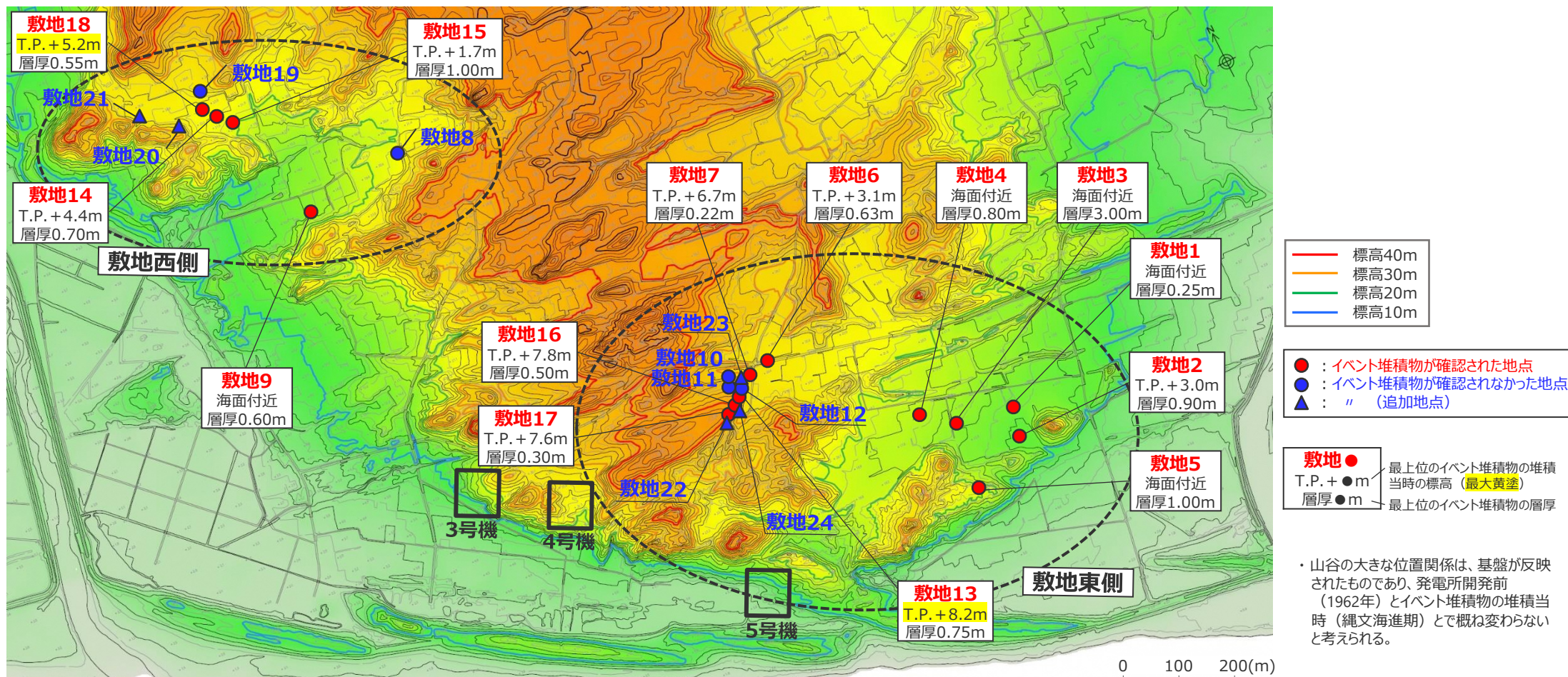
敷地周辺の津波堆積物調査結果

	津波堆積物			
	有無	堆積当時の標高	層厚	年代
菊川流域	有	約1~4m未満	約0.4~1m	約2千年前以降及び約3千年前以前
新野川流域	無	—	—	—
箆川流域	無	—	—	—
敷地西側・東側	有	約0~8m	約0.3~3m	約6千年前

歴史記録及び津波堆積物との比較

(敷地の調査結果：平面分布)

- 敷地西側及び東側において確認したイベント堆積物の分布を下図に示す。
- これらのイベント堆積物をもたらした津波は、下図の青矢印のように海から陸に向かって谷に沿って浸入したと推定される。
- 約6000年前と推定されるイベント堆積物の堆積当時の最大標高は、敷地西側では敷地18の5.2m、敷地東側では敷地13の8.2mと評価した。



