

新規制基準適合性審査申請 自然現象等

<(2)津波：基準津波>

(No.51関連)

データ集

平成29年6月8日
東北電力株式会社



目 次

【基準津波の策定関係】

- ① 津波シミュレーションの計算条件
- ② 遠地津波について
- ③ 基準断層モデルの設定について
- ④ 3.11地震津波の広域の再現性について
- ⑤ 防波堤の有無による影響について

【砂移動評価関係】

- ⑥ 砂移動評価のフロー
- ⑦ 海底地形変化の計算結果

【基準津波の年超過確率関係】

- ⑧ 検討対象領域
- ⑨ ロジックツリー
- ⑩ 3.11型の地震が年超過確率に与える影響について
- ⑪ 津波ハザード曲線の比較

【その他】

- ⑫ 適合性審査の経過
- ⑬ 申請時からの変更点

参考文献

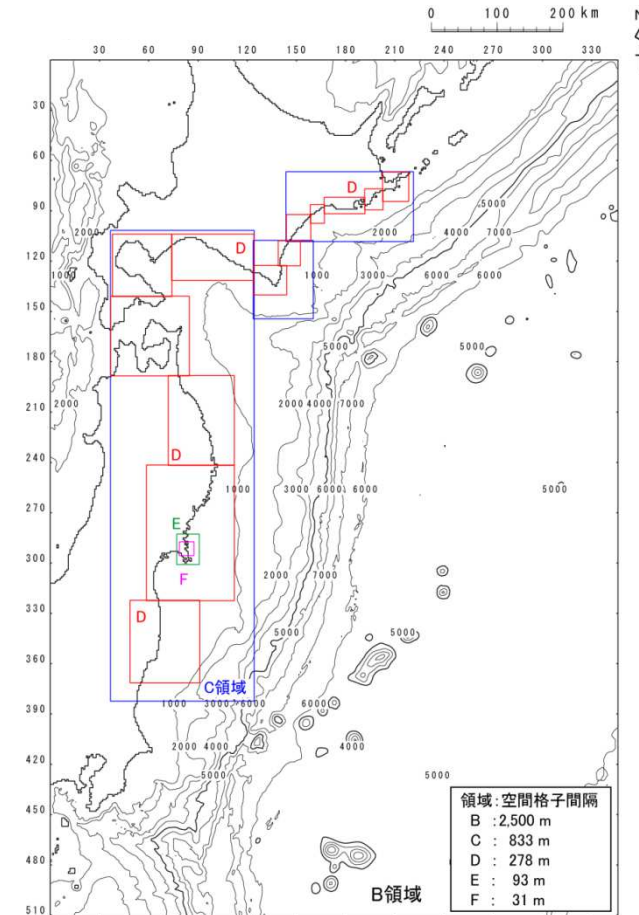
【基準津波の策定関係】

①津波シミュレーションの計算条件 (1/2)

- 下記の計算条件に基づき津波解析を実施した。

主な計算条件

	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
空間格子間隔 Δs	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)	31 m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
時間格子間隔 Δt	0.1秒						
基礎方程式	線形 長波式	非線形長波式(浅水理論) ^{※1}					
沖側境界条件	自由透過	外側の格子領域と水位・流量を接続					
陸側境界条件	完全反射	完全反射 (海底露出を考慮)	小谷ほか(1998)の遡上境界条件				
初期海面変動	波源モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)の方法により計算される鉛直変位を海面上に与える						
海底摩擦	考慮 しない	マンニングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ (土木学会(2002)より)					
水平渦動粘性 係数	考慮しない						
潮位条件	T.P. $\pm 0.0\text{m}$ ^{※2}						
計算再現時間	地震発生後4時間 ^{※3}						



計算領域^{※4}とその水深及び格子分割

※1: 土木学会(2002)では、水深200m以浅の海域を目安に非線形長波式を適用するとしている。これを十分に満足するようC領域以下(水深1500m以浅)で非線形長波式(浅水理論)を適用した。

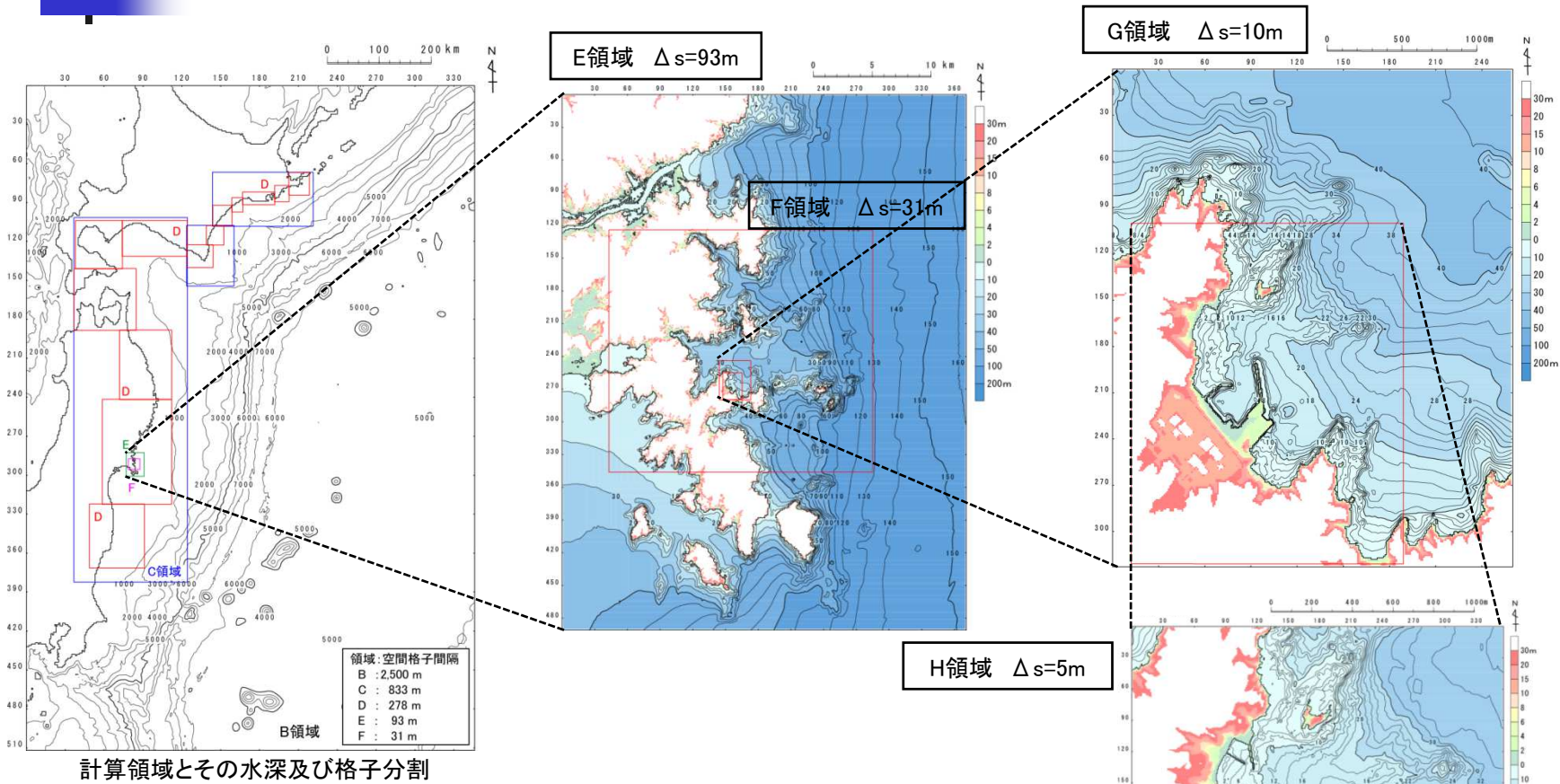
※2: T.P. $\pm 0.0\text{m}$ = O.P. + 0.74m (O.P.は女川原子力発電所工食用基準面)

※3: 日本海溝沿いで発生する近地津波を評価するにあたって、十分な計算時間となるよう設定した。

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

【基準津波の策定関係】

①津波シミュレーションの計算条件 (2/2)



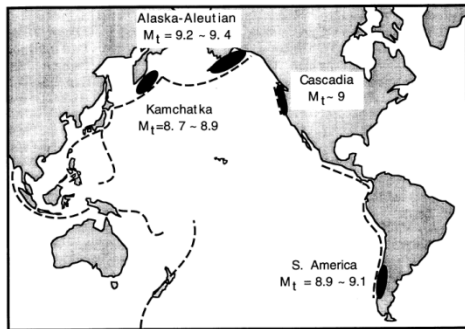
【3.11地震に伴う地殻変動量の考慮】

	E領域	F領域	G領域	H領域
陸域	地震後に整備された国土地理院5mDEMデータ			
海域		日本水路協会M7000データ(2006)を一律1.1m※沈下させた。 ※:F領域全体をカバーする平均的な沈下量		東北電力深淺測量データ(H23.5測量)

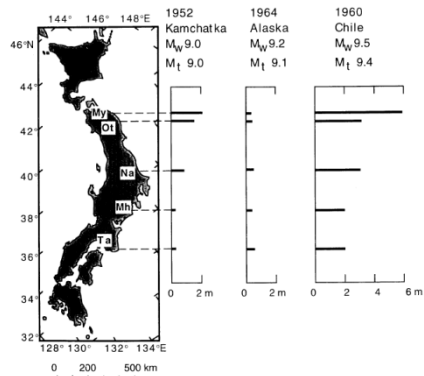
【基準津波の策定関係】

② 遠地津波について (1/2)

- 過去に世界で発生したM9クラスの巨大地震のうち三陸沿岸に最も影響を及ぼした遠地津波は、1960年チリ地震 (Mw9.5)に伴う津波であり、その津波高さは最大で6.1m(宮城県南三陸町)である。
- 佐竹ほか(2014)は、3.11地震と過去の津波高さの定量的比較を行い、三陸沿岸における3.11地震に伴う津波の高さは、1960年チリ津波(Mw9.5)の約4倍、2010年チリ津波(Mw8.8)の約14倍であったことを示している。

