

茨城県原子力安全対策委員会
東海第二発電所
安全性検討ワーキングチーム(第19回)
ご説明資料

委員からの指摘事項等を踏まえた論点及び 県民意見を踏まえた論点への説明

2021年9月24日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

津波の想定波源の設定の方法及び考え方並びにその保守性について

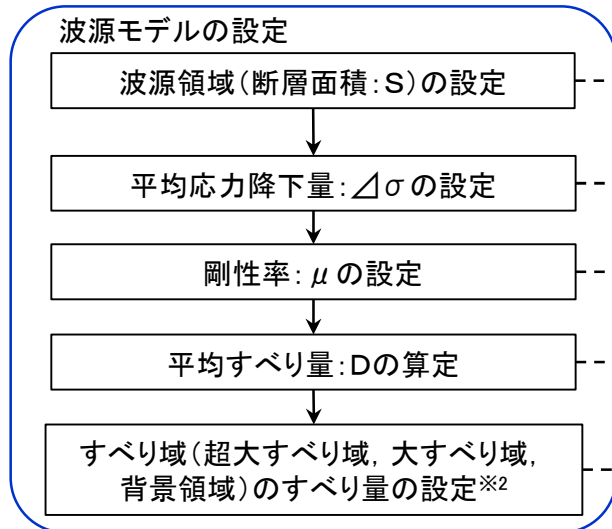
【説明概要】

- 発電所における津波を想定する上で設定する津波の想定波源(特性化波源モデル)の設定にあたっては、「平均応力降下量」、「断層面積に占めるすべり域(超大すべり域, 大すべり域及び背景領域)の割合」、「平均すべり量とすべり域のすべり量の関係」の3つについて, 巨大地震に関する経験的関係を用いている。
- これは, 中央防災会議や旧原子力安全基盤機構でも採用されている方法である。
- 波源の設定において, 断層面積, 平均応力降下量及び剛性率を設定するとモーメントマグニチュードが求まる。すべり域(超大すべり域, 大すべり域及び背景領域)のすべり量は, モーメントマグニチュードが変動しないように設定する。
- なお, 想定波源の設定において, 平均応力降下量はばらつきを考慮し, 保守的な値としてばらつき範囲の上限値を使用していることから, マグニチュードは保守的となっている。

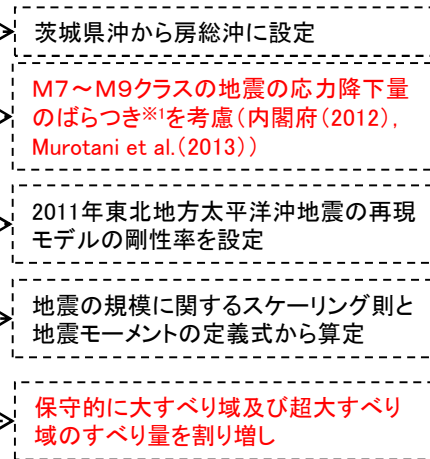
特性化波源モデルの設定方法

- 特性化波源モデルのパラメータについて、設定フローに従って設定した。

【設定フロー】



【設定根拠】



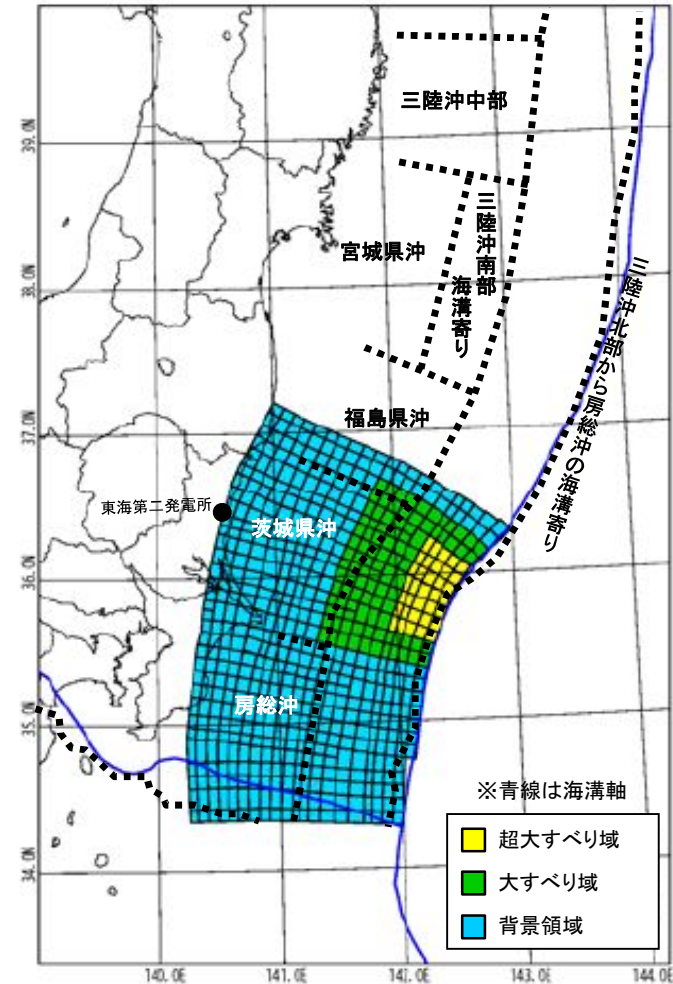
パラメータ	設定値
断層面積: S	53,684 km ²
平均応力降下量: Δσ	3.00 MPa
剛性率: μ	4.7 × 10 ¹⁰ N/m ²
モーメントマグニチュード: Mw	8.7
平均すべり量: D	6.1 m
地震モーメント: M ₀	1.5 × 10 ²² Nm

パラメータ		設定値
超大すべり域	すべり量	24.3 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の5% (2,659 km ²)※3
大すべり域	すべり量	12.1 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の15% (8,231 km ²)※3
背景領域	すべり量	3.8 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の80% (42,794 km ²)※3

※1 M7~M9クラスの地震の応力降下量のばらつきは、標準偏差を考慮すると0.82~3.00MPaの範囲であり、保守的な値としてばらつき範囲の上限値である3.00MPaを平均応力降下量として設定する。

※2 上段で設定したS, Δσ, μから求まるモーメントマグニチュードが変動しないようにすべり量を設定する。
なお、Δσの設定において「ばらつきを考慮」していることから、マグニチュードは保守的となっている。
すべり域(超大すべり域, 大すべり域, 背景領域)のすべり量の設定については次頁参照。

※3 断層面積は右図の特性化波源モデル値。ただし、超大すべり域, 大すべり域の位置により若干変動する。



特性化波源モデル(一例)

(参考) 保守性を考慮した基準津波の設定について

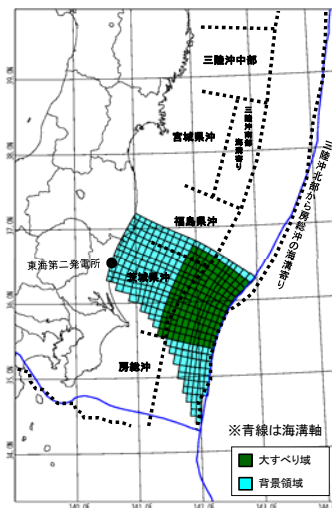
- 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見からは、「茨城県沖に想定する津波波源」が波源として妥当であるが、保守的設定(波源領域の拡張, 超大すべり域の設定, すべり量の割り増し等)を行った「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」を基準津波の波源として選定している。
- なお、解析における水位上昇量の最大値である最大水位上昇量が「茨城県沖に想定する津波波源」は約8mに対し、「茨城県沖から房総沖に想定する津波波源」は約16mであり、約8mの裕度を確保していることを確認している。

茨城県沖に想定する津波波源の諸元

パラメータ		設定値
断層面積:S		29,630 km ²
モーメントマグニチュード:Mw		8.5
平均すべり量:D		4.5 m
すべり量	超大すべり域 (面積比率)	—
	大すべり域:2D (面積比率)	9.0 m (全体面積の40%)
	背景領域:0.33D	1.5 m
最大水位上昇量:m		8.17

茨城県沖から房総沖に想定する津波波源の諸元

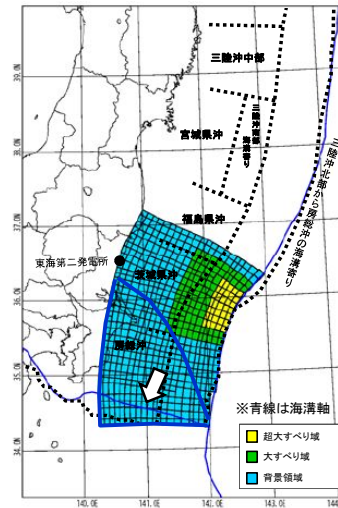
パラメータ		設定値
断層面積:S		53,684 km ²
モーメントマグニチュード:Mw		8.7
平均すべり量:D		6.1 m
すべり量	超大すべり域:4D (面積比率)	24.3 m (全体面積の5%)
	大すべり域:2D (面積比率)	12.1 m (全体面積の15%)
	背景領域:0.62D	3.8 m
最大水位上昇量:m		16.08



茨城県沖に想定する津波波源

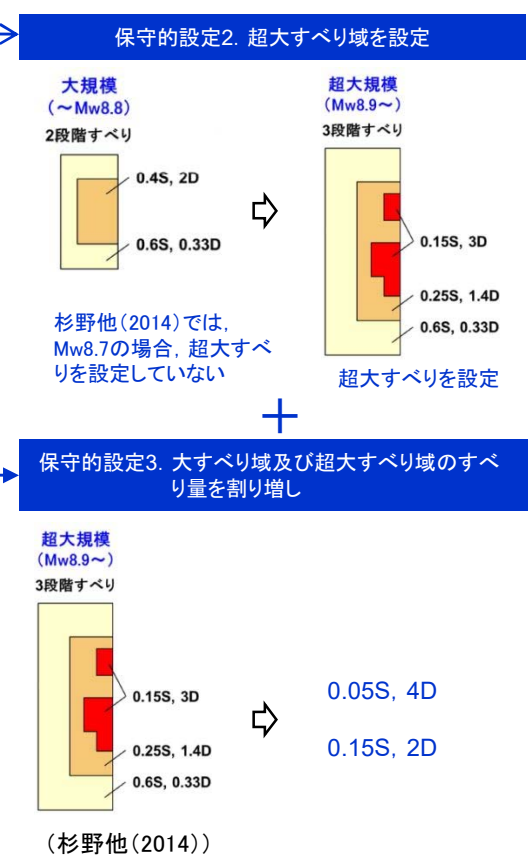
保守的設定1, 2, 3を考慮

保守的設定1. 津波波源の南限を房総沖まで拡張
※北米プレートとフィリピン海プレートの境界を越えて矩形となるように設定



茨城県沖から房総沖に想定する津波波源

論点No.26-3



【論点No.26】

津波の想定波源の設定の方法及び考え方並びにその保守性について

【委員からの指摘事項等】

No.18

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

津波の想定波源とマグニチュード8.7の関係について、平均すべり量を重要視して、それによって求められたマグニチュードは固定するという評価の考え方について、わかりやすい説明をすること。

P.2

論点No.27, 28, 30【津波対策】

①防潮堤の構造及び設置ルート変更後の基準津波の遡上に関する再解析結果及び再現性確認の妥当性について

【説明概要】

波源モデルや津波伝播に関するモデルの設定にあたっては、2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波痕跡高さを再現出来るモデルの設定と同じ考えとしている。

波源モデルや津波伝播に関するモデル(設定するメッシュサイズの大きさなど)の妥当性については、広域(最小50mのメッシュサイズ)及び発電所周辺(最小5mのメッシュサイズ)で2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波痕跡高さを良好に再現出来ることを確認している。

②東日本大震災の痕跡値と再現解析の浸水範囲との比較及びその結果について

【説明概要】

2011年東北地方太平洋沖地震津波による発電所で痕跡が確認された範囲と再現計算による浸水範囲を比較した結果、同程度であり、波源モデルや津波伝播に関するモデル(評価するモデル)が妥当であることを確認している。

③海底地形の考慮について(海底勾配が1/100以下程度の遠浅であることの考慮等を含む)

【説明概要】

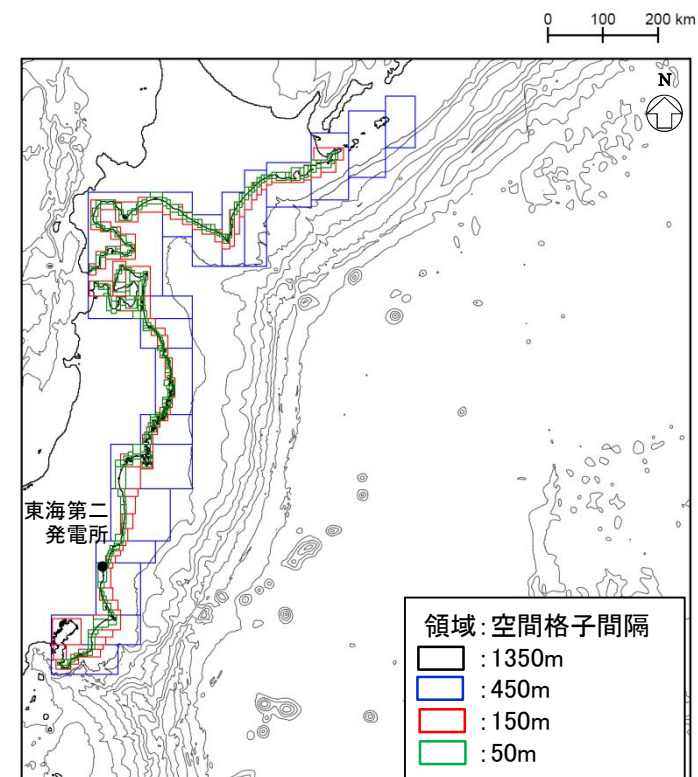
既往津波を良好に再現出来るモデルを用い、最新の海底地形データも反映し、発電所の津波想定を行っている。なお、保守性については、論点26の通りである。