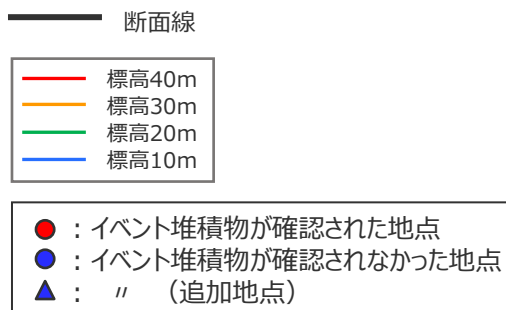
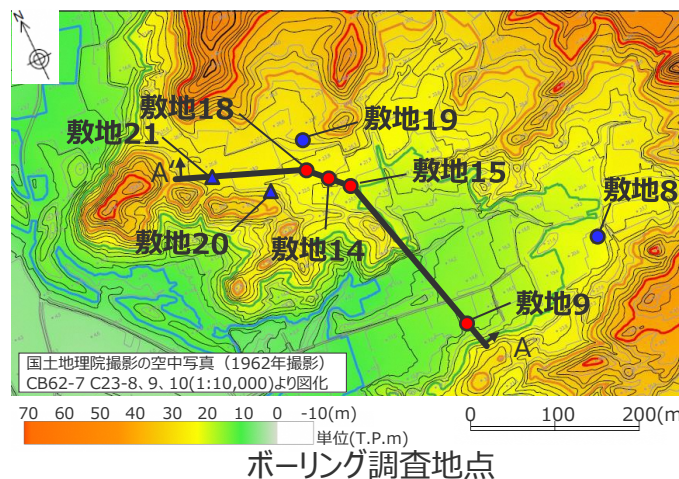
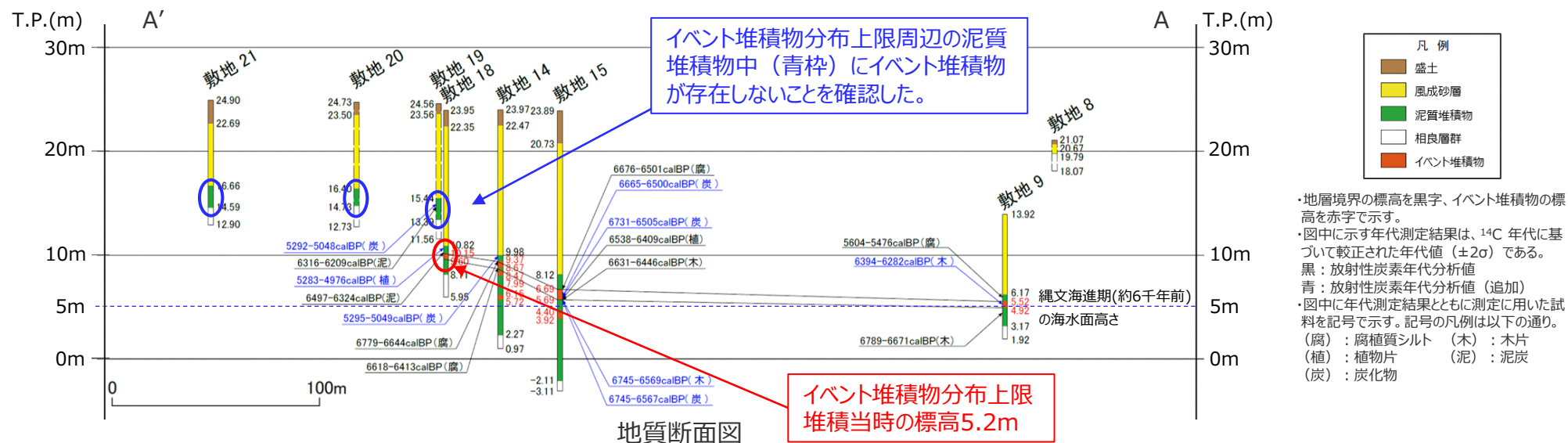
国土地理院撮影の空中写真 (1962年撮影) CB62-7 C23-8、9、10 (1:10,000) より図化した地形図をもとに着色した。