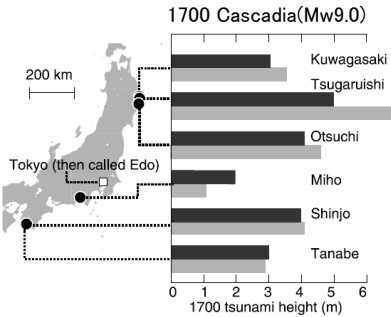


M9クラスの巨大地震発生位置(都司ほか(1998))



My: 宮古(岩手県), Ot: 大槌(岩手県), Na: 那珂湊(茨城県)
Mh: 三保(静岡県), Ta: 田辺(和歌山県)

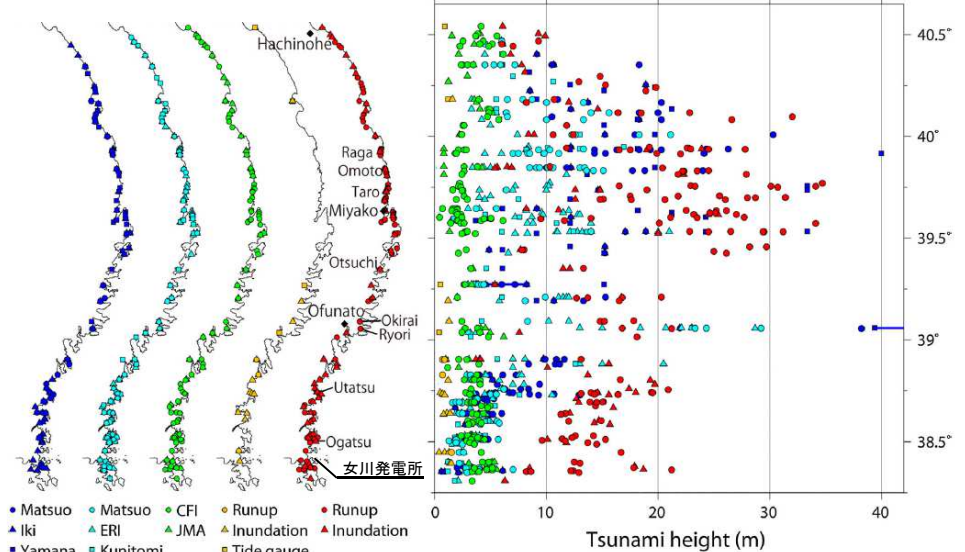
都司ほか(1998)



Estimated (Medium) height
Computed for Long-Narrow model
Average slip: 19 m in full-slip zone
14 m including partial-slip zone
 M_0 4.6×10^{22} Nm (M_w 9.0)
Error factor 1.33, correlation coefficient 0.98

Satake et al.(2003)に一部加筆

1896年 1933年 1960年 2010年 3.11地震
明治 昭和 チリ チリ



1960年及び2010年チリ津波と日本海溝沿いで発生した主な津波の津波高さの比較 (Tsuji et al.(2014)に一部加筆)

三陸沿岸に影響を及ぼしたM9クラスの巨大地震に伴う津波高さの比較

以上から、遠地津波は、日本海溝沿いで発生する近地津波を上回るものではないと考えられる。

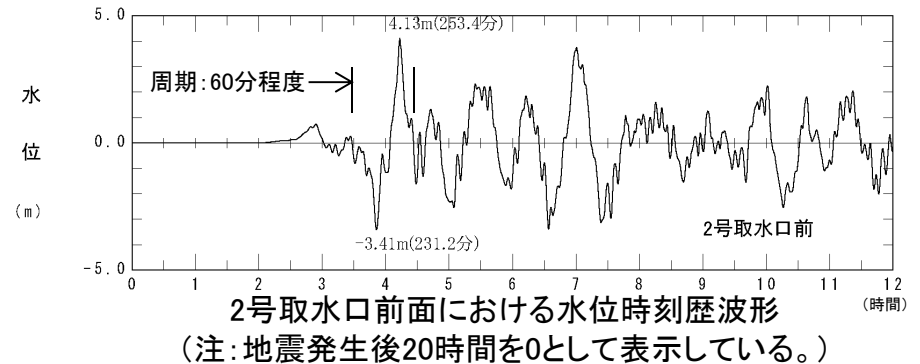
【基準津波の策定関係】

② 遠地津波について (2/2)

- 遠地津波の敷地への影響を確認するため、1960年チリ地震および1700年カスケード地震を対象として数値シミュレーションを実施した結果、基準津波(3.11型)と比較して最大水位上昇量・下降量ともに十分小さいことを確認した。

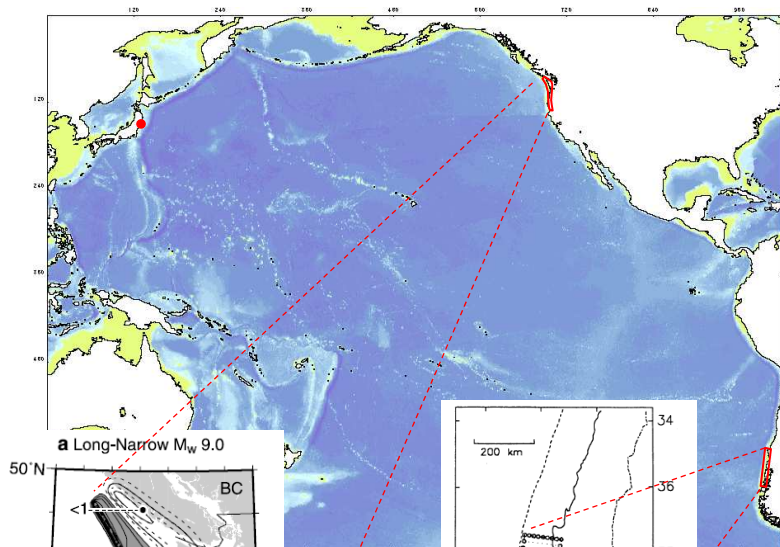
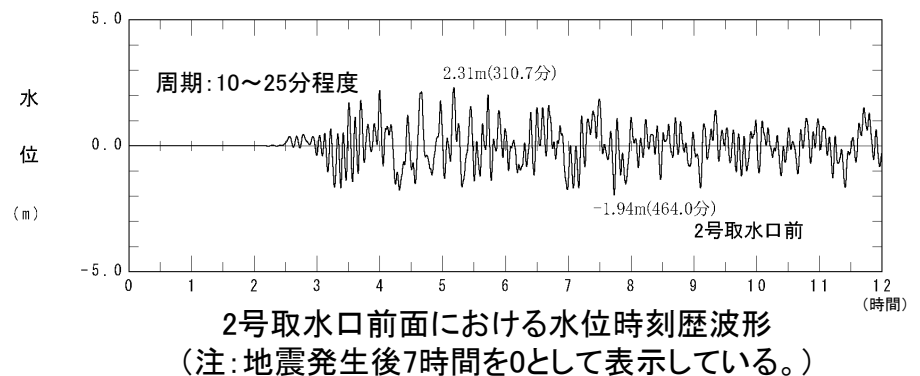
【1960年チリ地震】

- 発電所の敷地前面における最大水位上昇量: **4.24m**
- 2号取水口前面における最大水位下降量: **-3.41m**



【1700年カスケード地震】

- 発電所の敷地前面における最大水位上昇量: 2.53m
- 2号取水口前面における最大水位下降量: -1.96m



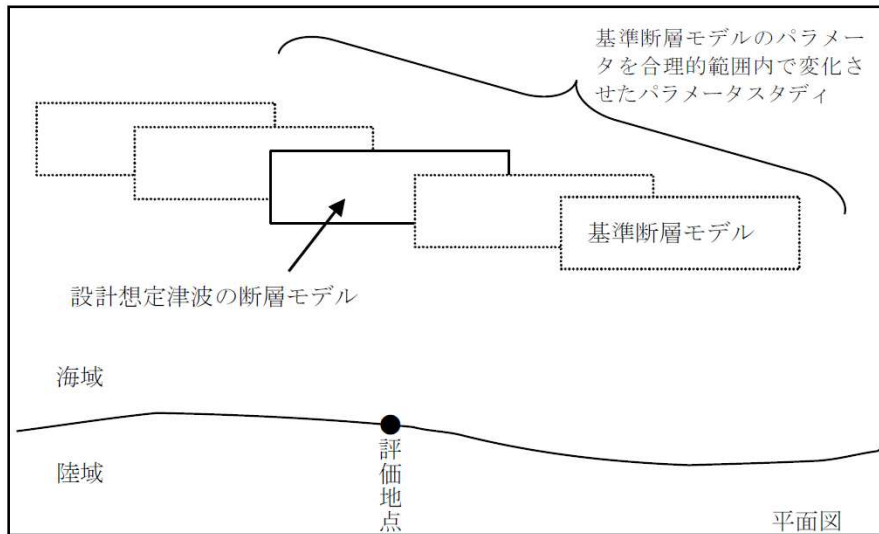
1700年カスケード地震の断層モデル
(Mw9.0)
(Satake et al.(2003))

1960年チリ地震の断層モデル
(Mw9.25)
(Barrientos and Ward(1990))

【基準津波の策定関係】

③基準断層モデルの設定について (1/5)