- 波源モデルや津波伝播に関するモデルの設定にあたっては、2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波痕跡高さを再現出来るモデルの設定と同じ考えとしている。
- 波源モデルや津波伝播に関するモデルの妥当性を確認するため、広域(最小50mのメッシュサイズ)における2011年東北地方太平洋沖地震の津波痕跡高さの再現性の観点から以下の条件で検討した。

広域の再現解析の計算条件

項目	条件	備考
計算領域	北海道から千葉房総付近までの太平洋 (南北約1,300km, 東西約1,200km)	
メッシュ構成	沖合1,350m→450m→150m→沿岸50m	長谷川他(1987)
基礎方程式	非線形長波理論	後藤・小川(1982)の方法
計算スキーム	スタaggerド格子, リープ・フロッグ法	後藤・小川(1982)の方法
初期変位量	Mansinha and Smylie(1971)の方法	
境界条件	沖側: 後藤・小川(1982)の自由透過の条件 陸側: 計算格子間隔50m領域は小谷他(1998)の陸上遡上境界条件 それ以外は完全反射条件	
越流条件	防波堤: 本間公式(1940) 護岸: 相田公式(1977)	
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数($n=0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$)	
水平渦動粘性係数	考慮していない($Kh=0$)	
計算時間間隔	$\Delta t=0.5$ 秒	C.F.L.条件を満たすように設定
計算時間	津波発生後240分間	十分な計算時間となるように設定
潮位条件	T.P.-0.4m	地震発生時の潮位

津波水位=潮位+水位変動量+2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量

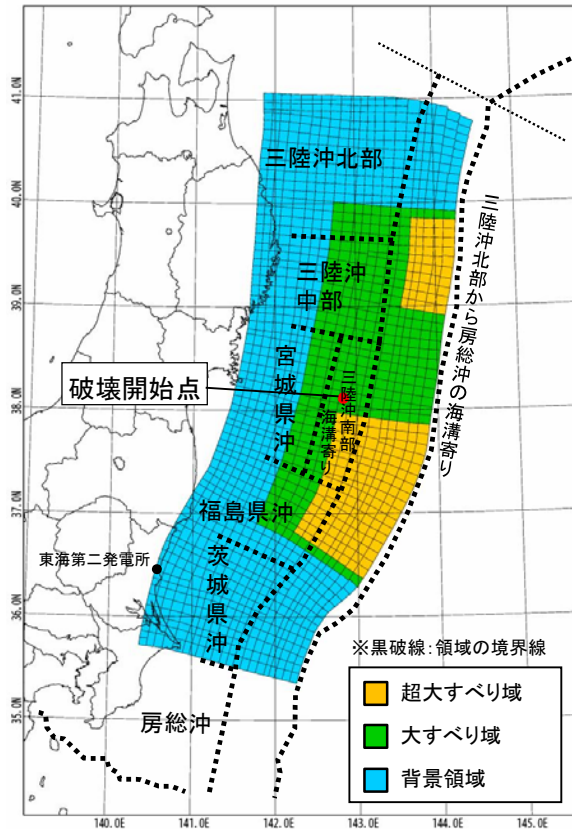


海域のコンター線は1000m間隔で表示

計算領域と格子分割

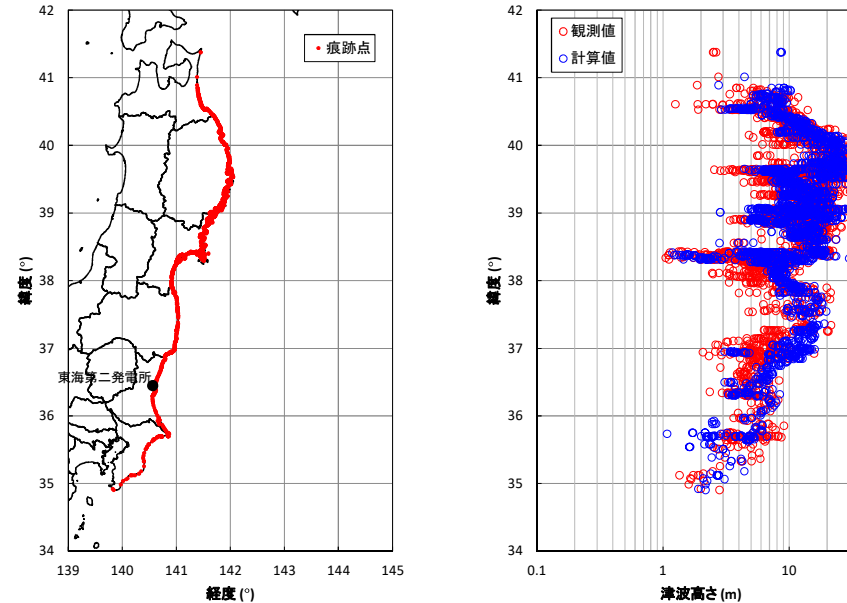
- 設定した波源モデルは、2011年東北地方太平洋沖地震の津波痕跡高(東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012))に対して計算値の方が大きくなっているが(幾何平均 $K=0.94$)、幾何標準偏差($\kappa=1.43$)は土木学会(2016)の再現性の目安値を満足している。
- なお、幾何平均 K は1より小さい(痕跡高に対して計算値の方が大きい)ため保守的である。

【東北地方太平洋沖型の波源モデル】



破壊開始点 : 震源位置
破壊伝播速度 : 3.0km/s
立ち上がり時間 : 30秒

【再現性の確認結果】



青森県北部～千葉県南部における2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の痕跡地点(左図)及び痕跡高(右図)
(東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)のデータを使用)

地点数 n	幾何平均 K	幾何標準偏差 κ
2,772	0.94	1.43

【幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ の再現性の目安】
 $0.95 < K < 1.05$
 $\kappa < 1.45$

(土木学会(2016))

幾何平均 K : 計算による津波高さ(計算値)と津波痕跡高(観測値)の平均的な対応関係を示す。
幾何標準偏差 κ : 計算値と観測値との対応関係のばらつきを示す。

波源モデルや広域(最小50mのメッシュサイズ)の津波伝播に関するモデルについて、2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波痕跡高さを良好に再現出来ることを確認している。

東北地方太平洋沖型の津波波源 (発電所周辺の再現性の確認: 計算条件及び計算領域)

- 広域の津波の再現性が良好な波源モデルや津波伝播に関するモデルを基本として、メッシュの大きさ、陸側境界条件等を一部見直し、発電所周辺(最小5mのメッシュサイズ)における2011年東北地方太平洋沖地震の津波痕跡高さの再現性の観点から以下の条件で検討した。
- 津波伝播に関するモデルが既往津波を良好に再現出来るモデルであることを確認し、発電所の津波想定を行っている。

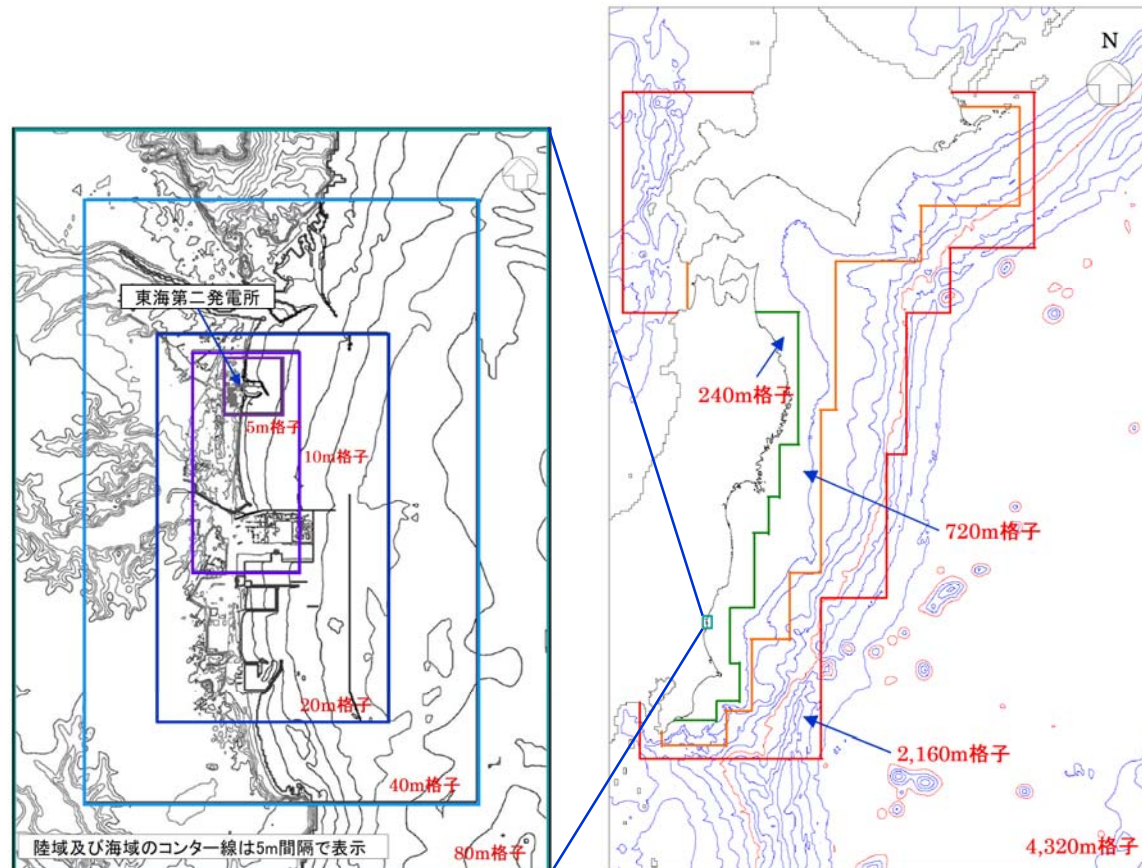
発電所周辺の再現解析の計算条件

項目	条件	備考
計算領域	北海道から千葉房総付近までの太平洋 (南北約1,300km, 東西約800km)	
メッシュ構成	沖合4,320m→2,160m→720m→沿岸域240m→ 発電所周辺80m→40m→20m→10m→5m	長谷川他(1987)
基礎方程式	非線形長波理論	後藤・小川(1982)の方法
計算スキーム	スタガード格子, リープ・フロッグ法	後藤・小川(1982)の方法
初期変位量	Mansinha and Smylie (1971)の方法	
境界条件	沖側: 後藤・小川(1982)の自由透過の条件 陸側: 敷地周辺(計算格子間隔80m~5m)の領域は小谷他(1998)の陸上遡上境界条件 それ以外は完全反射条件	
越流条件	防波堤: 本間公式(1940) 護岸: 相田公式(1977)	
海底摩擦係数	マニングの粗度係数 ($n=0.03m^{-1/3}s$)	
水平渦動粘性係数	考慮していない ($Kh=0$)	
計算時間間隔	$\Delta t=0.05$ 秒	C.F.L.条件を満たすように設定
計算時間	津波発生後240分間	十分な計算時間となるように設定
潮位条件	T.P.-0.49m	地震発生時の日立港潮位

津波水位 = 潮位 + 水位変動量 + 2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量

津波伝播に関するモデルに用いた地形データ

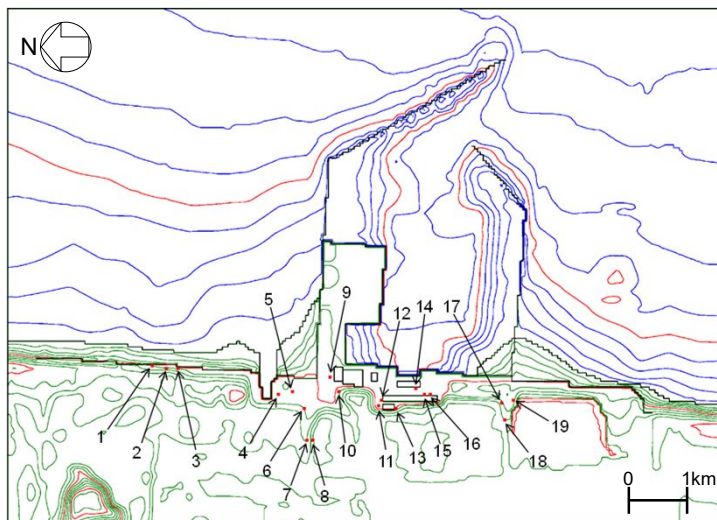
項目	データ
陸上地形	<ul style="list-style-type: none"> • 津波解析用地形データ: 茨城県(2007) • 敷地平面図: 日本原子力発電(株)(2007)
海底地形	<ul style="list-style-type: none"> • JTOPO30: (財)日本水路協会(2006) • 沿岸の海の基本図デジタルデータ: (財)日本水路協会(2002) • 津波解析用地形データ: 茨城県(2007) • 東海水深図: 日本原子力発電(株)(2007)