敷地のボーリング調査結果 (発電所開発前の地形図に投影)

歴史記録及び津波堆積物との比較

(敷地の調査結果(敷地西側))

- 敷地西側には、下位から相良層群、泥質堆積物、風成砂が重なる。
- 敷地西側のイベント堆積物は、敷地9、15、14、18の現標高約4～10mにかけて分布する。これらのイベント堆積物をもたらした津波は、海側の敷地9から陸側の敷地18に向かって谷に沿って浸入したと推定される。
- 敷地西側においてイベント堆積物を確認した地点より上流側等の敷地20,21で実施した追加ボーリング調査の結果、他孔で確認されているイベント堆積物と同程度以上の標高に泥質堆積物が分布することを確認し、さらに、その泥質堆積物中にイベント堆積物が認められないことを確認した。
- 各ボーリングコアの最上位のイベント堆積物は、その上部および下部の放射性炭素年代測定(^{14}C)より、約6千年前の堆積物であると推定。
- 敷地周辺の縄文海進期の海面高度を現標高で5m程度であることから、敷地西側におけるイベント堆積物の堆積当時の最大標高を5.2mと評価。

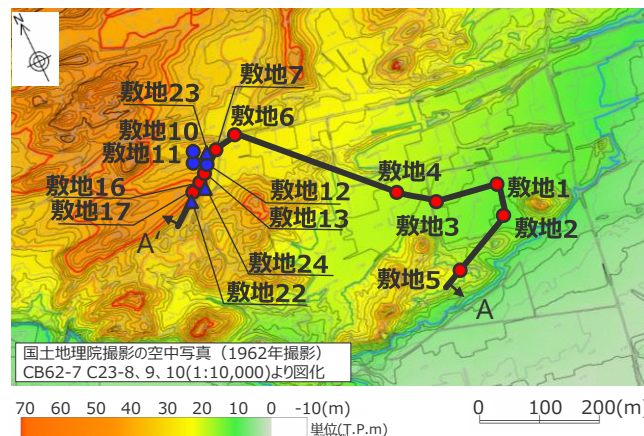
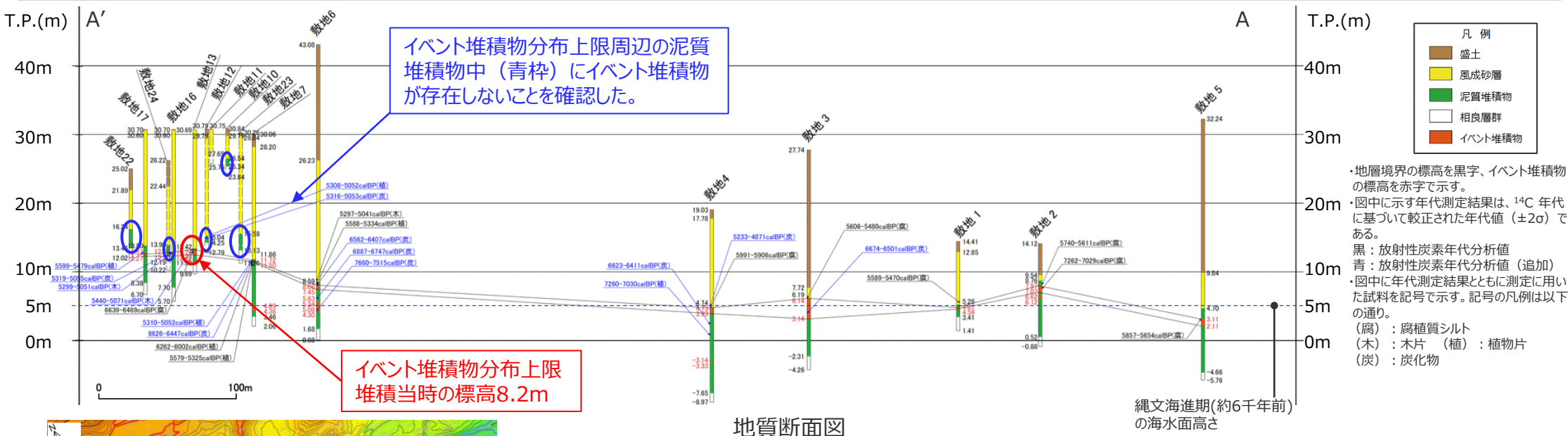