- 海域で発生する地震の特性等を踏まえて設定された、津波の数値計算(パラメータスタディ)を行う際の基準となる断層モデルを、「基準断層モデル」という。



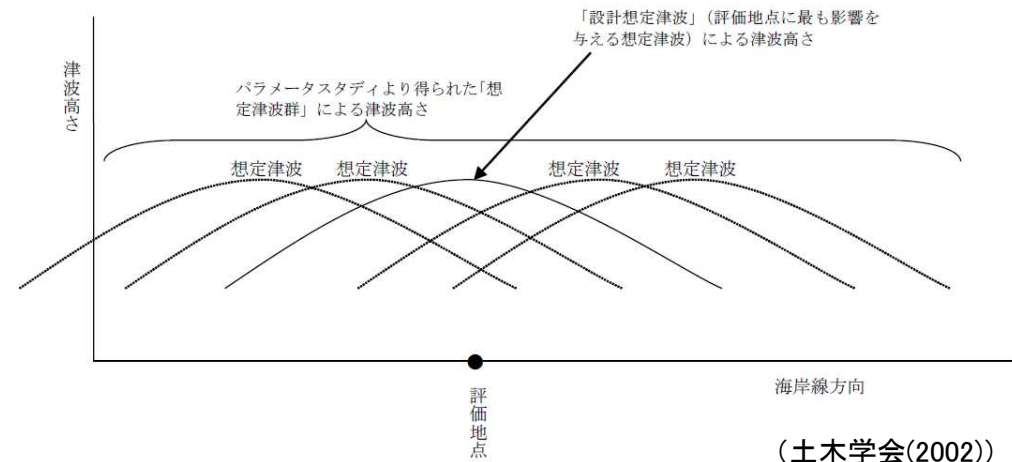
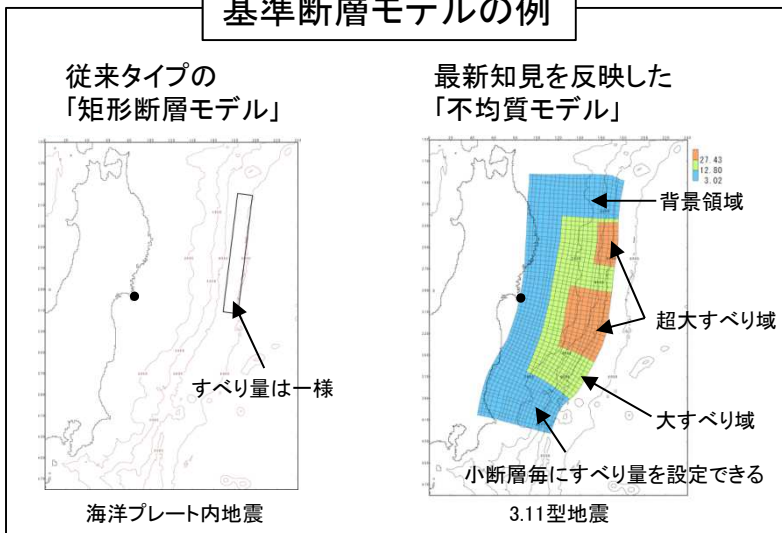
(土木学会(2002))

→ 数値シミュレーション
(パラメータスタディ)

変化させるパラメータ
(断層モデルの種類に応じて設定)

- ・位置
- ・走向
- ・傾斜角
- ・すべり角
- ・断層上縁深さ
- ・すべり分布
- ・破壊開始点
- ・破壊伝播速度
- など

基準断層モデルの例

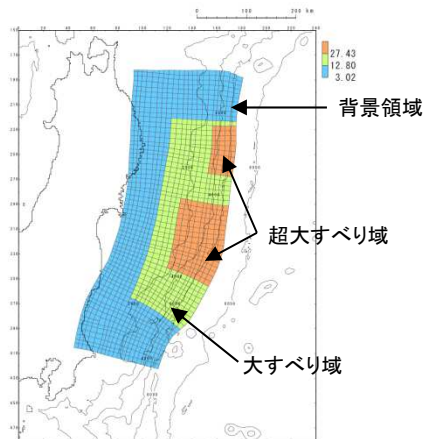


(土木学会(2002))

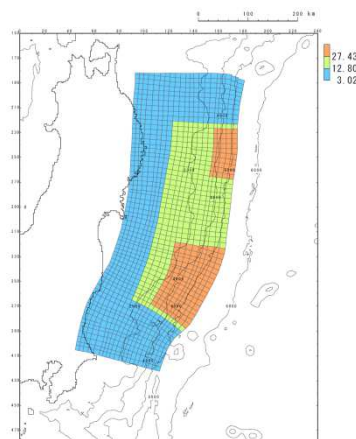
【基準津波の策定関係】

③基準断層モデルの設定について (2/5)

- 宮城県沖の大すべり域・超大すべり域の位置を南北約10km単位で移動させた検討結果から、広域の津波特性を考慮した特性化モデル(参考資料④参照)のうち発電所の津波高さに与える影響が最も大きいケースを基準断層モデル①として設定した。



基準断層モデル①-1
(超大すべり域の位置: 基準位置より北へ約30km移動)



基準断層モデル①-2
(超大すべり域の位置: 基準位置より南へ約60km移動)

諸元

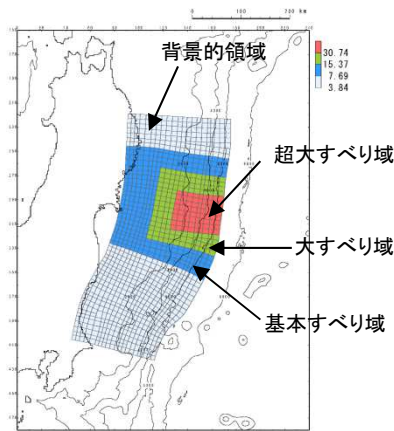
断層パラメータ		設定値
モーメントマグニチュード(Mw)		9.13
断層面積(S)		129,034(km ²)
平均応力降下量($\Delta\sigma$)		3.26(MPa)
地震モーメント(M ₀)		6.21 × 10 ²² (Nm)
剛性率(μ)		5.0 × 10 ¹⁰ (N/m ²)
すべり量	平均すべり量	9.62(m)
	背景領域 (面積及び面積比率)	3.02(m) (72,841(km ²), 56.5%)
	大すべり域 (面積及び面積比率)※	12.80(m) (35,497(km ²), 27.5%)
	超大すべり域 (面積及び面積比率)	27.43(m) (20,696km ²), 16.0%)
ライズタイム(τ)		60(s)

※: 超大すべり域を除いた面積及び面積比率

【基準津波の策定関係】

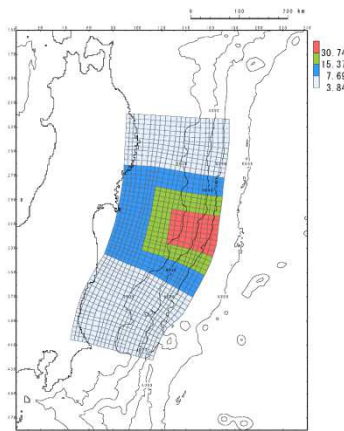
③基準断層モデルの設定について (3/5)

- 既往研究による3.11地震に伴う津波を広域に再現する津波波源モデルの断層面積(約11~12万(km²))は、宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルの断層面積(約10.7万(km²))よりも大きいことを考慮して断層面積を保持した上で、発電所の津波高さに与える影響が大きい、大すべり域・超大すべり域のすべり量を約20%割増した基準断層モデル②を設定した。



基準断層モデル②-1

(大すべり域・超大すべり域の位置: 基準)



基準断層モデル②-2

(大すべり域・超大すべり域の位置: 基準位置より南へ約40km移動)

諸元

断層パラメータ	設定値	
モーメントマグニチュード(Mw)	9.04	
断層面積(S)	107,357(km ²)	
平均応力降下量($\Delta\sigma$)	3.11(MPa)	
地震モーメント(Mo)	4.49×10^{22} (Nm)	
剛性率(μ)	5.0×10^{10} (N/m ²)	
すべり量	平均すべり量	8.37(m)
	基本すべり域 (面積及び面積比率) ^{※1}	7.69(m) (49,872(km ²), 46.5%)
	背景的領域 (面積及び面積比率)	3.84(m) (57,485(km ²), 53.5%)
	大すべり域 (面積及び面積比率) ^{※2}	15.37(m) (22,192(km ²), 20.7%)
	超大すべり域 (面積及び面積比率)	30.74(m) (8,078km ²), 7.5%)
ライズタイム(τ)	60(s)	

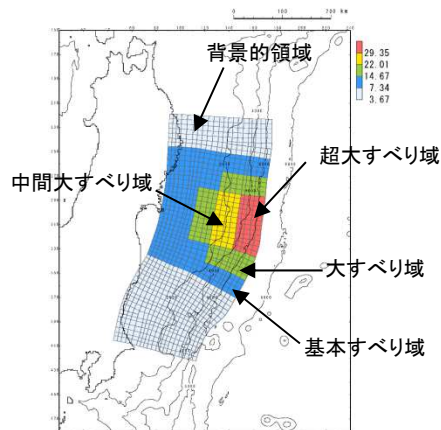
※1: 大すべり域と超大すべり域をあわせた領域の面積比率

※2: 超大すべり域をあわせた領域の面積比率

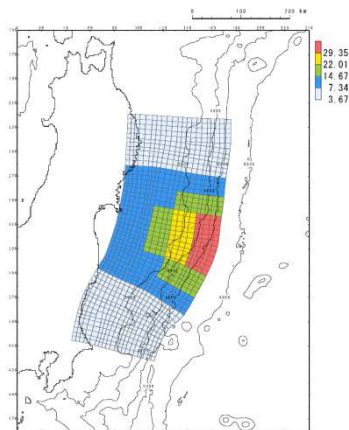
【基準津波の策定関係】

③基準断層モデルの設定について (4/5)

- 基準断層モデル②を基本として、杉野ほか(2013)の知見を参考に、短周期の波を発生させる要因と考えられる未知なる分岐断層や海底地すべり等が存在する可能性を考慮した基準断層モデル③を設定した。



基準断層モデル③-1
(大すべり域・超大すべり域の位置: 基準)



基準断層モデル③-2
(大すべり域・超大すべり域の位置: 基準位置より南へ約40km移動)