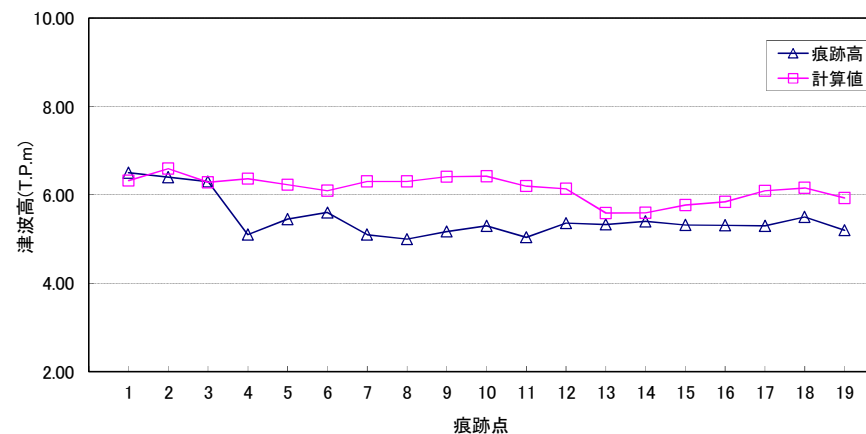
計算領域と格子分割(発電所周辺)

計算領域と格子分割(沖合~沿岸域)

- 設定した波源モデルは、発電所では痕跡高に対して計算値の方が大きくなっているが(幾何平均 $K=0.89$)、幾何標準偏差($\kappa=1.08$)は土木学会(2016)の再現性の目安値を満足している。
- なお、幾何平均 K は1より小さい(痕跡高に対して計算値の方が大きい)ため保守的である。



敷地内評価点



計算値と痕跡高の比較

地点数 n	幾何平均 K	幾何標準偏差 κ
19	0.89	1.08

【幾何平均 K 及び幾何標準偏差 κ の再現性の目安】

$$0.95 < K < 1.05$$

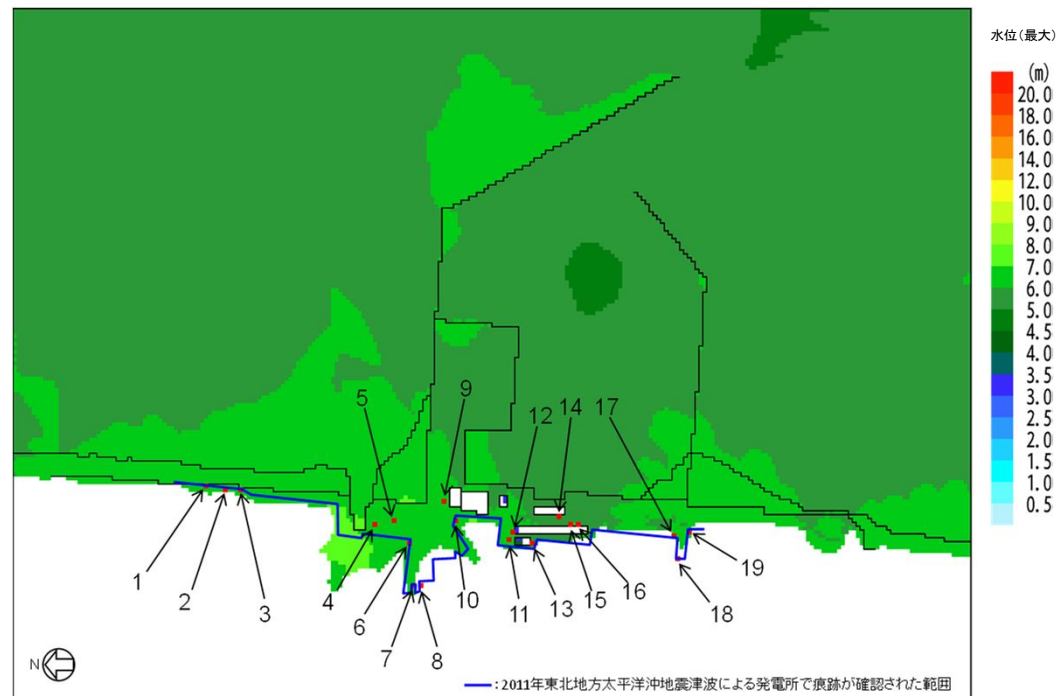
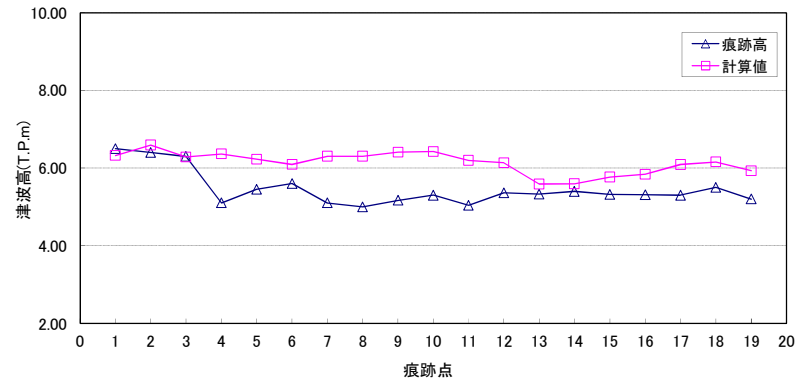
$$\kappa < 1.45$$

(土木学会(2016))

波源モデルや発電所周辺(最小5mのメッシュサイズ)の津波伝播に関するモデルについて、2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波痕跡高さを良好に再現出来ることを確認している。

2011年東北地方太平洋沖地震津波の痕跡域と再現計算の浸水範囲との比較

- 2011年東北地方太平洋沖地震津波による発電所で痕跡が確認された範囲と再現計算による浸水範囲を比較した結果、同程度であり、波源モデルや津波伝播に関するモデル(評価するモデル)は妥当であることを確認している。



2011年東北地方太平洋沖地震津波の再現計算の浸水範囲

論点No.27,28,30-6

【論点No.27】

防潮堤の構造及び設置ルート変更後の基準津波の遡上に関する再解析結果及び再現性確認の妥当性について

【委員からの指摘事項等】

No.19

痕跡値は50mのメッシュでは解像できない場所の詳細の津波の遡上現象まで含まれた結果であることに留意した上で再現すること。

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

P.2-5

【論点No.28】

東日本大震災の痕跡値と再現解析の浸水範囲との比較及びその結果について

【委員からの指摘事項等】

No.20

東北地方太平洋沖型の津波波源の発電所周辺の再現性確認結果に関して、評価するモデルが妥当であるか、浸水範囲についても説明すること。

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

P.6

【論点No.30】

海底地形の考慮について(海底勾配が1/100以下程度の遠浅であることの考慮等を含む)

【委員からの指摘事項等】

No.22

P.4

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

海底の地形を考慮した上で、今回の評価は十分に保守的であるということでよいのか。

港湾の固有周期の算定結果及び時刻歴波形を用いた局所的な増幅の有無等に関する解析結果について

【説明概要】

- 港湾の内外において、最大水位上昇量や傾向に大きな差異はなく、文献より求めた港湾の固有周期(4分程度)と基準津波の周期(30分程度)が大きく異なることから、港湾内の局所的な海面の励起は生じていないと推測される。
- 津波の伝播経路を考え、港湾内の各地点の水位の時刻歴波形を重ね合わせた結果、同様の波形を示していることから、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動による励起は生じていないと考えられる。

港湾内の局所的な海面の励起について

- 港湾の内外において、最大水位上昇量や傾向に大きな差異はなく、文献(水理公式集—昭和60年版—, 土木学会, p.563-564, 1985)より求めた港湾の固有周期(4分程度)と基準津波の周期(30分程度)が大きく異なることから、港湾内の局所的な海面の励起は生じていないと推測される。(図1)
- 津波の伝播経路を考え、港湾内の各地点(①港口, ②泊地中央, ③取水口, ④港奥北, ⑤港奥南)の水位の時刻歴波形を重ね合わせた結果、同様の波形を示していることから、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動による励起は生じていないと考えられる。(図2)

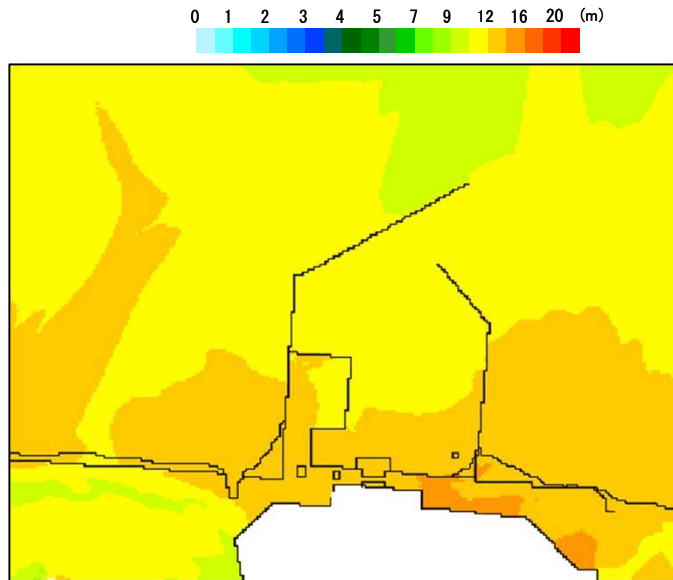


図1. 基準津波(水位上昇側)による敷地周辺における最大水位上昇量分布

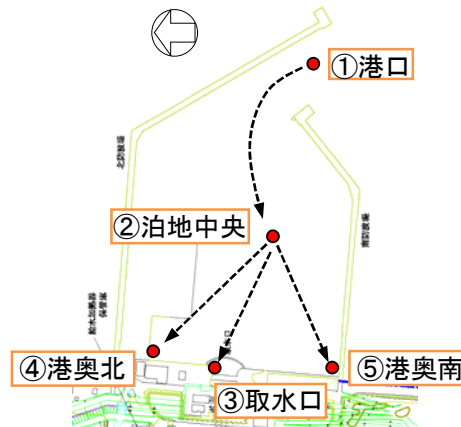
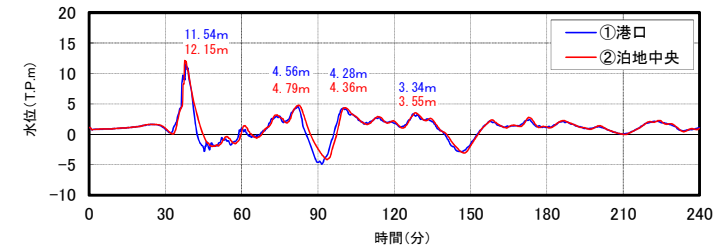
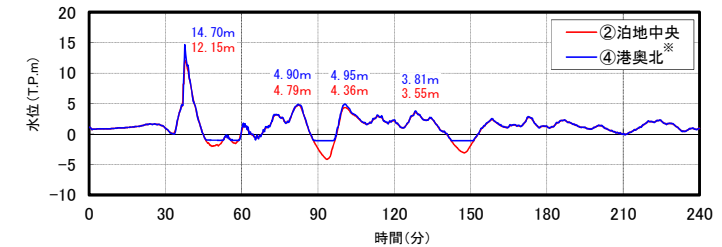


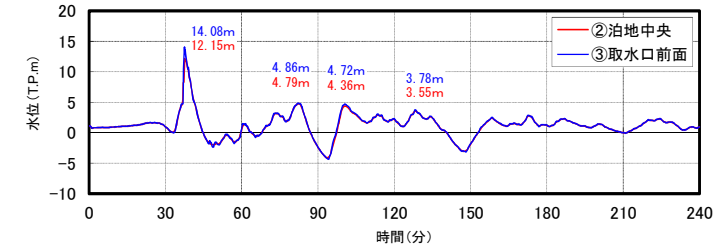
図2.1 港湾内における時刻歴波形の地点



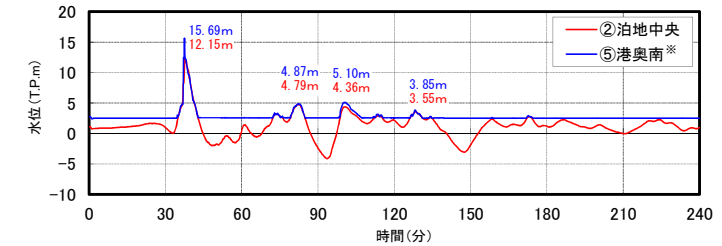
①港口と②泊地中央の水位時刻歴波形の比較



②泊地中央と④港奥北の水位時刻歴波形の比較



②泊地中央と③取水口前面の水位時刻歴波形の比較



②泊地中央と⑤港奥南の水位時刻歴波形の比較

※水位は海底面を下限としているため、水位が直線となる時間帯がある。

図2.2 港湾内における時刻歴波形の地点別比較

【論点No.29】

港湾の固有周期の算定結果及び時刻歴波形を用いた局所的な増幅の有無等に関する解析結果について

【委員からの指摘事項等】

No.21

防波堤を含めた港内の振動の特性に関する予測結果について、固有振動がどういうモードでどういう周期を持っているのか確認し、説明すること。

P.2

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

防潮堤の設置ルート変更に伴う敷地面積減少による影響及び運用上の変更等について

【説明概要】

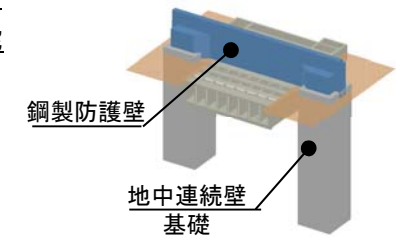
防潮堤ルート変更に伴う津波防護対象施設等や運用への影響はない。

- ・施設への影響：防潮堤ルート変更後も、津波から防護する施設の配置の変更は必要なく、津波が到達しない箇所となっているため、防潮堤ルート変更の影響を受けない。
- ・運用への影響：防潮堤ルート変更後も、敷地北側へのアクセスも可能であり、重大事故時等に対応するためのルートも確保できるため、防潮堤ルート変更の影響を受けない。