・山谷の大きな位置関係は、基盤が反映されたものであり、発電所開発前（1962年）とイベント堆積物の堆積当時（縄文海進期）とで概ね変わらないと考えられる。

歴史記録及び津波堆積物との比較

(敷地の調査結果(敷地東側))

- 敷地東側には、下位から相良層群、泥質堆積物、風成砂が重なる。
- 敷地東側のイベント堆積物は、敷地1～7、13、16、17の現標高約-3～13mにかけて分布する。これらのイベント堆積物をもたらした津波は、海側の敷地3などから陸側の敷地17に向かって谷に沿って浸入したと推定される。
- 敷地東側においてイベント堆積物を確認した地点より上流側等の敷地22～24で実施した追加ボーリング調査の結果、他孔で確認されているイベント堆積物と同程度以上の標高に泥質堆積物が分布することを確認し、さらに、その泥質堆積物中にイベント堆積物が認められないことを確認した。
- 各ボーリングコアの最上位のイベント堆積物は、その上部および下部の放射性炭素年代測定(^{14}C)より、約6千年前の堆積物であると推定。
- 敷地周辺の縄文海進期の海面高度を現標高で5m程度であることから、敷地西側におけるイベント堆積物の堆積当時の最大標高を8.2mと評価。



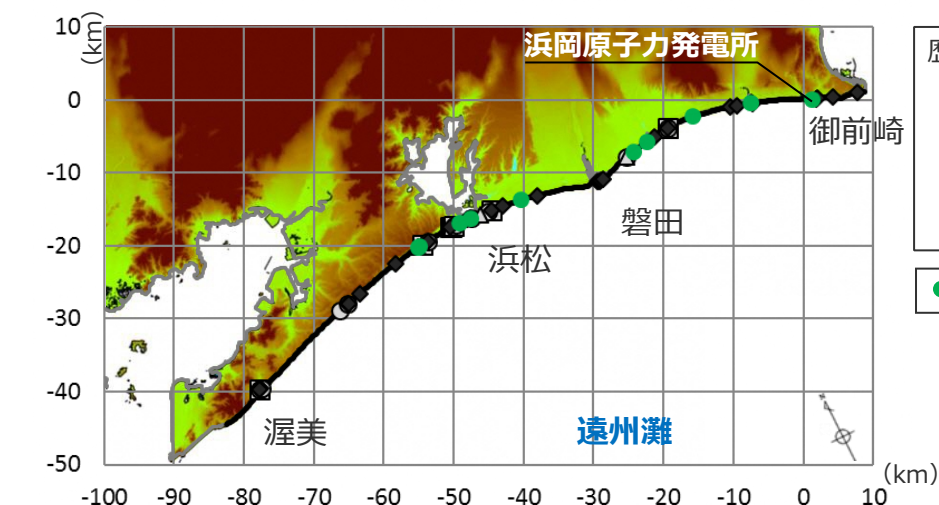
ボーリング調査地点

- ・山谷の大きな位置関係は、基盤が反映されたものであり、発電所開発前(1962年)とイベント堆積物の堆積当時(縄文海進期)とで概ね変わらないと考えられる。

歴史記録及び津波堆積物との比較

(比較結果)

- 基準津波と、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高との比較を行う。ここで、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高は、海岸線から陸域を遡上する津波の指標であるため、敷地前面に影響の大きい基準津波1を比較対象とする。
- 基準津波による海岸線の津波高と、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高との比較結果は以下のとおり。
- 基準津波による海岸線の津波高は、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高を、遠州灘沿岸域の全域において上回るとともに、特に敷地周辺において大きく上回ることを確認した。