諸元

断層パラメータ		設定値
モーメントマグニチュード (Mw)		9.04
断層面積 (S)		107,357 (km ²)
平均応力降下量 ($\Delta\sigma$)		3.17 (MPa)
地震モーメント (Mo)		4.58×10^{22} (Nm)
剛性率 (μ)		5.0×10^{10} (N/m ²)
すべり量	平均すべり量	8.53 (m)
	基本すべり域 (面積及び面積比率) ^{※1}	7.34 (m) (56,675 (km ²), 52.8%)
	背景領域 (面積及び面積比率)	3.67 (m) (50,682 (km ²), 47.2%)
	大すべり域 (面積及び面積比率) ^{※2}	14.67 (m) (24,875 (km ²), 23.2%)
	中間大すべり域 (面積及び面積比率) ^{※3}	22.01 (m) (11,732 (km ²), 10.9%)
	超大すべり域 (面積及び面積比率)	29.35 (m) (6,201 (km ²), 5.8%)
ライズタイム (τ)		60 (s)

※1: 大すべり域, 中間大すべり域及び超大すべり域をあわせた領域の面積比率

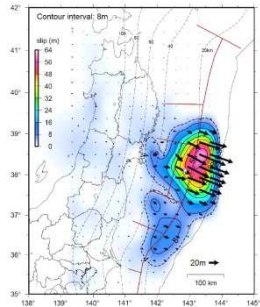
※2: 中間大すべり域, 超大すべり域をあわせた領域の面積比率

※3: 超大すべり域をあわせた領域の面積比率

【基準津波の策定関係】

③基準断層モデルの設定について (5/5)

- 申請時は「女川再現モデル」、「内閣府(2012)モデル」、「既往津波の組合せモデル」、「特性化モデル」を基準断層モデルとして設定した。⇒ 審査過程における諸検討を踏まえ、特性化モデルのみを基準断層モデルとして再整理した。



「3.11型の地震」の震源域
(地震本部(2012))に一部加筆

■ 女川再現モデル・内閣府(2012)モデル

3.11地震時に見られた宮城県沖における大すべり域の位置の不確かさが発電所の津波高さに与える影響を検討するモデルであるとともに、特性化モデル設定にあたって反映が必要な知見を整理する(基となる)モデルでもあることを踏まえ、基礎検討用モデルとして位置付けを変更。

■ 既往津波の組合せモデル

3.11地震を基本として、土木学会(2002)で示される不確かさの考慮方法を適用した場合の影響を検討するモデルであり、プレート境界面の形状や3.11地震の破壊現象を表すモデルでは無いことを踏まえ、影響検討用モデルとして位置付けを変更。

■ 基礎検討用モデル

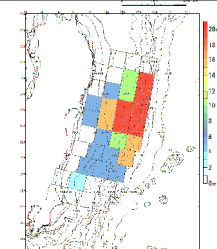
宮城県沖の大すべり域の位置の不確かさ

➢ 女川再現モデル

藤井・佐竹40枚断層モデル(ver.4.0)を基本としてすべり量を調整したモデル。

【3.11地震の再現項目】

- 沖合いの観測波形
- 発電所前面海域の観測波形



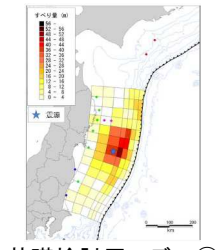
基礎検討用モデル①

➢ 内閣府(2012)モデル

内閣府(2012)で示されたモデル。

【3.11地震の再現項目】

- 広域の痕跡高
- 沖合いの観測波形
- 発電所前面海域の観測波形



基礎検討用モデル②

■ 影響検討用モデル

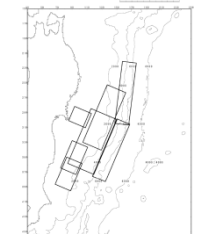
波源モデル形状(走向, 傾斜角等)の不確かさ

➢ 既往津波の組合せモデル

土木学会(2002)等で示された既往津波の波源モデルを組合せたモデル(菅野ほか(2012))。

【3.11地震の再現項目】

- 沖合いの観測波形
- 発電所前面海域の観測波形

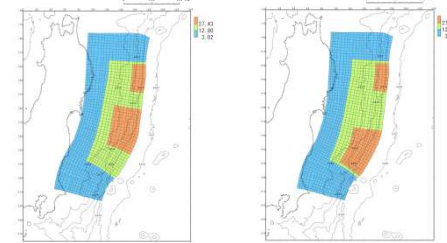


影響検討用モデル

■ 基準断層モデル

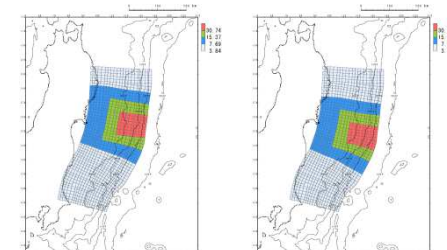
大すべり域の位置の検討, 破壊伝播特性の不確かさ

➢ 広域の津波特性を考慮したモデル

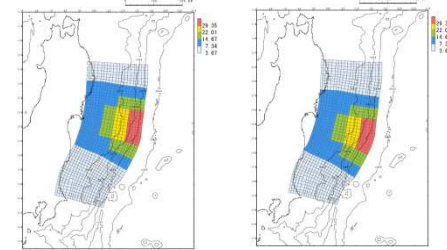


基準断層モデル①-1 基準断層モデル①-2

➢ 宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮したモデル



基準断層モデル②-1 基準断層モデル②-2



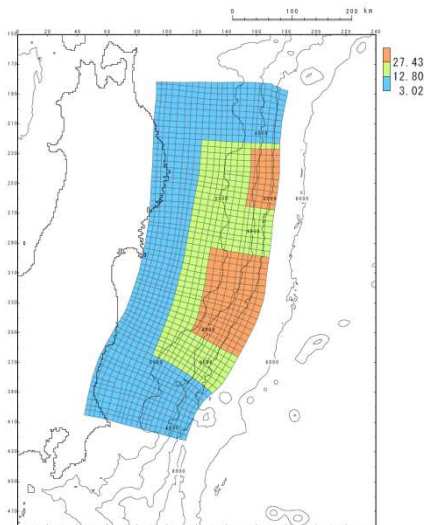
基準断層モデル③-1 基準断層モデル③-2

知見の
反映
➔

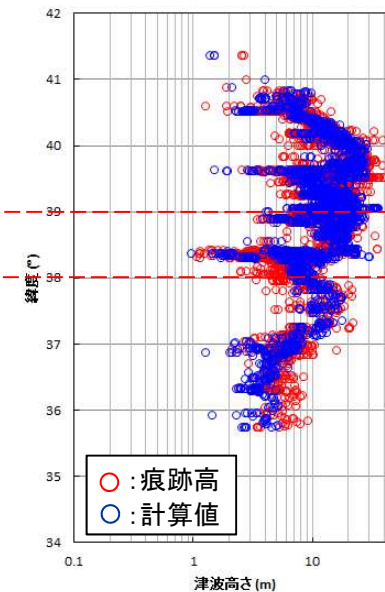
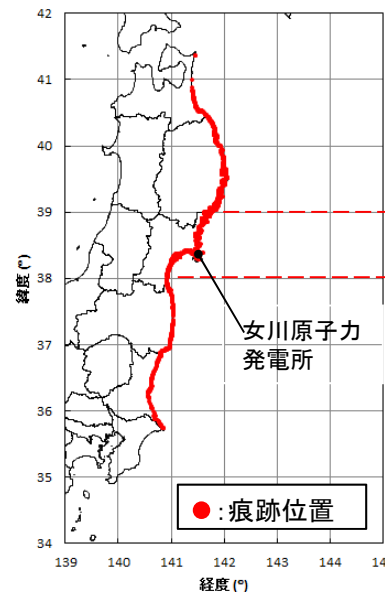
【基準津波の策定関係】

④3.11地震津波の広域の再現性について

- 広域の津波特性を考慮した特性化モデル※1は、土木学会(2002)の再現性の目安※2を満足するとともに、津波高が大きい岩手県沿岸～福島県沿岸の痕跡高を良好に再現しており、3.11地震の広域の津波特性を適切に考慮していることを確認した。
- さらに、女川地点を含む宮城県周辺(北緯39°～北緯38°)については、痕跡高に対して計算値の方が大きく($K=0.86$, $\kappa=1.36$, $n=836$), 安全側のモデルになっていることを確認した。



広域の津波特性を考慮した特性化モデル※1



宮城県周辺

モデル	K	κ	n	既往津波高
広域の津波特性を考慮した特性化モデル	0.98	1.39	2,686	東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)

※2: 再現性の目安 $0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$ (土木学会(2002))

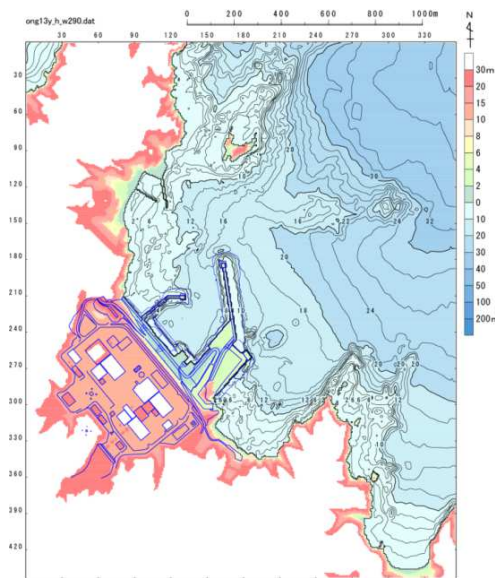
痕跡高と計算値の比較

※1: 本モデルを基本として、基準断層モデル①(p.7)を設定している。

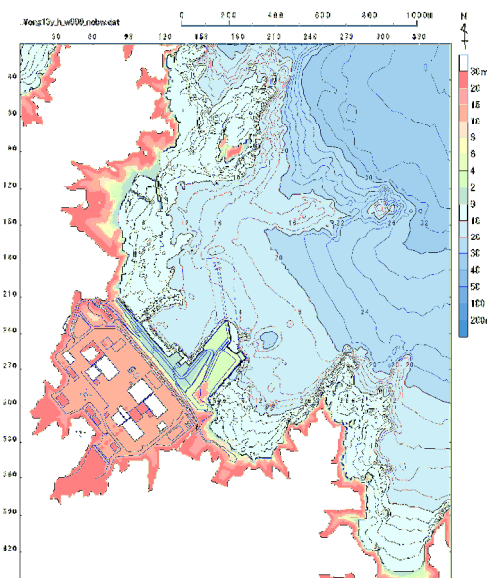
【基準津波の策定関係】

⑤防波堤の有無による影響について

- 防波堤の有無が津波水位に与える影響を把握するため、「3.11型の地震」、「津波地震」及び「海洋プレート内地震」の敷地前面最大ケース、2号取水口前面最大ケースを対象に、防波堤無しの場合にて津波計算を実施した。
- 水位上昇側については、いずれの地震においても、防波堤有りの水位が防波堤無しの水位を上回っており、防波堤の有無が各津波の評価に及ぼす影響は無いことを確認した(説明資料 p.28の水位比較図から変更なし)。
- 水位下降側については、防波堤無しの水位が防波堤有りの水位を下回る(説明資料 p.29の水位比較図から変更あり)が、「3.11型の地震」が決定ケースであることに変更は無いことを確認した。