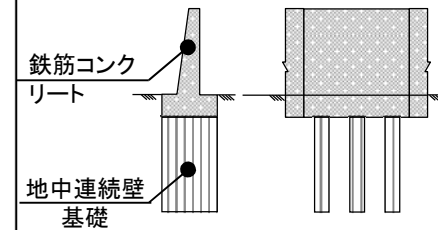
1. 防潮堤のルート変更の概要

- 敷地北側の防潮堤ルートを下図のとおり変更した(全長 約2.2km → 約1.7km)。
- 防潮堤は、地震時における地盤の変形や津波による洗堀などに対して、浸水防護をより確実なものとするため表層地盤改良を行う計画としていたが、表層地盤改良等の実施が敷地北側に設置する「低レベル放射性廃棄物埋設事業所廃棄物処理施設(L3 事業所)」及び他事業者施設の地下水流況に影響を及ぼす可能性等を考慮して、岩着支持杭形式への構造変更とあわせて、防潮堤のルートの一部を変更した。
- また、当初は岩着させない摩擦杭での構造成立性を確認していたが、豊浦標準砂による周辺地盤の強制的な液状化を考慮した評価を行うこととなったため、杭を岩着させ、より安全性を高める構造に変更した。
- ルート変更に伴う津波防護への影響はない。

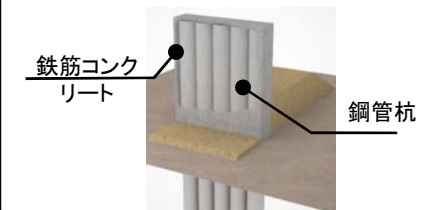
①鋼製防護壁



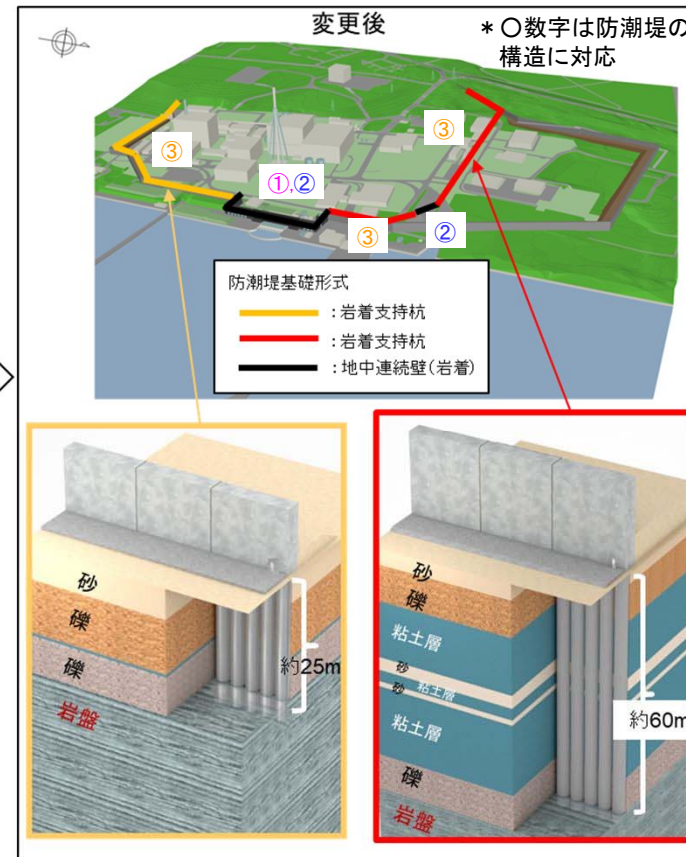
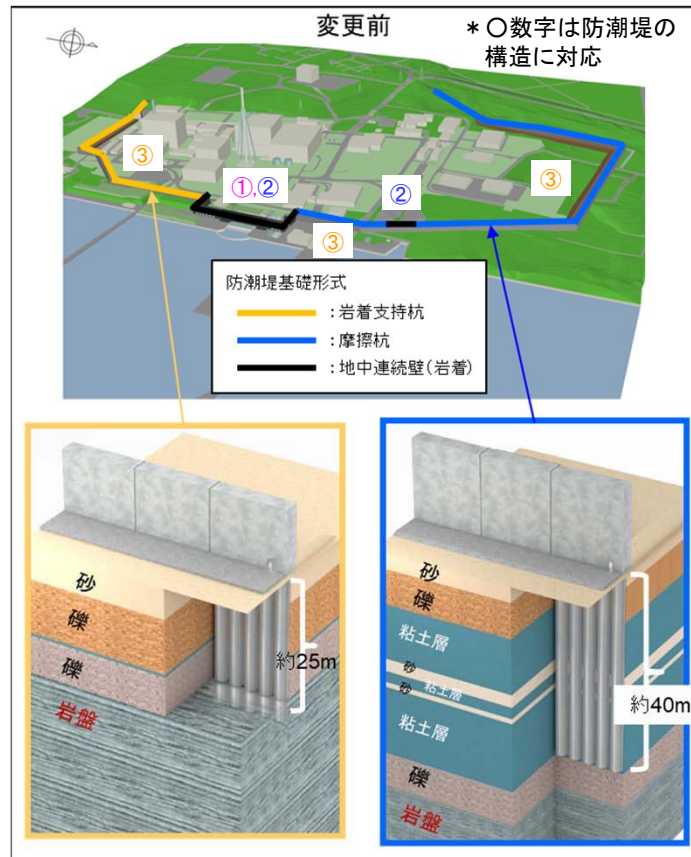
②鉄筋コンクリート防潮壁



③鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁



防潮堤の構造イメージ

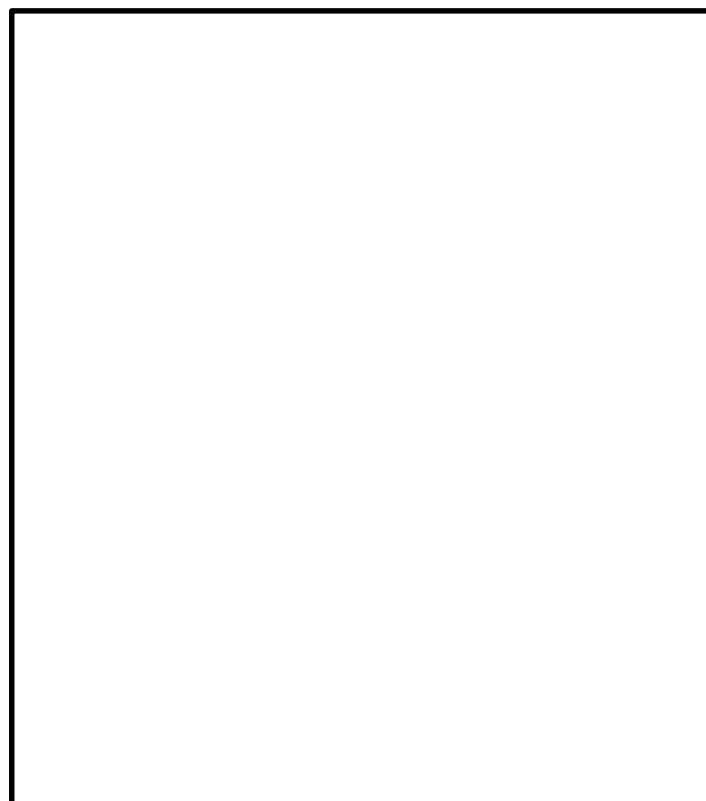


2. 防潮堤ルート変更に伴う津波防護対象施設等及び保管場所の配置への影響

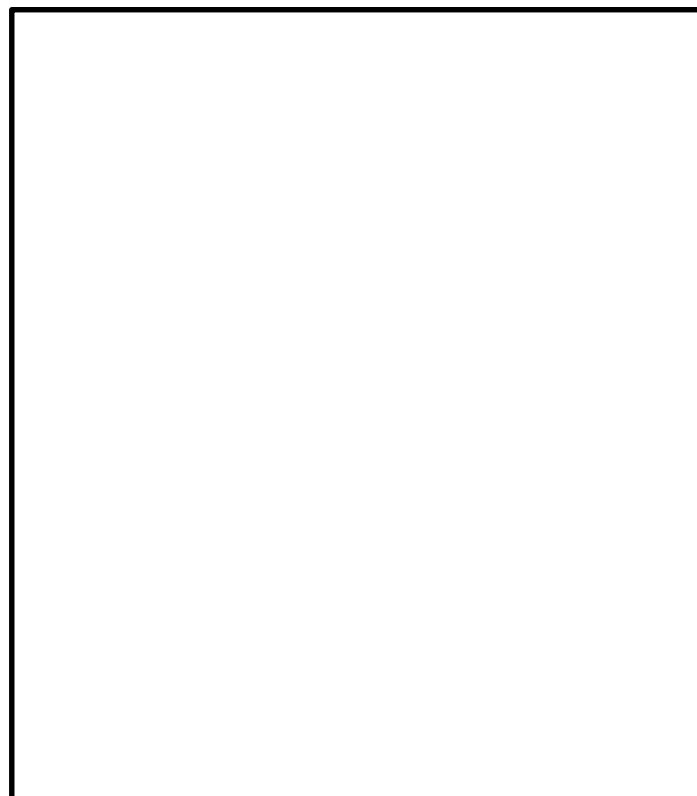


●防潮堤ルート変更に伴う津波防護対象施設及び敷地北側への影響はない。

- ・津波から防護する施設は、防潮堤ルート変更前後とも、防潮堤の内側又は高台に設置されるため、配置の変更はなく、防潮堤ルート変更の影響を受けない。
- ・防潮堤ルート変更後においても、防潮堤沿いに敷地北側へアクセスできる道路を設ける。
- ・重大事故等時に使用する可搬型設備の保管場所は、常設重大事故等対処設備及び設計基準対処設備から十分な離隔距離を確保して分散配置がされているが、防潮堤ルート変更前後とも配置に変更はなく、防潮堤ルート変更の影響を受けない。



(防潮堤ルート変更前)



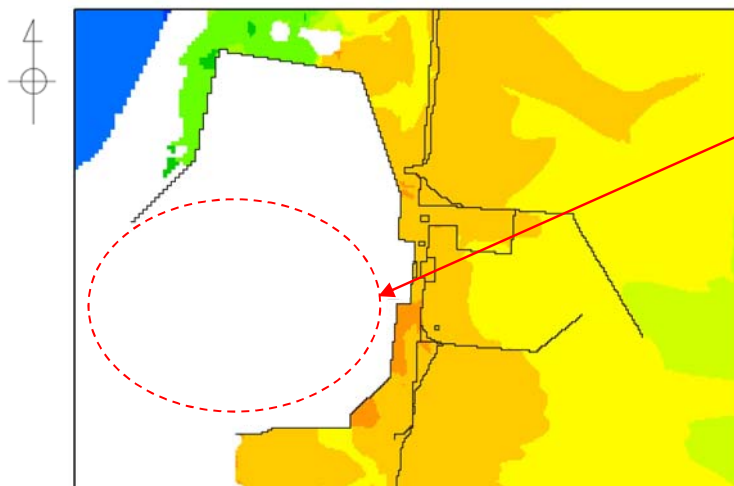
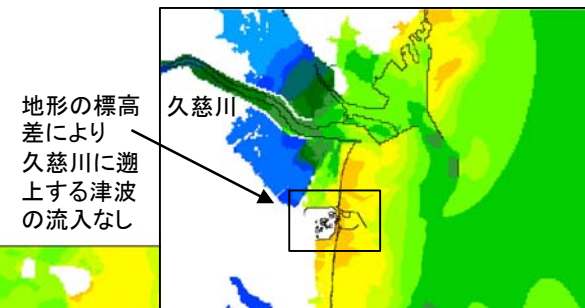
(防潮堤ルート変更後)

(凡例)	
	: 防潮堤ルート
	: 津波防護対象施設
	: 敷地北側及び港湾への アクセスルート
	: 可搬型設備の保管場所

3. 防潮堤ルート変更に伴う津波高さ及び施設への影響

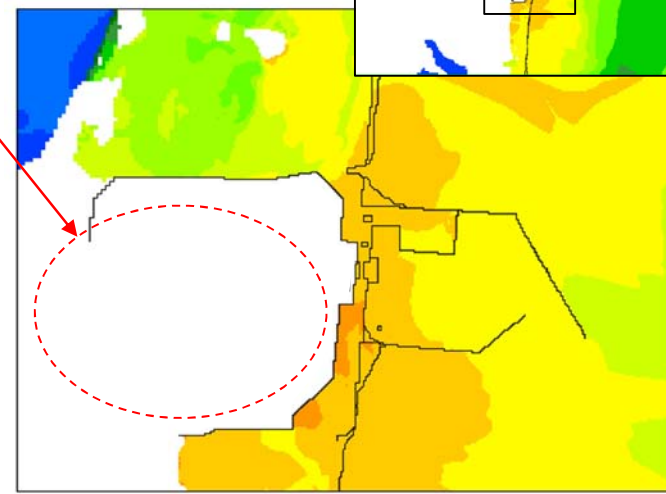
● 防潮堤ルート変更に伴う津波高さへの影響はなく、防潮堤高さ及び津波防護対象施設への影響はない。