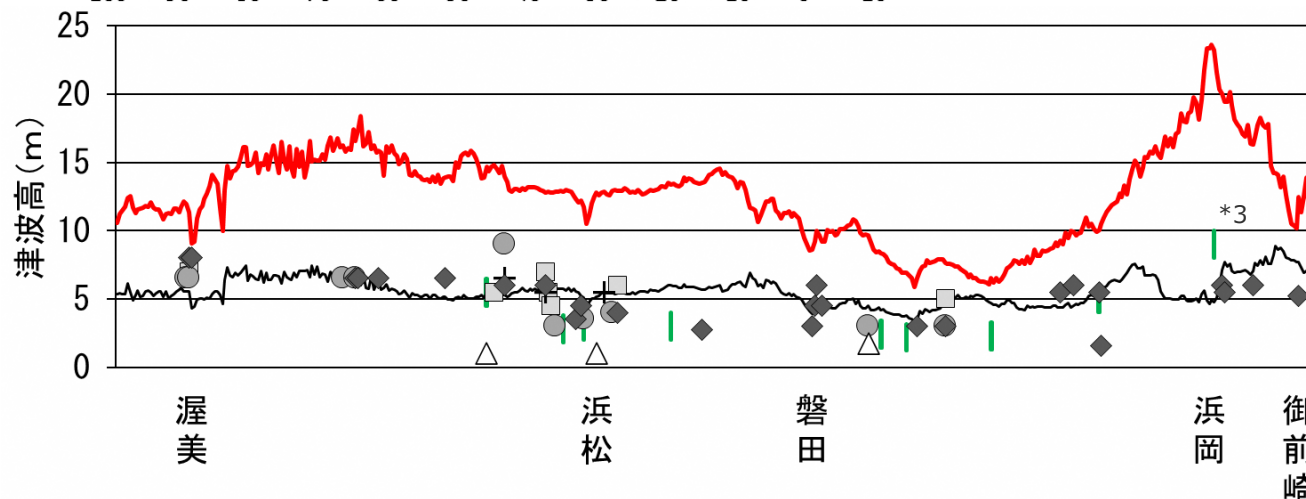
歴史記録に基づく津波痕跡が確認された箇所

- 明応
- + 慶長
- 宝永
- ◆ 安政東海
- △ 昭和東南海

● 津波堆積物が確認された箇所*1

*1 箇所ごとの堆積物の最大標高が0m以上のもの。

- 基準津波(基準津波1)による津波高
- (参考)遠州灘沿岸域の5地震の痕跡再現モデル*2による津波高
- *2 プレート間地震の津波評価において、敷地周辺への津波影響を特に考慮したMw9クラスの波源モデルを設定するに当たり、その基となるモデルとして検討した既往5地震の津波痕跡再現モデル(Mw8クラス)



歴史記録から推定される津波高

- 明応
- + 慶長
- 宝永
- ◆ 安政東海
- △ 昭和東南海

津波堆積物から推定される津波高
(津波堆積物の最大標高+0~2mの範囲)

*3 敷地において津波堆積物と評価したイベント堆積物について、堆積当時の地形が、現在と異なり、海から近く津波が集まりやすい谷地形であったことが、堆積物の分布標高等に影響を与えうる要因と考えられる。