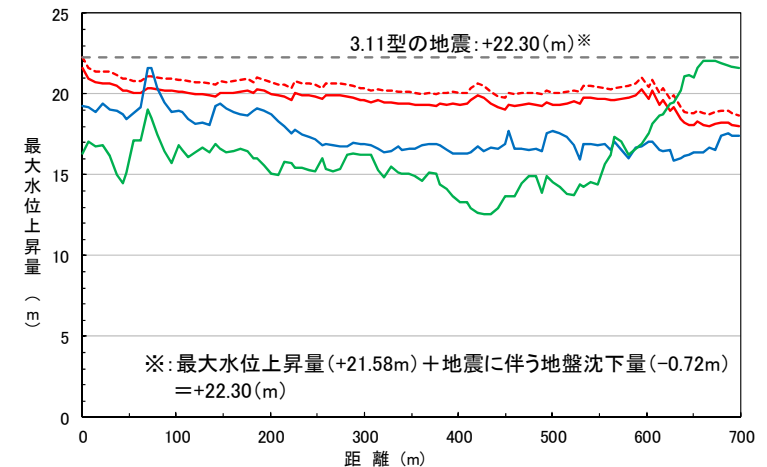


港湾部の防波堤有り

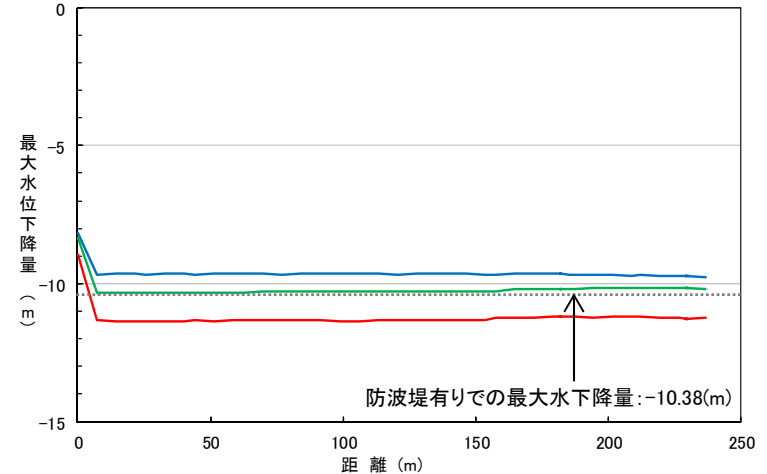


港湾部の防波堤無し

- : 3.11型の地震
- - - : 3.11型の地震 (地盤沈下量を水位の増分として補正)
- : 津波地震
- : 海洋プレート内地震



敷地前面における最大水位上昇量の比較



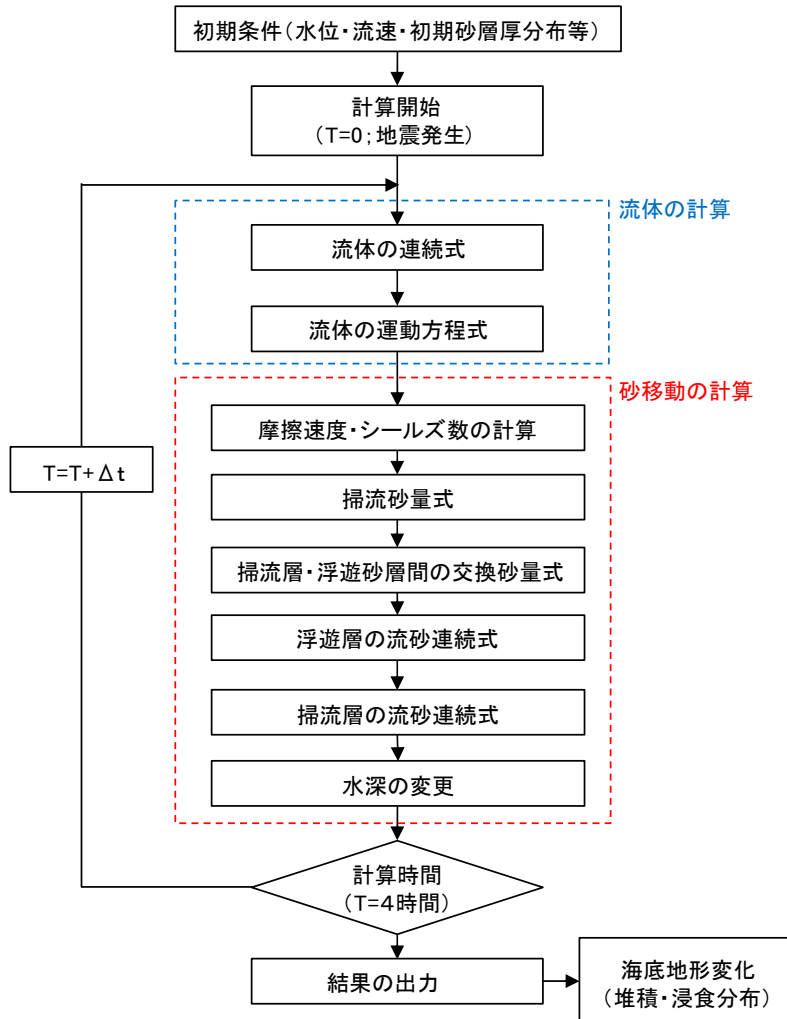
取水口前面における最大水位下降量の比較

【砂移動評価関係】

⑥砂移動評価のフロー

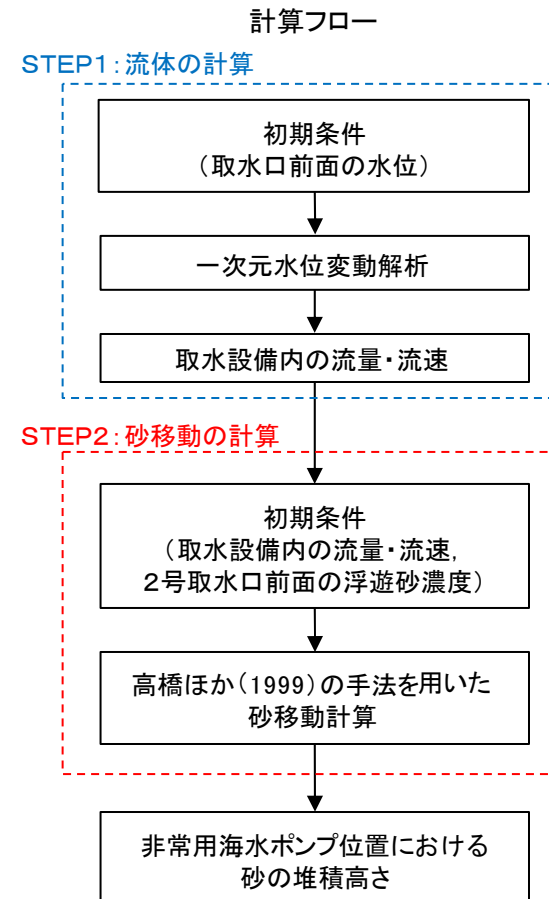
■評価1(説明資料 p.41 海底地形変化)の評価フロー

- 藤井ほか(1998)及び高橋ほか(1999)の手法を用いて、基準津波(水位上昇側・水位下降側)に伴う海底地形変化を評価した。



■評価2(説明資料 p.41 海水ポンプ室内における砂の堆積)の評価フロー

- 左記(評価1)から得られる取水口前面の浮遊砂濃度を境界条件として、高橋ほか(1999)の手法を用いて砂移動解析を実施し、非常用海水ポンプ位置における砂の堆積高さを算定した。
- 取水設備内の流量及び流速は、取水設備の水利特性を考慮した一次元水位変動解析により算定した。