- ・ 防潮堤ルート変更後は、各区画とも津波高さが同じか低くなる傾向
- ・ 変更の前後とも、防潮堤高さは津波高さを上回り、防潮堤内側への浸水を防止
- ・ 変更の前後とも、津波防護対象施設が設置される箇所には、津波は到達せず



(防潮堤ルート変更前)

ルート変更に関わらず津波防護対象施設を設置する箇所は防潮堤により防護され、津波は到達しない。



(防潮堤ルート変更後)

津波遡上の解析結果



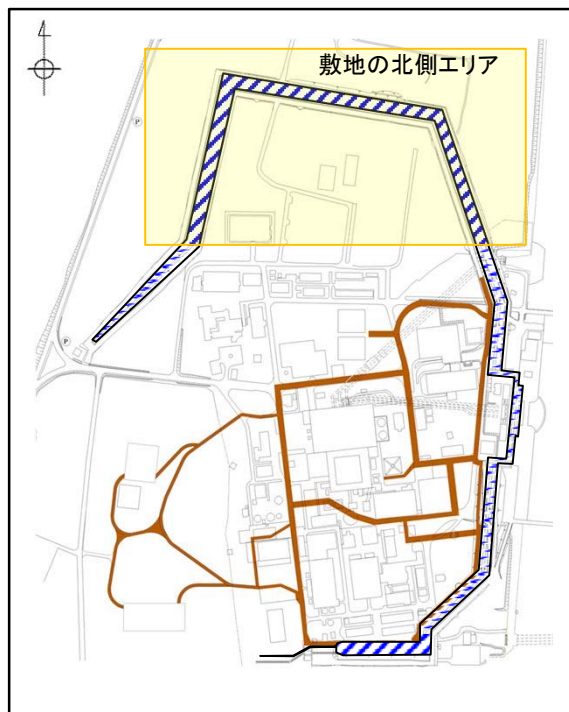
防潮堤の区画	各区画での最大津波高さ (防潮堤ルート変更前)	各区画での最大津波高さ (防潮堤ルート変更後)	入力津波高さ	防潮堤高さ
北側	T.P.+15.2m	T.P.+12.0m	T.P.+15.4m	T.P.+18m
東側	T.P.+17.7m	T.P.+17.7m	T.P.+17.9m	T.P.+20m
南側	T.P.+16.6m	T.P.+16.6m	T.P.+16.8m	T.P.+18m

4. 防潮堤ルート変更に伴う重大事故等時への対応の影響

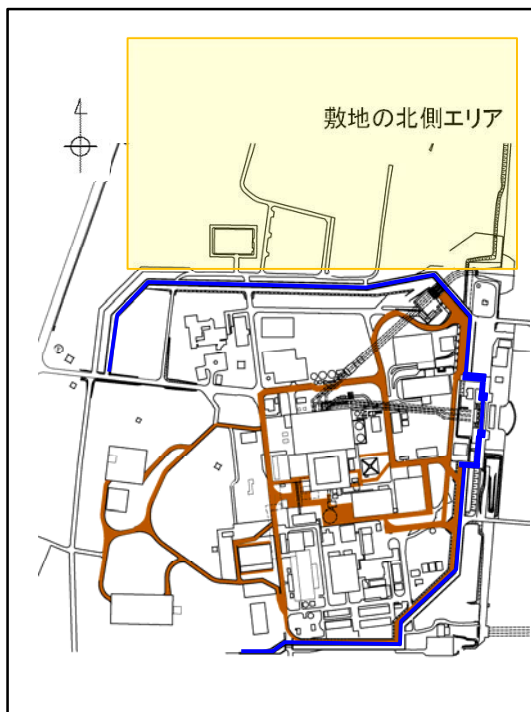
●防潮堤ルート変更に伴う重大事故等時のアクセスルートへの影響はない。

- ・重大事故等時において必要となるルートは、敷地の北側にないため、防潮堤ルート変更の影響を受けない。
- ・外部支援に係る発電所構内への進入ルートは、敷地の北側エリアを通行するルート以外にも複数確保するため、防潮堤ルート変更の影響を受けない。

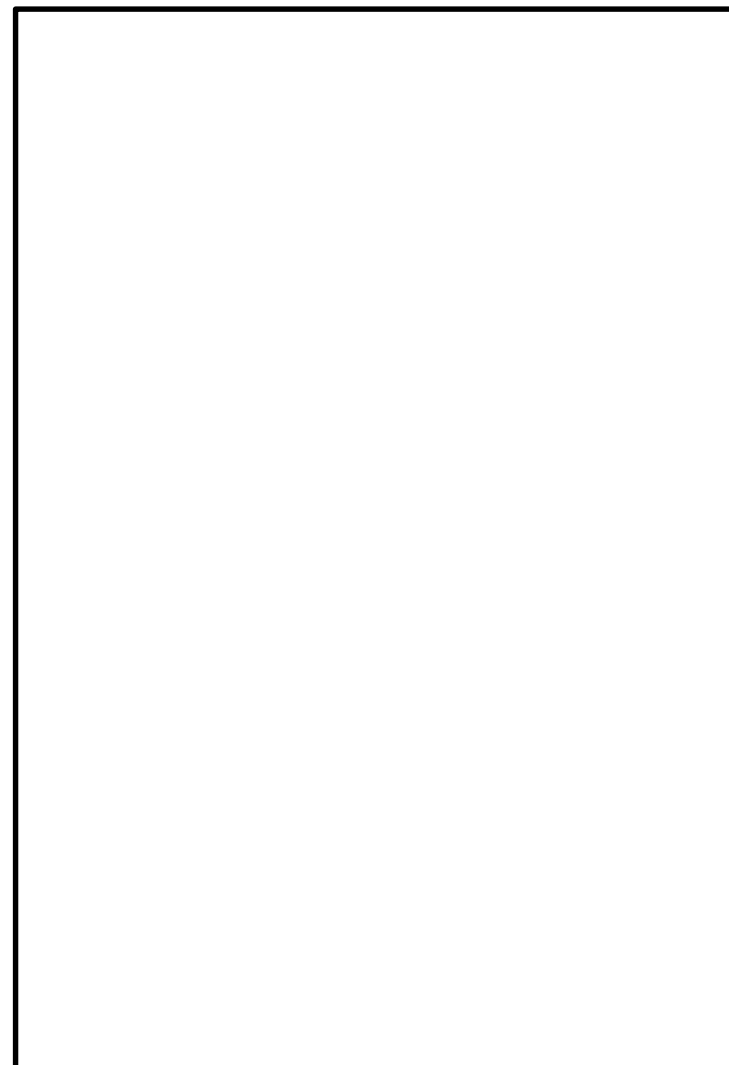
【凡例】
■ : 防潮堤 — : アクセスルート



アクセスルート図(防潮堤ルート変更前)



アクセスルート図(防潮堤ルート変更後)



5. 防潮堤の外側に設置される施設への影響

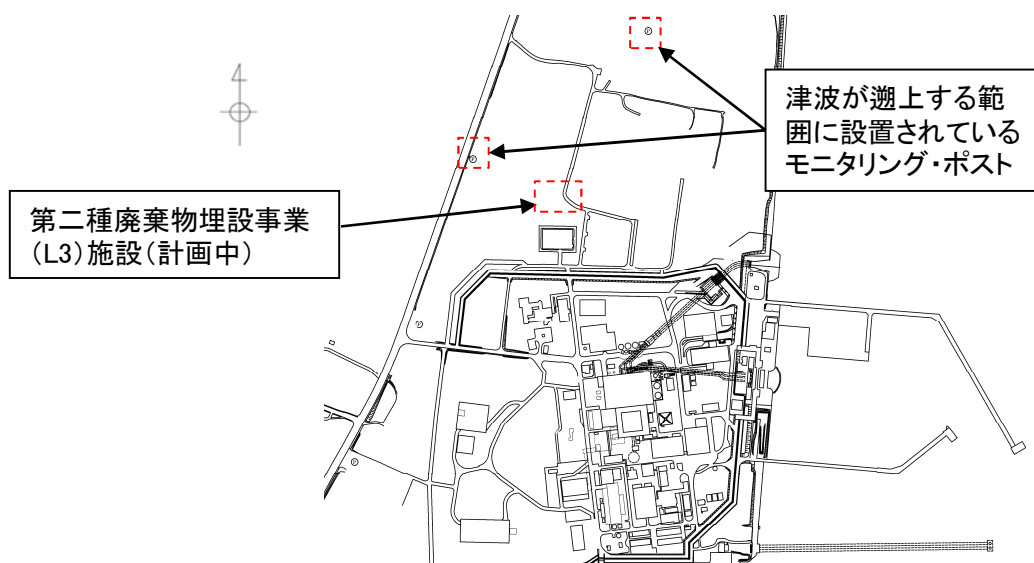
○モニタリング・ポスト

防潮堤の外側にはモニタリング・ポストが設置されており、基準津波が遡上する範囲に設置されているものについては、津波により機能喪失する可能性があるが、代替設備により機能を確保できるため、安全性への影響はない。

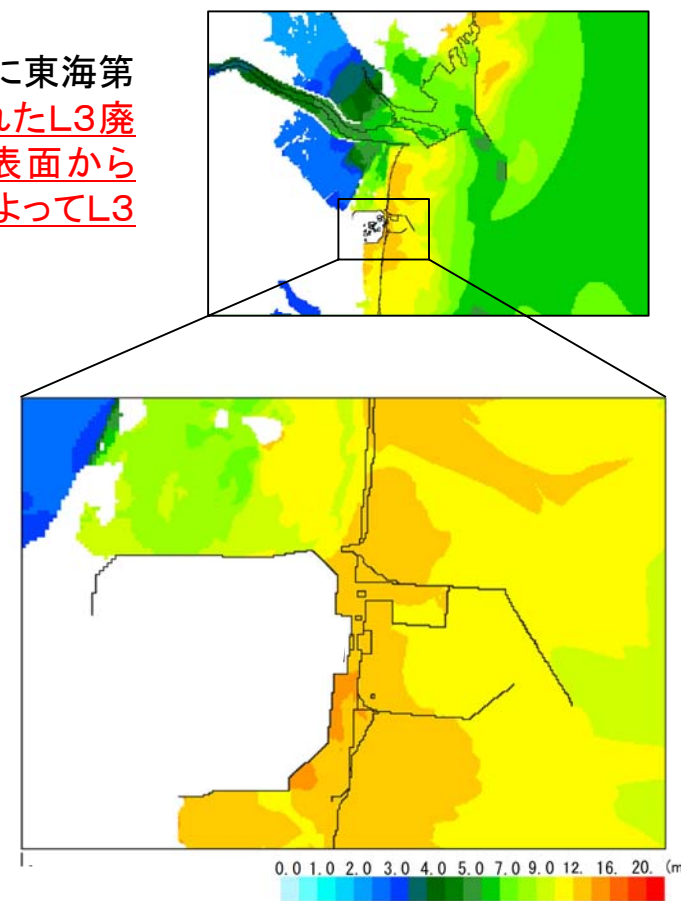
<別紙2参照>

○第二種廃棄物埋設事業(L3)施設(設置を申請中)

設置を計画している第二種廃棄物処理埋設事業(L3)施設の埋設箇所¹に東海第二発電所の基準津波が遡上すると仮定した場合でも、L3施設に埋設されたL3廃棄物は上面に覆土がされていること、定置作業中のL3廃棄物は、地表面から約4m掘り下げたトレンチ内に定置され、海水に浮かないことから、津波によってL3廃棄物が流出することはないと考える。<別紙3参照>