基準津波1による海岸線の津波高と、歴史記録及び津波堆積物から推定される津波高との比較

補足 ⑦基準津波と内閣府の最大クラスモデルとの比較

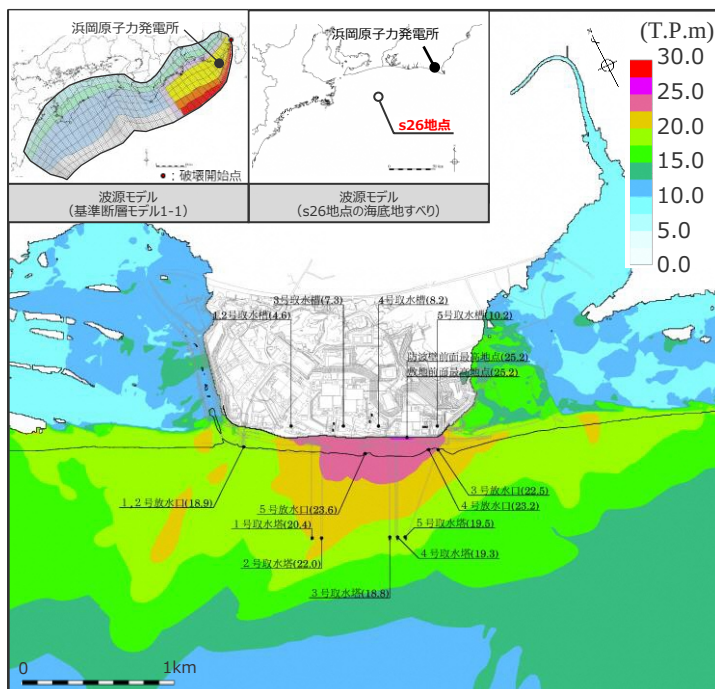
＜⑦基準津波と内閣府の最大クラスモデルとの比較＞

内閣府の最大クラスモデルの津波との比較

- 基準津波による津波評価について、行政機関による津波評価結果との比較を行う。比較の結果から、基準津波による津波評価は、南海トラフにおいて想定し得る最大規模の津波を想定した内閣府の最大クラスモデルによる津波評価など行政機関による津波評価を上回ることを確認した。

基準津波による敷地の津波評価結果

水位上昇側	最大上昇水位(T.P. m)				
	敷地前面	1,2号取水槽	3号取水槽	4号取水槽	5号取水槽
	25.2	6.6	9.2	9.9	12.0
水位下降側	水位低下時間				
	3号取水塔		4号取水塔		
	14.0min		14.0min		

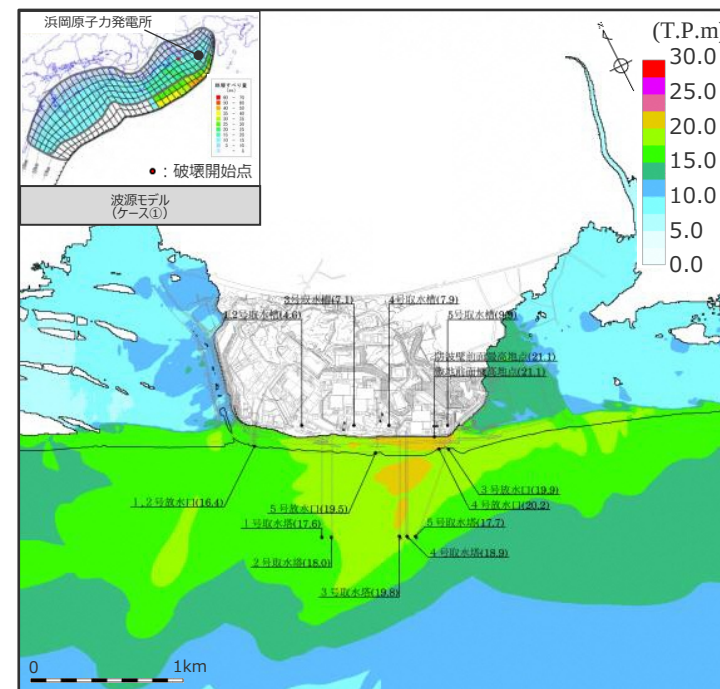


最大上昇水位分布
(基準津波1(敷地前面への影響が最も大きい波源)の例)

内閣府の最大クラスモデルによる敷地の津波評価結果

(発電所の防波壁等を考慮した基準津波による敷地の津波評価と同じ計算条件で実施した評価)

水位上昇側	最大上昇水位(T.P. m)				
	敷地前面	1,2号取水槽	3号取水槽	4号取水槽	5号取水槽
	21.1	4.6	7.1	7.9	9.9
水位下降側	水位低下時間				
	3号取水塔		4号取水塔		
	6.6min		6.7min		



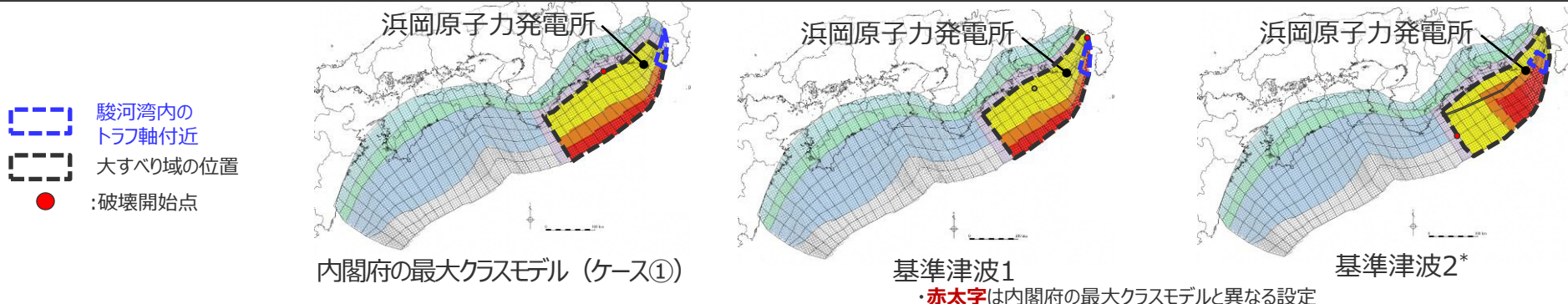
最大上昇水位分布
(内閣府の最大クラスモデル(ケース①)の例)