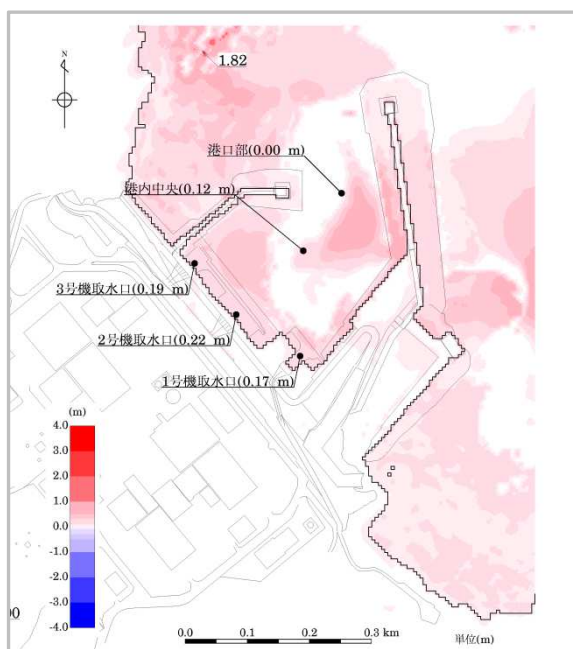


【砂移動評価関係】

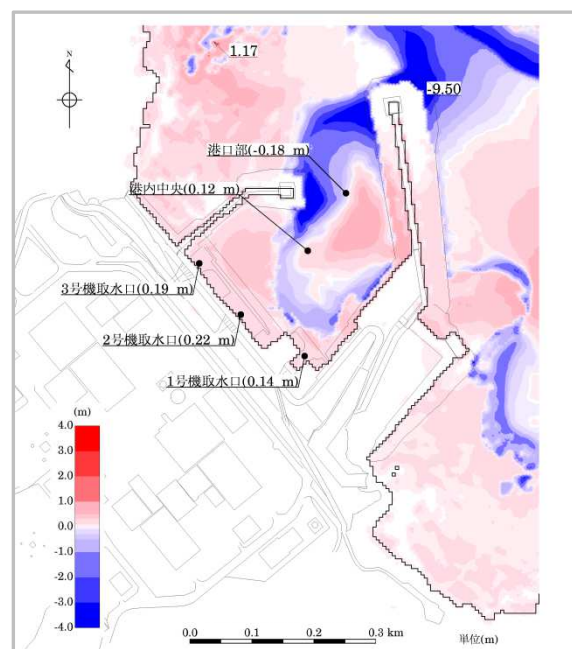
⑦海底地形変化の計算結果

基準津波	評価手法	浮遊砂濃度上限値
水位上昇側	高橋ほか(1999)	1%

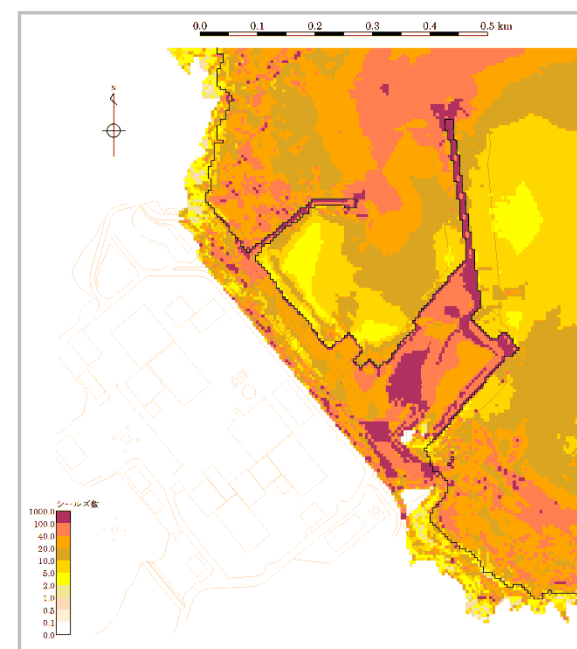
■最大堆積厚分布, 4時間後の海底地形変化量分布, 最大シルズ数※の空間分布



最大堆積厚分布



4時間後の海底地形変化量分布



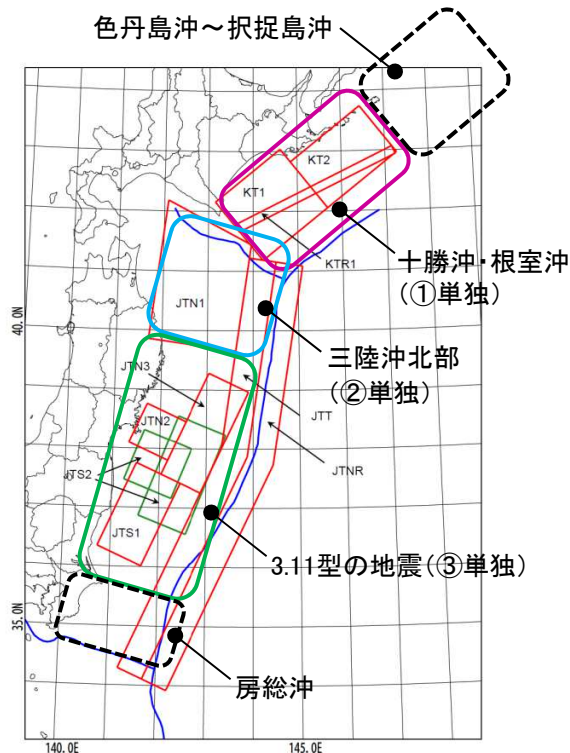
最大シルズ数※の空間分布

※: 砂移動の活発さを示す無次元パラメータ。なお、本検討では、高橋ほか(1999)で論じられているシルズ数(概ね1以下)を大きく超えているが、保守的な検討結果となっている。

【基準津波の年超過確率関係】

⑧ 検討対象領域

- 3.11地震から得られた知見を踏まえ、日本原子力学会(2012)に示される日本海溝及び千島海溝(南部)沿いの津波発生領域に、プレート間地震と津波地震の連動地震を追加設定した。
- 検討対象領域(詳細検討を実施する領域)は、概略検討により各津波波源が年超過確率に与える影響を把握し、年超過確率に与える影響が大きいと考えられる津波波源に該当する領域とした。



日本海溝及び千島海溝(南部)沿い海域の津波発生領域区分
(日本原子力学会(2012)に一部加筆)

■ 検討対象領域の設定

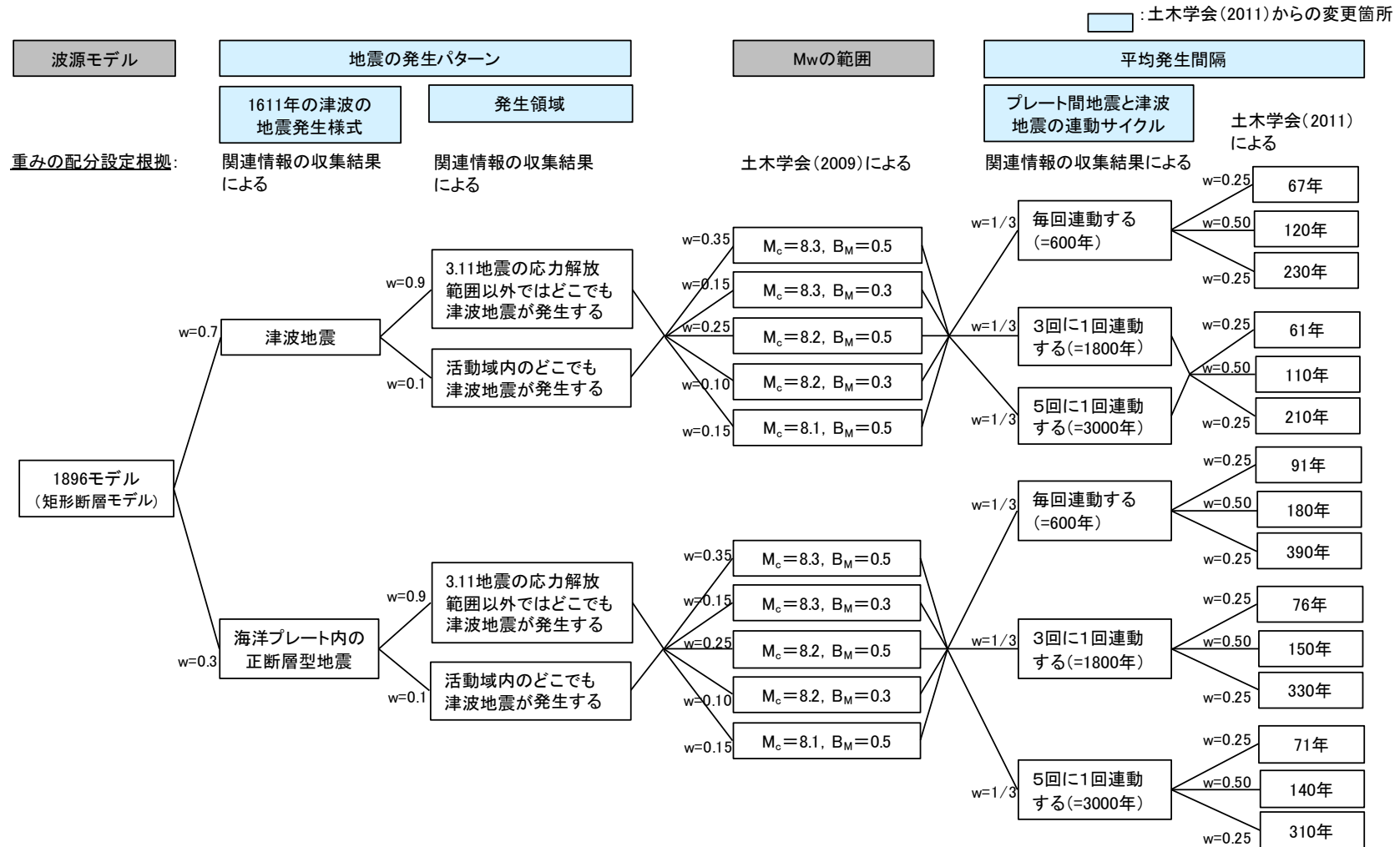
■ : 検討対象とした領域

コード	名称	備考
JTN2	宮城県沖	概略ロジックツリーを用いた津波ハザード曲線の比較(概略検討)の結果、津波地震よりも影響が小さいことを確認。
JTN3	三陸沖南部海溝寄り	
JTN2+JTN3	宮城県沖+三陸沖南部海溝寄り(連動)	
JTS1	福島県沖プレート間	
JTT	津波地震	
JTNR	海洋プレート内の正断層型地震	
①単独	十勝沖・根室沖の連動地震	
②単独	三陸沖北部の連動地震	
③単独	3.11型の地震	概略検討の結果、津波地震よりも影響が小さいことを確認(p.18参照)。
①+②	十勝沖・根室沖から三陸沖北部の連動地震	
択捉島沖～房総沖	択捉島沖から房総沖の連動地震	概略検討の結果、津波地震よりも影響が小さいことを確認。

【基準津波の年超過確率関係】

⑨ロジックツリー(1/2)