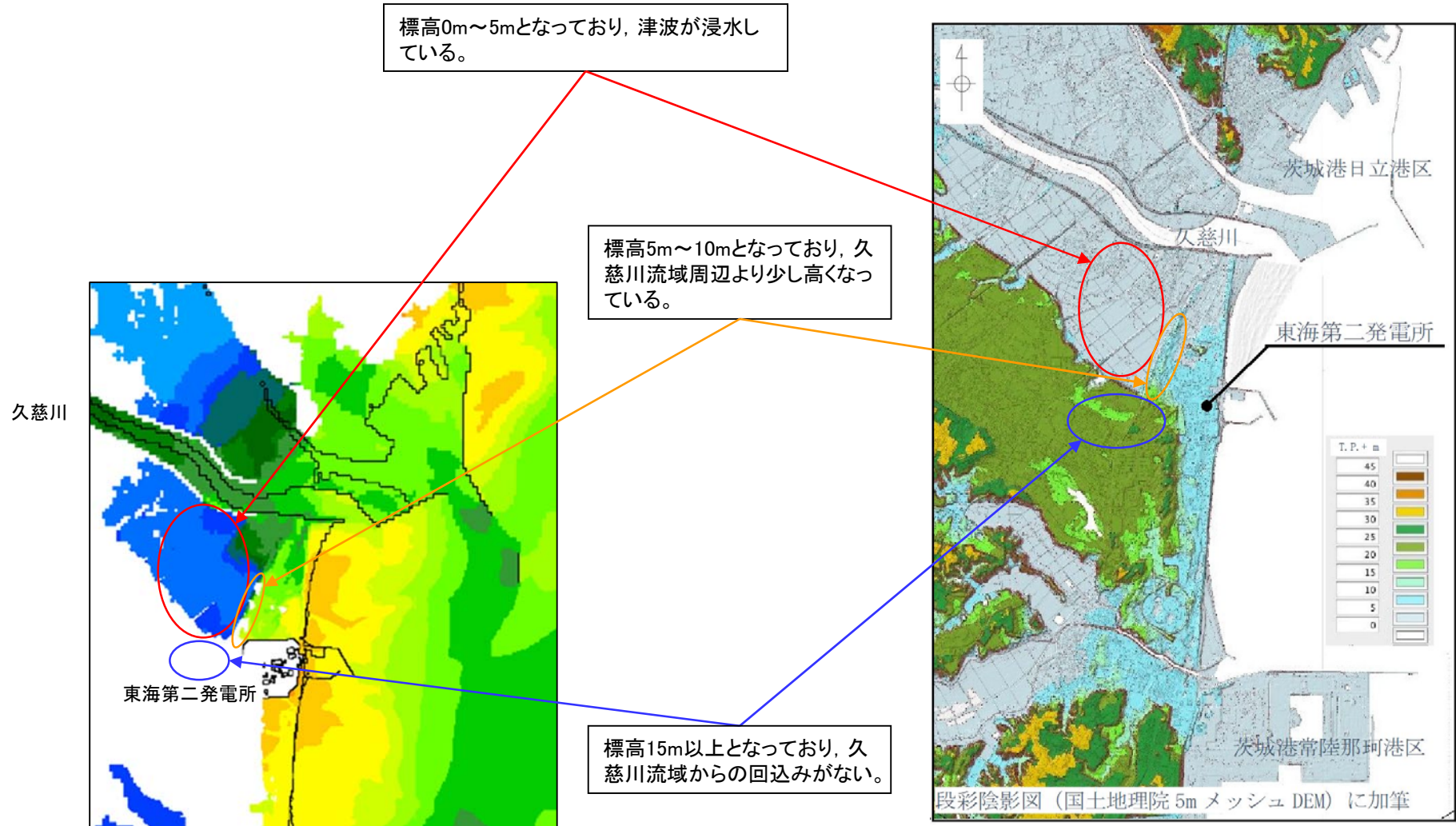


防潮堤の外側に設置される施設



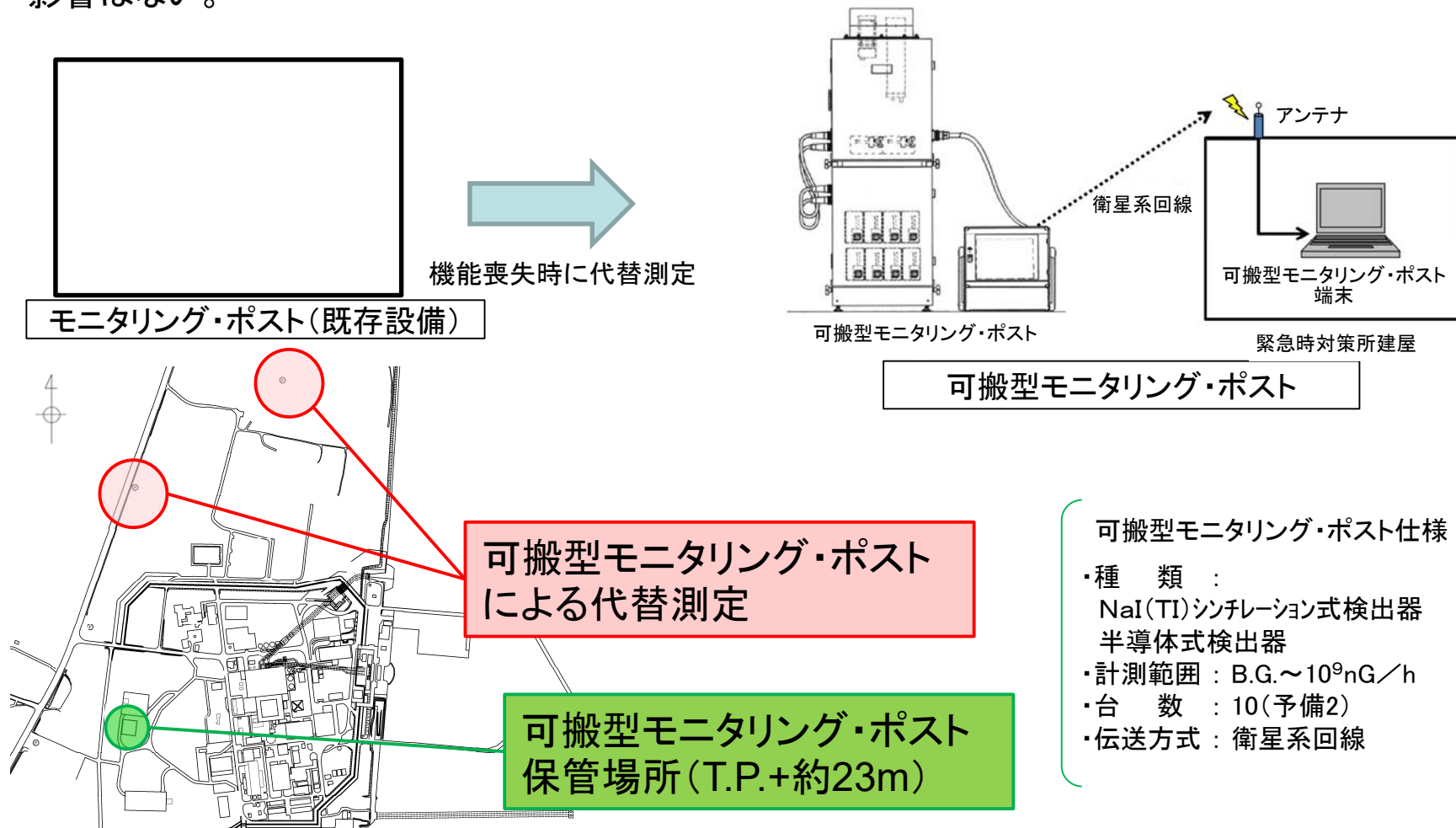
基準津波が遡上する範囲

<別紙1> 発電所周辺の浸水域と標高の関係



<別紙2> モニタリング・ポストへの影響

- ✓ モニタリング・ポストは、発電所周辺の放射線量の監視を行う機能を有している。
- ✓ 防潮堤の外側にはモニタリング・ポストが設置されており、基準津波が遡上する範囲に設置されているものについては、津波により機能喪失する可能性があるが、**津波の影響を受けない場所に配置している放射能観測車又は可搬型モニタリング・ポストにより機能を代替するため、安全性への影響はない。**

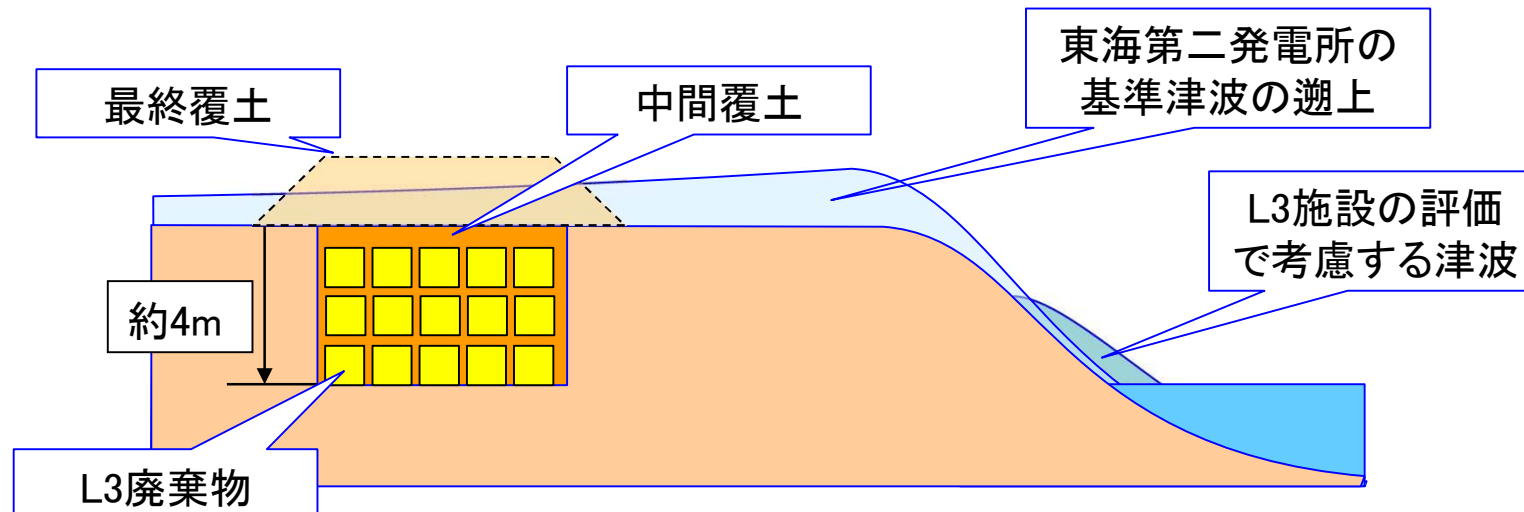


<別紙3> 第二種廃棄物埋設事業(L3)施設への影響

○第二種廃棄物埋設事業(L3)施設(申請中*)

- ・設置を計画している東海L3施設は、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」により、安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれないことが要求されている。
- ・ここで、今後の設置を計画しているL3施設の埋設箇所に東海第二発電所の基準津波が遡上すると仮定した場合でも、L3施設に埋設されたL3廃棄物は上面に覆土がされていること、定置作業中のL3廃棄物は、地表面から約4m掘り下げたトレンチ内に定置され、海水に浮かないことから、津波によってL3廃棄物が流出することはないと考える。

* 万が一、廃棄物が海洋に流出するようなことを想定した場合であっても、極めて放射能レベルの低い廃棄物のため、影響は小さい。



第二種廃棄物埋設事業(L3)施設概念図

* 第二種廃棄物埋設事業(L3)施設は、2015年7月に申請(2016年12月一部補正)し、現在は審査対応中となっている。

【論点No.31】

防潮堤の設置ルート変更に伴う敷地面積減少による影響及び運用上の変更等について

【委員からの指摘事項等】

No.23

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

防潮堤の設置ルートの変更がなされ、敷地を囲む面積が減っているが、これに関しては特に問題は生じないのか。防潮堤が敷地の中を通過することによって支障はないのか。

原子炉建屋等の内郭防護及び溢水影響評価の詳細について

【説明概要】

- 内郭防護として、地震により機器の損傷等が生じることを想定し、損傷箇所からの保有水の流出及び津波の流入による溢水量を評価し、原子炉建屋等の防護する区画への影響はないことを確認している。
- 構内排水路による排水機能や地盤への浸透は考慮しない等の保守的な条件で、溢水伝搬挙動解析を実施した結果、原子炉建屋の浸水深は0.13m、使用済燃料乾式貯蔵建屋回りの浸水深が0.12mである。
- 浸水深が、原子炉建屋の床面高さ0.2m、使用済燃料乾式貯蔵建屋の床面高さ0.3mを超えないため、防護対象区画への浸水影響はない。

原子炉建屋等の内郭防護及び溢水影響評価(全体概要)