- ・津波評価では、朔望平均潮位(満潮位T.P. + 0.80m、干潮位T.P. - 0.93m)を考慮。
- ・防波壁および1・2号取水槽周りに高さ無限大の壁を設定して解析を実施。なお、防波壁、1・2号取水槽に関しては、基準津波の確定後、必要な対応を実施予定。

内閣府の最大クラスモデルとのパラメータ比較

(水位上昇側)

- 内閣府の最大クラスモデルと、基準津波1、基準津波2(2a~2c)とのパラメータ設定の比較結果は以下のとおり。
- 水位上昇側において敷地への影響の大きい内閣府の最大クラスモデル（ケース①）に対して、基準津波1、2は、超大すべり域の深さを考慮していること、駿河湾内に超大すべり域のすべり量を設定していること、超大すべり域・大すべり域を移動させていること、動的パラメータのパラメータスタディを実施していること、海底地すべりや海域の活断層による地殻内地震との組合せを考慮していることにより、敷地への影響の観点から、より幅広く不確かさを考慮したモデルとなっていることを確認した。



項目		内閣府の最大クラスモデル(ケース①)	基準津波1 (敷地前面に影響の大きい波源)	基準津波2 (1~5号取水槽に影響の大きい波源)
プレート間地震	超大すべり域の深さ	浅部断層の領域	浅部断層の領域	海溝軸~津波断層域の概ね1/3の深さの領域
	駿河湾内のすべり量の設定	超大すべり域のすべり量を設定しない	超大すべり域のすべり量を設定する	超大すべり域のすべり量を設定する
	超大すべり域・大すべり域の位置	基準位置 (駿河湾~紀伊半島沖)	東へ40km移動¹⁾ (東西100km程度の範囲で10kmずつ移動させたうちの最大ケース)	東へ60km移動 (東西160km程度の範囲で10kmずつ移動させたうちの最大ケース)
	動的パラメータ	ライズタイム	60s (60~300sのうち最大ケース)	60s (60~300sのうち最大ケース)
		破壊伝播速度	2.5km/s (0.7~2.5km/sのうち最大ケース)	1.0km/s (0.7~2.5km/sのうち最大ケース)
		破壊開始点	大すべり域の上端東側 (大すべり域の周囲6箇所のうち最大ケース)	大すべり域の上端西側 (大すべり域の周囲6箇所のうち最大ケース)
プレート間地震との組合せを考慮する津波発生要因		—	s26地点の海底地すべり (津波発生要因の組合せの最大ケース)	遠州断層系の地震* (津波発生要因の組合せの最大ケース)
敷地前面津波高(T.P.+m)		21.1	25.2	20.0*
4号取水槽津波高(T.P.+m)		7.9	8.2	9.9*