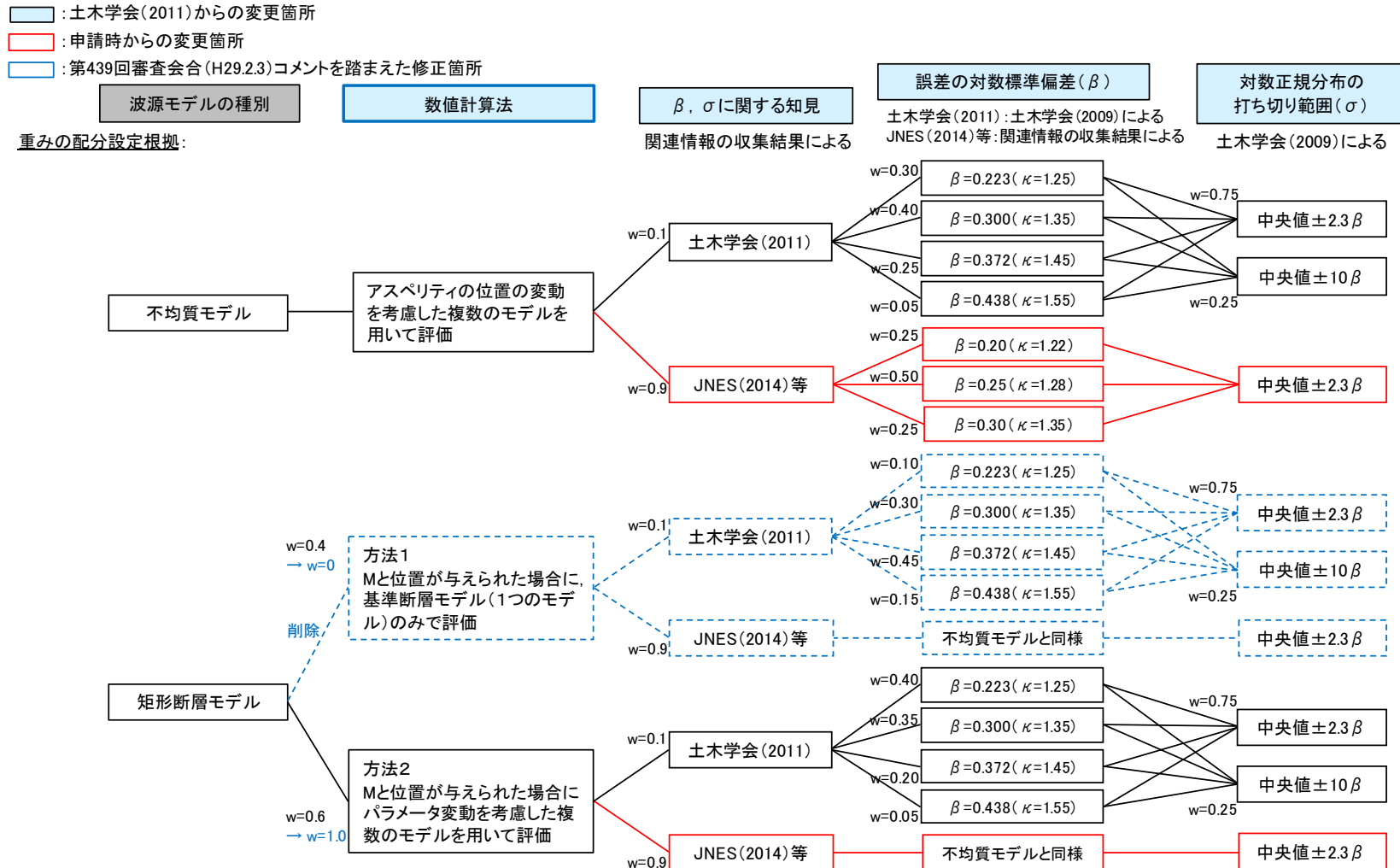
- 土木学会(2011)のロジックツリーを基本に, 3.11地震から得られた知見等を踏まえて津波発生モデルのロジックツリーを作成した。
- 「津波地震」(下図)と同様に, 検討対象領域の各地震についてロジックツリーを作成した。



【基準津波の年超過確率関係】

⑨ロジックツリー(2/2)

- 津波高さ推定のばらつき(β , σ)を評価するため、日本原子力学会(2012)、土木学会(2011)及び土木学会(2016)を踏まえて、津波高さ推定に関するロジックツリー(下図)を設定した。

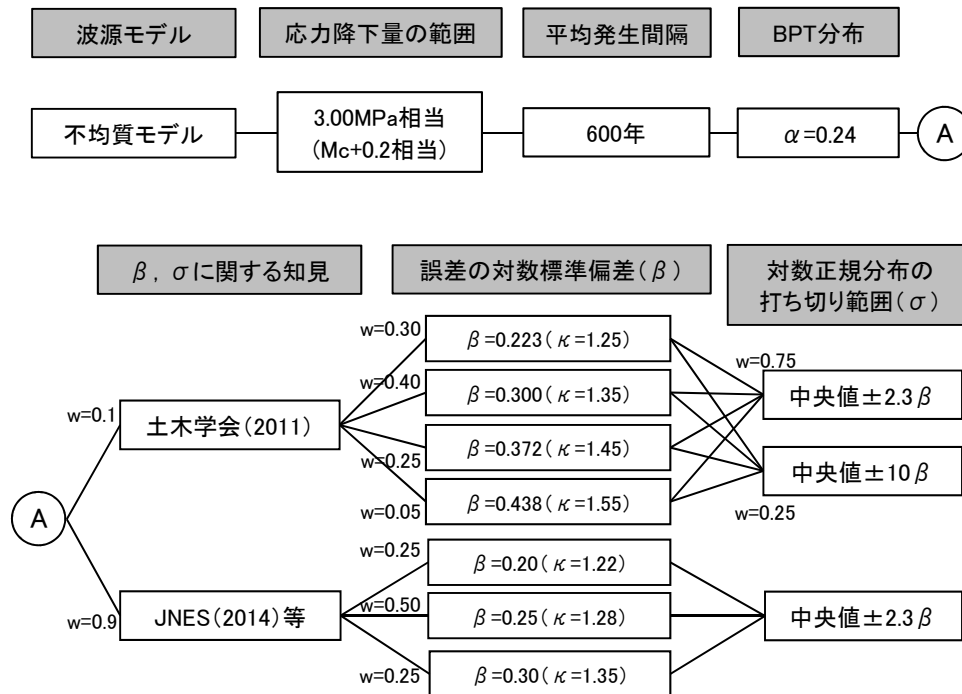


【基準津波の年超過確率関係】

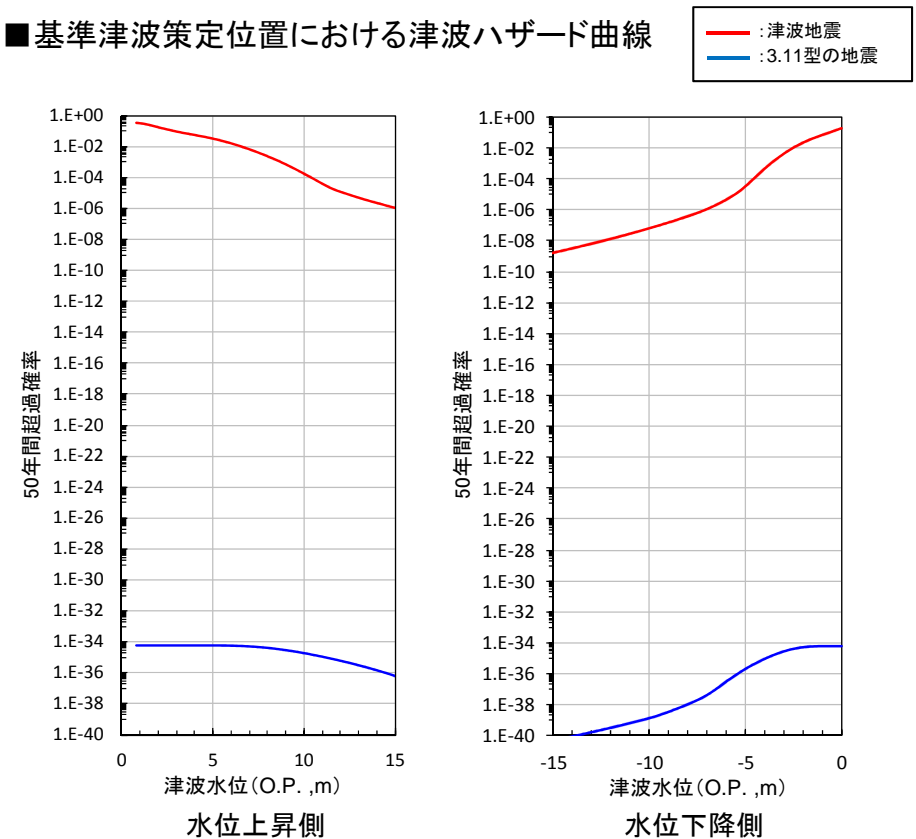
⑩3.11型の地震が年超過確率に与える影響について

- 土木学会(2016), 地震調査研究推進本部(2012)を参考に設定した概略ロジックツリーを用いて(各項目の詳細は次頁に記載), 評価基準日を2017年3月11日として算定した今後50年間の津波ハザード曲線を以下に示す。
- 本検討から, 3.11型の地震が年超過確率に与える影響は十分に小さいことを確認した。