●内郭防護として、機器の損傷等を想定し、損傷箇所からの保有水の流出及び津波の流出による溢水の影響を評価した結果、原子炉建屋等への影響はなかった。

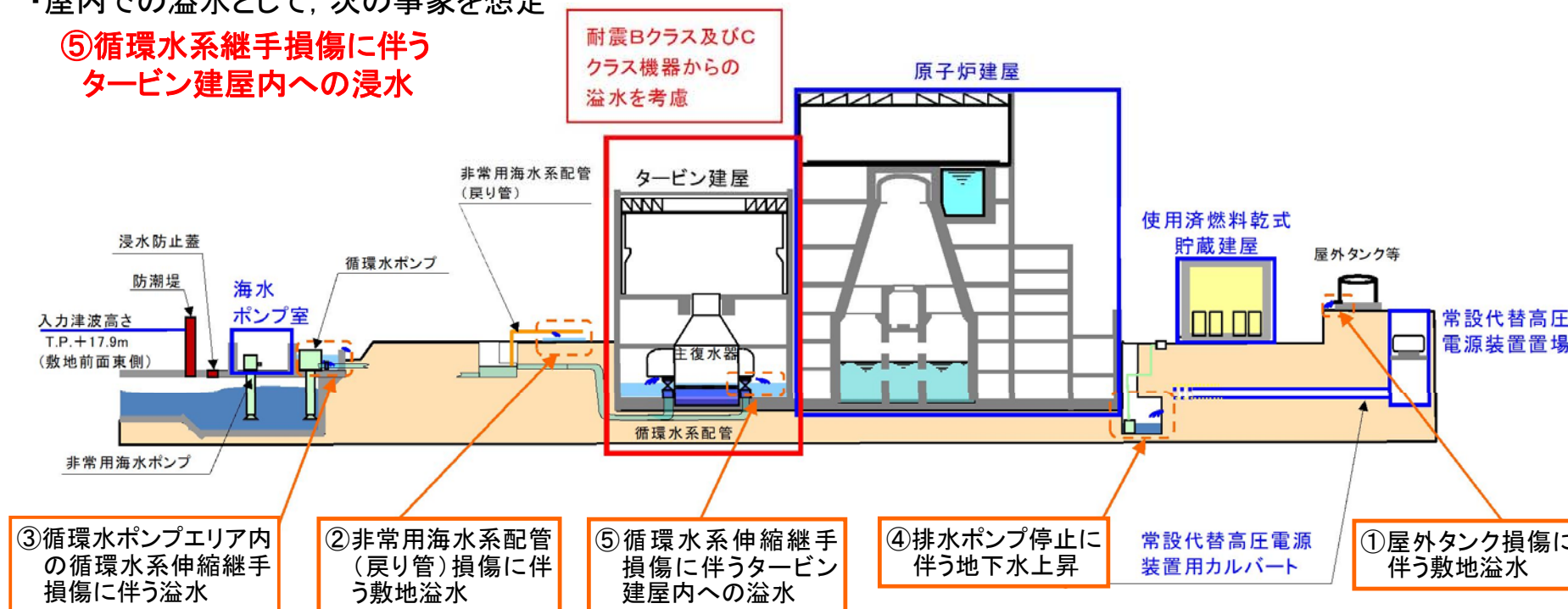
・地震により機器の損傷等が生じることを想定し、損傷箇所からの保有水の流出及び津波の流入による溢水量を評価し、原子炉建屋等への影響を確認

・屋外での溢水として、次の事象を想定

- ①屋外タンク損傷に伴う敷地溢水
- ②非常用海水系配管(戻り管)損傷に伴う敷地浸水
- ③循環水ポンプエリア内の循環水系伸縮継手損傷に伴う浸水
- ④排水ポンプ停止に伴う地下水上昇

・屋内での溢水として、次の事象を想定

- ⑤循環水系継手損傷に伴うタービン建屋内への浸水



原子炉建屋等の内郭防護及び溢水影響評価(敷地への溢水)



屋外で敷地に浸水する溢水

注:本評価は、屋外タンクの移設を反映して再評価した結果を示す。
なお、移設前の評価については<別紙1>に示す。

①屋外タンク等の損傷に伴う敷地浸水

◆溢水量評価 その1(溢水浸水深評価)

- ・屋外タンクの損傷により保有水が流出し、滞留する範囲を考慮して評価した結果、浸水深は約0.1m(以下)となった。
- ・T.P.+8mにおける原子炉建屋の床面高さは0.2m、使用済燃料乾式貯蔵建屋の床面高さは0.3mであり、
本評価では屋外タンクの損傷に伴う溢水は流入しない。

溢水源からの距離・面積に応じた浸水深

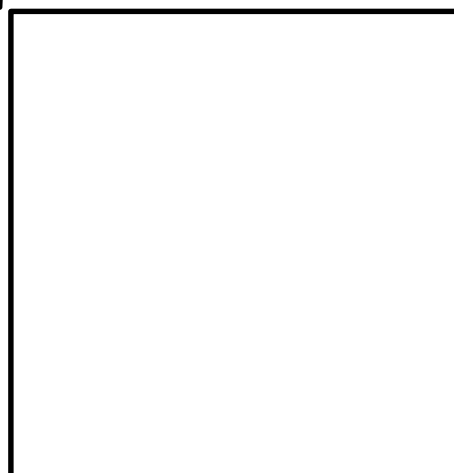
範囲	溢水源からの距離	評価浸水深
①	50m	1.61m
②	100m	0.41m
③	200m	0.11m

滞留する範囲を考慮して評価した結果

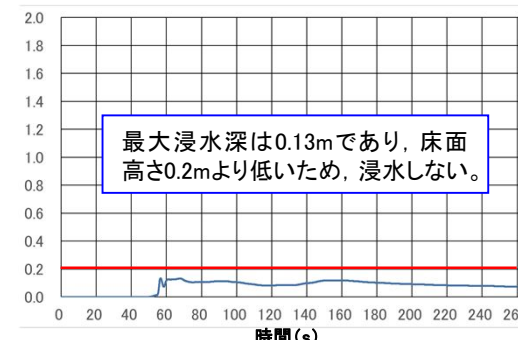
建屋	許容浸水深(床面の高さ)	敷地浸水深	評価結果
原子炉建屋	0.2m	約0.1m	影響なし
使用済燃料乾式貯蔵建屋	0.3m	0.1m以下	影響なし

◆溢水量評価その2(溢水伝搬挙動解析)

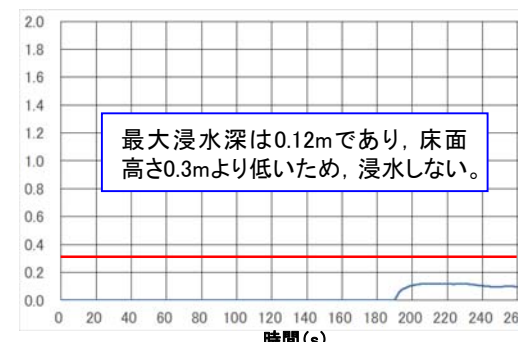
- ・屋外タンクが損傷して保有水(4500m³)が流出した時の溢水伝搬挙動解析を実施し、原子炉建屋の機器搬入口及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の機器搬入口の浸水水位を評価
- ・原子炉建屋の機器搬入口の浸水水位は、床面高さ0.2mより低く、浸水しないため、**防護対象区画への影響はなし**
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋の機器搬入口の浸水水位は、床面高さ0.3mより低く、浸水しないため、**防護対象施設への影響はなし**



評価箇所



①原子炉建屋(機器搬入口前)



②使用済燃料乾式貯蔵建屋

→原子炉建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋等について、
防護対象設備への溢水影響がないことを確認

評価箇所における
浸水深

屋外で敷地に浸水する溢水

②非常用海水系配管(戻り管)損傷に伴う敷地浸水

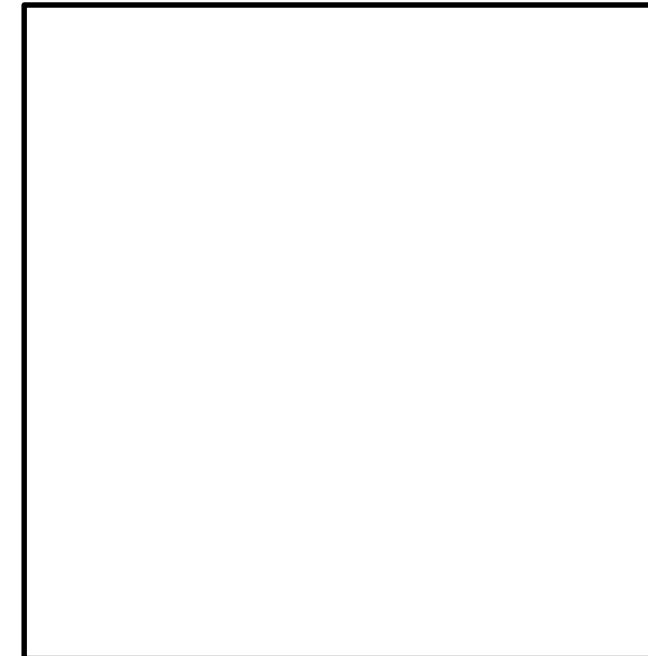
◆溢水影響評価

○非常用海水系配管(戻り管)の損傷部からの非常用海水ポンプの運転に伴う溢水と津波の流入に伴う溢水を考慮して、原子炉建屋及び使用済燃料貯蔵建屋への影響を評価

- ・非常用海水ポンプの運転継続を想定し、ポンプ全7台運転に伴う流量約4321m³/hが流出することを考慮する。
- ・津波の襲来までに放水路ゲートの閉止が可能であることから、放水路を逆流した敷地内への津波の流入は考慮しない。
- ・損傷部から流出した溢水は、敷地に広がるものとして評価する。

○評価の結果→原子炉建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋回りの浸水深は0.2m以下となり、床面高さより低いため浸水しない。

⇒原子炉建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋等について、防護対象設備への溢水影響がないことを確認



非常用海水系配管(戻り管)設置箇所

(1) 屋外の区画内での溢水

③ 循環水ポンプエリア内での循環水系伸縮継手損傷に伴う浸水

◆ 溢水量評価

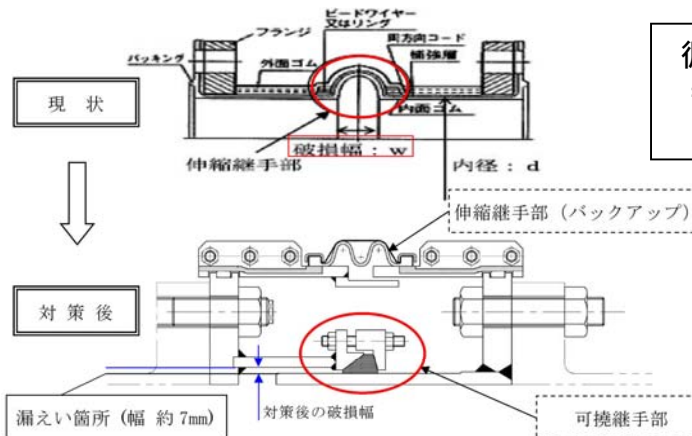
- ・ 損傷部からの海水の流入を考慮※1

※1 漏洩検知器により損傷部からの溢水を検知し、循環水ポンプを停止して出口弁を閉止するインターロックを設ける。このため、**地震発生からポンプ停止及び出口弁閉止まで(5分間)の間の損傷部から流入する溢水量を考慮する。**

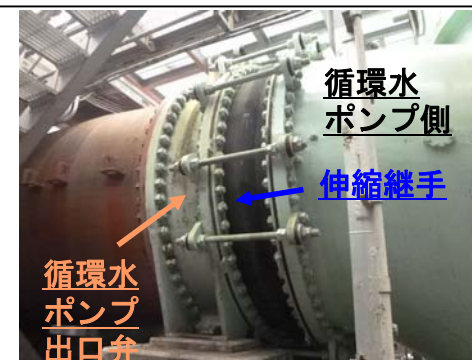
なお、インターロックにより、津波が襲来(約37分後)するまでにポンプ停止及び弁閉止が可能のため、津波の流入を考慮する必要はない。

循環水系伸縮継手をゴム製伸縮継手からメカニカル式クローザージョイントに取替実施
⇒ 現状の伸縮継手からのリング破損による**溢水量を大幅に低減**※2

※2 流出箇所(損傷箇所)の面積が1/10以下となるので、溢水量を大幅に低減できる。



循環水ポンプ出口弁と伸縮継手配置変更
⇒ 弁閉止で**流入を遮断し津波浸水を防ぐ**
<別紙2参照>



変更前(現状)

溢水量 約515m³

循環水ポンプエリア内に貯留可能な容量 約645m³

⇒ これらの対策により循環水ポンプエリア内で貯留可能であり他区画への流出がないことを確認

貫通部止水対策は、海水ポンプ室の浸水防護重点化範囲を全て実施

④ 排水ポンプ停止に伴う地下水位上昇

◆ 溢水量評価

- ・ 保守的に、地下部がすべて浸水すると想定しても影響しない。

浸水水位 T.P.+8.0m(敷地地下部)

地下部には止水処置を実施しており、**防護区画内に浸水することはない。**

(2) 屋内での溢水

① 循環水系伸縮継手損傷に伴うタービン建屋内への浸水

◆ 溢水量評価

- ・ 損傷部からの保有水及び津波の流入(※)と耐震B, Cクラス機器の破損による溢水を考慮
- ・ 溢水量が, タービン建屋の地下部に貯留可能な容量以下となることを確認

※漏洩検知器による循環水ポンプ停止と隔離弁閉インターロックを設ける。ポンプ停止及び弁閉止まで(5分間)の流入量を浸水量評価により算定。また, 漏洩を検知した際のインターロックにより, 津波が襲来するまでにポンプ停止及び弁閉止が可能なため, 津波は流入しない。

地震起因による溢水量

項 目		溢水量(m ³)
循環水系配管伸縮継手部の損傷箇所	地震発生から漏洩検知インターロックによる循環水ポンプ停止および復水器水室出入口弁の閉止までの溢水量	約14,723
	津波の流入量	0
耐震B, Cクラス機器の保有水量		約8,610
屋外タンク等の損傷による溢水の流入量		約101
合 計		約23,434

≦

タービン建屋の溢水を貯留できる空間容積*

タービン建屋階層	空間容積(m ³)
T.P.-4.00~T.P.-1.60m	約2,784
T.P.-1.60~T.P.+5.50m	約17,326
T.P.+5.50~T.P.+8.20m	約6,589
合 計	約26,699

* 溢水を貯留できる空間の大部分は地下部であり, 溢水の滞留に対して貯留できる機能を保持できる。

⇒タービン建屋の地下部に貯留可能であり, 他区画への流出がないことを確認

約23,434m³(地震起因による溢水量) < 約26,699m³(タービン建屋の溢水を貯留できる空間容積)