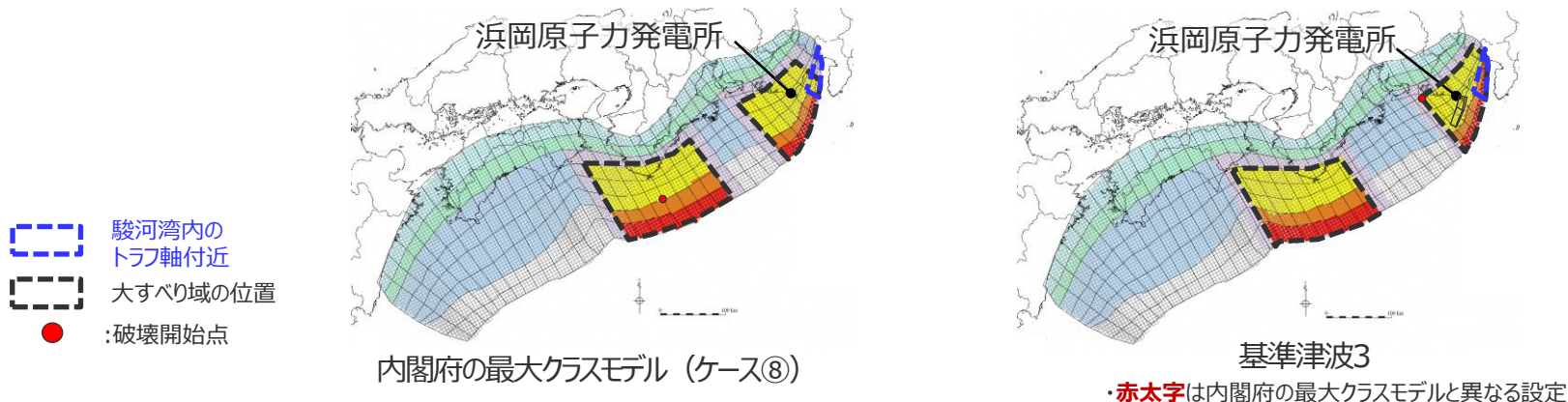
■ :4倍すべり域 ■ :3倍すべり域 ■ :2倍すべり域 ■ :遷移領域 ■ :背景領域 ■ :深い背景領域 ■ :最も深い背景領域 ■ :浅い背景領域(すべり量が0(ゼロ)の領域) 1)超大すべり域、大すべり域が波源モデルの東端に達しているケース

*ここでは、取水槽への影響の大きい基準津波2a~2cのうち、1~5号取水槽への影響が最も大きい基準津波2aのものを示す。なお、基準津波2a~2cはプレート間地震との組合せを考慮する津波発生要因のみが異なる。

内閣府の最大クラスモデルとのパラメータ比較

(水位下昇側)

- 内閣府の最大クラスモデルと、基準津波3とのパラメータ設定の比較結果は以下のとおり。
- 水位下降側において敷地への影響の大きい内閣府の最大クラスモデル（ケース⑧）に対して、基準津波3は、駿河湾内に超大すべり域のすべり量を設定していること、超大すべり域・大すべり域を移動させていること、動的パラメータのパラメータスタディを実施していること、海域の活断層による地殻内地震との組合せを考慮していることにより、敷地への影響の観点から、より幅広く不確かさを考慮したモデルとなっていることを確認した。



項目			内閣府の最大クラスモデル(ケース⑧)	基準津波3 (3、4号取水塔に影響の大きい波源)
プレート間地震	超大すべり域の深さ		浅部断層の領域	浅部断層の領域 (複数の超大すべり域の深さのうち最大ケース)
	駿河湾内のすべり量の設定		超大すべり域のすべり量を設定しない	超大すべり域のすべり量を設定する
	超大すべり域・大すべり域の位置		基準位置、大すべり域間の距離60km (「駿河湾～愛知県東部沖」、「三重県南部沖～徳島県沖」)	東へ30km移動、大すべり域間の距離120km (東西100km程度の範囲で独立に10kmずつ移動させたうちの最大ケース)
	動的パラメータ	ライズタイム	60s	90s (60～300sのうち最大ケース)
		破壊伝播速度	2.5km/s	1.0km/s (0.7～2.5km/sのうち最大ケース)
破壊開始点		大すべり域の上端中央 (昭和東南海地震、昭和南海地震の破壊開始点の位置を参考に設定)	大すべり域の下端西側 (大すべり域の周囲6箇所のうち最大ケース)	
プレート間地震との組合せを考慮する津波発生要因			—	御前崎海脚西部の断層帯の地震 (津波発生要因の組合せの最大ケース)
4号取水塔水位低下時間			6.7min	14.0min

■ :4倍すべり域 ■ :3倍すべり域 ■ :2倍すべり域 ■ :遷移領域 ■ :背景領域 ■ :深い背景領域 ■ :最も深い背景領域 ■ :浅い背景領域(すべり量が0(ゼロ)の領域)