■概略ロジックツリー

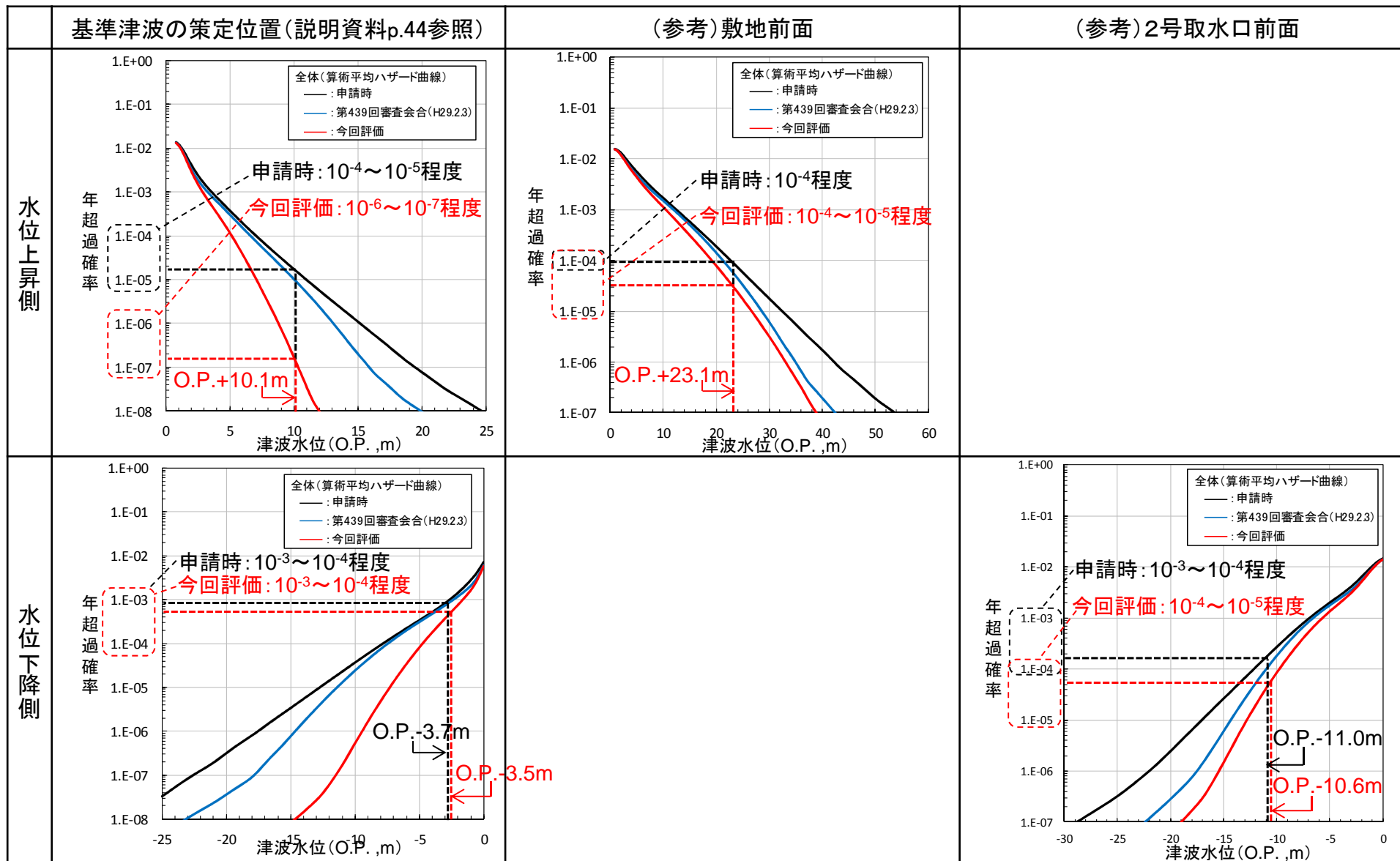


■基準津波策定位置における津波ハザード曲線



【基準津波の年超過確率関係】

⑪津波ハザード曲線の比較



【その他】

⑫適合性審査の経過

- 女川原子力発電所の立地的特徴，津波の特徴を踏まえ，発電所への影響が比較的大きい海溝型の津波(3.11型の地震，津波地震，海洋プレート内地震)について，重点的に審査がなされた。
- 基準津波関係では，計8回の審査会合が開催された。

審査会合の実績(基準津波関係)

回数	年月日	審査会合の審議内容	審議結果の概要
1	H27.1.23	基準津波の策定(全体概要) 3.11型の地震(詳細)	地震規模，波源モデル設定，不確かさ考慮方法等に関し保守的評価の観点でコメント。
2	H27.3.20	津波地震，海洋プレート内地震等(詳細)	上記と同様に，保守的評価の観点でコメント。
3	H27.10.23	3.11型の地震(コメント回答)	広域の津波を考慮したモデルの追加，評価フローの見直し等の追加検討結果を説明。説明性向上等の観点でコメント。
4	H28.7.8	3.11型の地震(コメント回答)	水位低下側の追加検討に関しコメント。
5	H28.9.30	基準津波の策定，3.11型の地震(コメント回答)，津波地震，海洋プレート内地震等(コメント回答)	各コメントを踏まえた追加検討結果，ならびに全ての検討結果を総合した基準津波の策定について説明し，概ね妥当との評価を得た。
6	H28.12.16	基準津波に対する安全性(砂移動評価)	評価内容の保守性に関する資料追加のコメント。
7	H29.2.3	砂移動評価(コメント回答)， 基準津波の年超過確率の参照	砂移動に関し，概ね妥当との評価を得た。年超過確率について，ロジックツリーの妥当性に関しコメント。
8	H29.4.28	基準津波の年超過確率の参照(コメント回答)	年超過確率に関し，概ね妥当との評価を得た。

※ 上記の審査会合(計8回)への対応にあたっては，ヒアリング(計25回)で資料内容を原子力規制庁へ説明。

【その他】

⑬申請時からの変更点

- 新規制基準適合性審査申請時からの主な変更点は、下記のとおり。

大項目	小項目	変更内容
基準津波の策定	3.11型の地震に起因する津波	<ul style="list-style-type: none"> ・広域の津波特性を考慮した基準断層モデルの追加 ・基準断層モデルの再整理 ・不確かさ考慮方法の見直し(破壊伝播速度の不確かさを追加)
	津波地震に起因する津波	<ul style="list-style-type: none"> ・地震規模の見直し(Mw8.3→8.5) ・不確かさ考慮方法の見直し(位置を南北方向に20km単位→10km単位で移動)
	海洋プレート内地震に起因する津波	<ul style="list-style-type: none"> ・不確かさ考慮方法の見直し(東落ち傾斜も考慮。南北方向(20km→10km)に加え、東西方向にも10km単位で移動。)
	評価条件	<ul style="list-style-type: none"> ・基準津波の策定では、防波堤有りの条件に統一
	評価結果	<ul style="list-style-type: none"> ・水位上昇側(敷地前面でO.P.+23.1m)は申請時から変更なし ・水位下降側は申請時(2号取水口前面)のO.P.-11.0m→O.P.-10.6mに変更
砂移動評価	評価手法	<ul style="list-style-type: none"> ・高橋ほか(2011)の手法から、より保守的な高橋ほか(1999)に変更
	評価結果	<ul style="list-style-type: none"> ・砂の堆積高さ(2号取水口前面)を申請時の0.14m→0.22mに変更
年超過確率	ロジックツリー	<ul style="list-style-type: none"> ・津波高さのばらつきについて、最新知見(JNES(2014))を反映(p.17参照) ・海洋プレート内地震の地震規模を、最新知見の反映により見直し
	評価結果(基準津波の策定位置)	<ul style="list-style-type: none"> ・水位上昇側の年超過確率は、申請時の$10^{-4} \sim 10^{-5}$→$10^{-6} \sim 10^{-7}$に変更 ・水位下降側は$10^{-3} \sim 10^{-4}$であり、幅は申請時から変更なし(p.19参照)

参考文献

1. 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002):原子力発電所の津波評価技術
2. 藤井直樹・大森政則・高尾誠・金山進・大谷英夫(1998):津波による海底地形変化に関する研究, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.376-380
3. 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅野大輔(1999):掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.606-610
4. 一般社団法人日本原子力学会(2012):日本原子力学会標準 原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準:2011
5. 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫(1998):GISを利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.356-360
6. Mansinha, L. and D.E. Smylie(1971):The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.61, No.5,pp.1433-1440
7. 財団法人日本水路協会(2006):海底地形デジタルデータM7000シリーズ
8. 佐竹健治・都司嘉宣・原田智也・石辺岳男・西山昭仁・楠本聡(2014):2011年東北地方太平洋沖地震と過去の津波高さの定量的比較, 日本地球惑星科学連合大会2014年大会, HDS27-03
9. 都司嘉宣・上田和枝・佐竹健治(1998):日本で記録された1700年1月(元禄十二年十二月)北米巨大地震による津波, 地震第2輯, 第51巻, pp.1-17
10. Kenji Satake, Keli Wang, Brian F. Atwater(2003):Fault slip and seismic moment of the 1700 Cascadia earthquake inferred from Japanese tsunami descriptions, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.108, NO.B11, 2535
11. YOSHINOBU TSUJI, KENJI SATAKE, TAKEO ISHIBE, TOMOYA HARADA, AKIHITO NISHIYAMA, and SATOSHI KUSUMOTO(2014):Tsunami Heights along the Pacific Coast of Northern Honshu Recorded from the 2011 Tohoku and Previous Great Earthquakes, Pure and Applied Geophysics
12. Barrientos, S. E., and Ward, S. N. (1990):The 1960 Chile earthquake - inversion for slip distribution from surface deformation, Geophysical Journal International, Vol.103(3), pp.589-598
13. 杉野英治・呉長江・是永真理子・根本信・岩淵洋子・蛭沢勝三(2013):原子力サイトにおける2011東北地震津波の検証, 日本地震工学会論文集, 第13巻, 第2号(特集号)
14. 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012):三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について
15. 内閣府(2012):南海トラフの巨大地震モデル検討会(第12回), 参考資料1 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の津波断層モデルについて
16. 菅野剛・大内一男・平田一穂(2012):女川原子力発電所における津波の評価および対策, 電力土木, No.362
17. 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるデータ(<http://www.coastal.jp/tjt/>), 2012/12/29
18. 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2011):確率論的津波ハザード解析の方法
19. 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2009):確率論的津波ハザード解析の方法(案)
20. 公益社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会(2016):原子力発電所の津波評価技術2016
21. 独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)(2014):確率論的手法に基づく基準津波策定手引き, 2014年2月