貫通部止水対策は, 裕度を見込みT.P.+8.2mまで実施

屋外で敷地に浸水する溢水

①屋外タンク等の損傷に伴う敷地浸水

◆溢水量評価 その1(溢水浸水深評価)

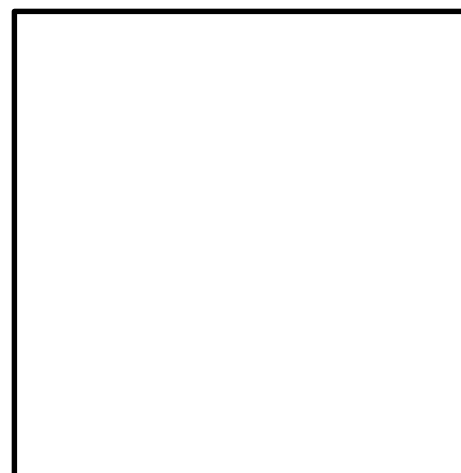
- ・屋外タンクの損傷により保有水が流出し、滞留する範囲を考慮して評価した結果、浸水深は約0.1mとなった。
- ・T.P.+8mにおける原子炉建屋の床面高さは0.2m、使用済燃料乾式貯蔵建屋の床面高さは0.3mであり、
本評価では屋外タンクの損傷に伴う溢水は流入しない。

溢水源からの距離・面積に応じた浸水深			滞留する範囲を考慮して評価した結果			
範囲	溢水源からの距離	評価浸水深	建屋	許容浸水深(床面の高さ)	敷地浸水深	評価結果
①	50m	1.61m	原子炉建屋	0.2m	約0.1m	影響なし
②	100m	0.41m	使用済燃料乾式貯蔵建屋	0.3m	約0.1m	影響なし
③	200m	0.11m				

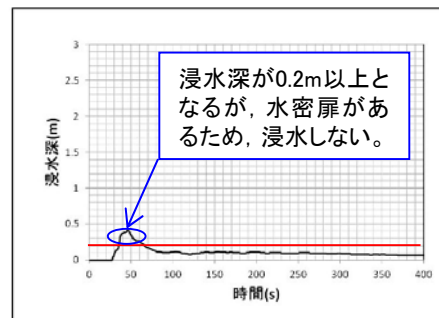
◆溢水量評価その2(溢水伝搬挙動解析)

- ・屋外タンクが損傷して保有水が流出した時の溢水伝搬挙動解析を実施し、原子炉建屋の機器搬入口及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の機器搬入口の浸水水位を評価
- ・原子炉建屋の機器搬入口の浸水水位は、床面高さ0.2mを超えるものの、一時的であり、搬入口には水密扉があるため、**防護対象区画への浸水影響はなし**
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋の機器搬入口の浸水水位は、床面高さ0.3mを超えるものの、一時的であり、浸水量はわずかであり、**防護対象施設への影響はなし**

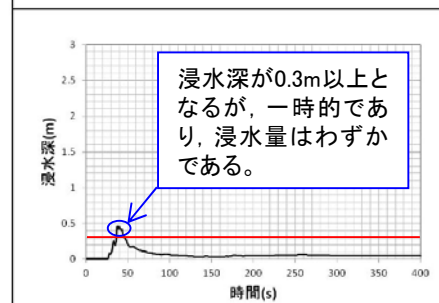
⇒原子炉建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋等について、防護対象設備への溢水影響がないことを確認



評価箇所



①原子炉建屋 (機器搬入口前)



②使用済燃料乾式貯蔵建屋 (機器搬入口前)

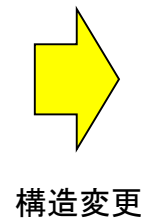
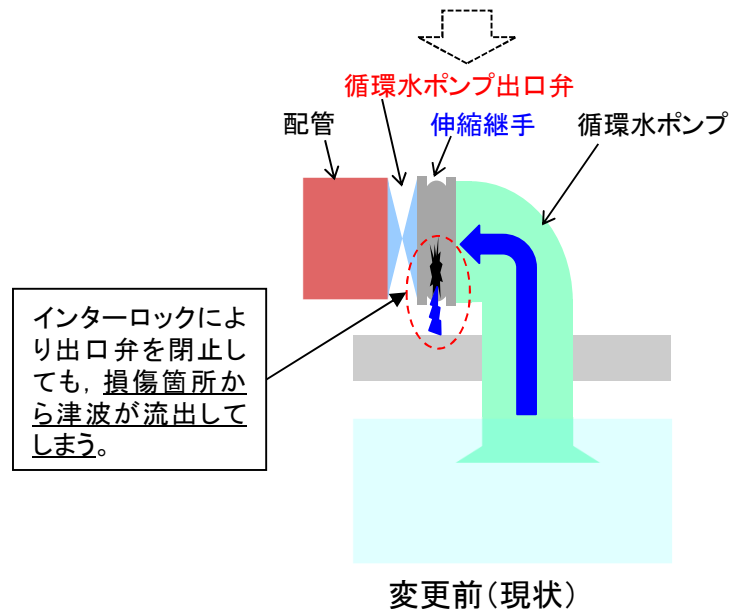
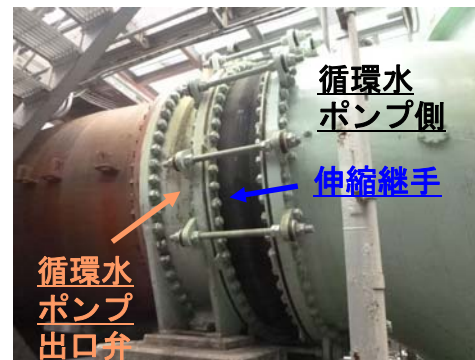
評価箇所における浸水深

<別紙2> 出口弁と伸縮継手の配置変更による対策について



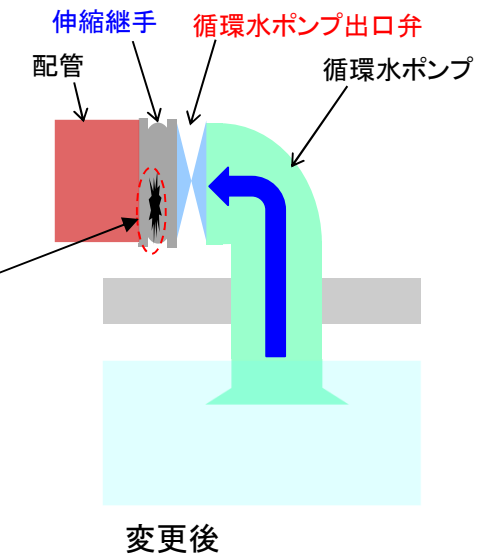
○循環水ポンプ出口弁と伸縮継手の位置を入替え、循環水ポンプ側からの津波の流入を防止する。

- ・現状は、「循環水ポンプ－伸縮継手－循環水ポンプ出口弁－配管」といった配置となっているため、インターロックにより循環水ポンプ出口弁を閉止しても、循環水ポンプ側から津波が回込み、伸縮継手の損傷箇所から流出してしまうので、循環水ポンプ側から津波が流入してしまう構造となっている。
- ・「循環水ポンプ－循環水ポンプ出口弁－伸縮継手－配管」といった配置に変更し、インターロックにより循環水ポンプ出口弁を閉止することにより、循環水ポンプ側から津波が流入することを防止できる構造とする。



構造変更

論点No.35-8



【論点No.35】

原子炉建屋等の内郭防護及び溢水影響評価の詳細について

【委員からの指摘事項等】

No.29

屋外タンク等の損傷に伴う保有水流出時の原子炉建屋の浸水深50cmについて、溢水影響がないとした根拠を説明すること。

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

貯留堰の容量の考え方について

【説明概要】

非常用海水ポンプ全7台の30分間の取水容量約 $2,162\text{m}^3$ に対し、基準津波による引き波が貯留堰の天端高さを下回った場合に取水できる有効貯留容量は約 $2,370\text{m}^3$ である。このため、引き波が貯留堰の天端高さを下回る約3分間に対して、非常用海水ポンプ全7台が30分間以上運転可能な貯留容量を確保できている。

また、基準津波により運ばれた砂等が貯留堰内に堆積した場合を想定しても、非常用海水ポンプ全7台が30分間以上運転可能な貯留容量を十分確保できている。

1. 貯留堰の容量の考え方について

●引き波による取水ピット水位低下に対し、非常用海水ポンプ取水性を保持することを目的に取水口前面に貯留堰を設置

- ① 非常用海水ポンプの取水可能水位 : T.P. -5.66m (残留熱除去系海水ポンプ)
- ② 引き波による取水ピットの下降側の評価水位 : T.P. -6.0m (取水ピットの下降側水位T.P. -5.64mに潮位のばらつきを考慮)
- ③ 現状設備では①の水位を②の水位が下回るため、非常用海水ポンプの取水性を確保するため貯留堰を設置

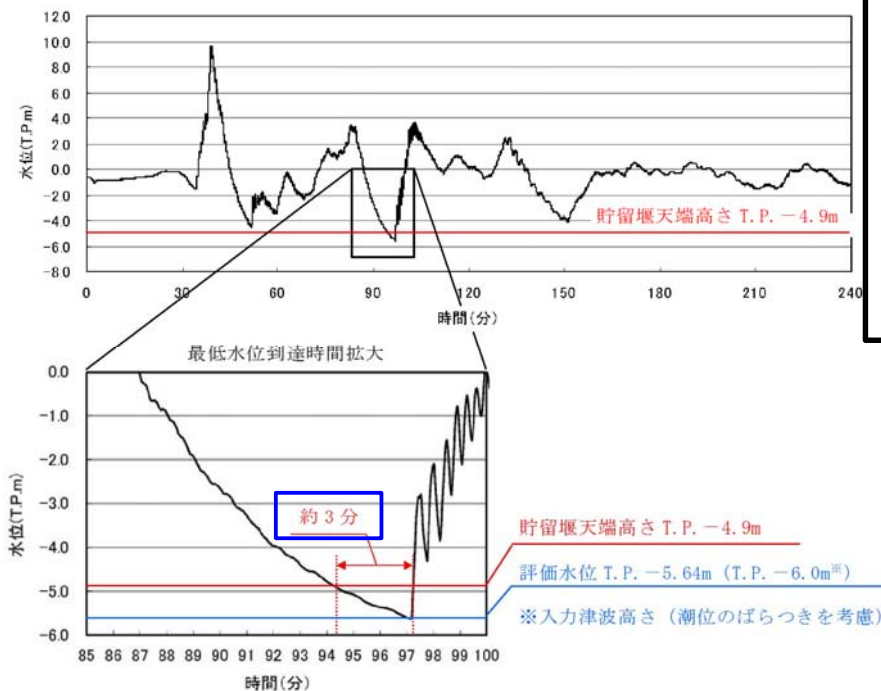


図1 取水ピットの引き波の時刻歴波形と継続時間

- **有効貯留容量(約2,370m³) > 非常用海水ポンプ全7台の30分間の取水容量(約2,162m³)**
 ⇒基準津波による引き波が貯留堰の天端高さを下回る時間は約3分間であるのに対し(図1), 貯留堰により非常用海水ポンプ全7台が約30分間以上運転継続可能な貯留容量を確保していることから(図2), **津波による水位低下時も非常用海水ポンプの運転継続性に問題はない。**



□ : 有効貯留容量(約2,370m³)
 貯留堰天端高さと非常用海水ポンプの取水可能水位の間の水量が、引き波で海面が貯留堰の天端高さを下回っている間に非常用海水ポンプが取水できる水量となる。

図2 取水口～取水ピット断面図と貯留堰の有効貯留容量

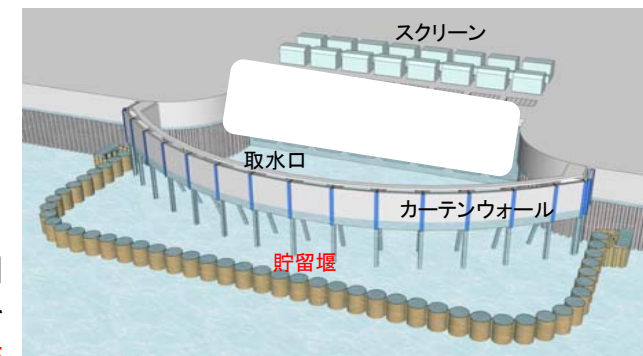


図3 貯留堰の設置イメージ

2. 砂が堆積した場合の貯留堰の容量への影響について(1/2)

● 津波により貯留堰内、取水路内に砂が堆積する場合であっても、非常用海水ポンプの取水性は保持される。

- ・2ページに示すとおり、引き波による水位低下に対して、貯留堰の天端高さT.P.－4.9mと非常用海水ポンプの取水可能水位T.P.－5.66mとの間の水量を有効貯留容量として、非常用海水ポンプの取水性を保持するために必要な水量を確保している。
- ・基準津波による砂の堆積の影響として、取水口前面(貯留堰内)に砂が堆積する厚さは最大で0.47m、取水ピット内に砂が堆積する厚さは最大で0.03mと評価している。(基準津波による砂の移動・堆積のシミュレーション結果による)
 - 取水口前面(貯留堰内)の海底面の高さはT.P.－6.89mであり、T.P.－6.42mの高さまで砂が堆積する可能性がある。
 - 取水路の底面高さは最も高い箇所ではT.P.－6.04mであり、T.P.－6.01mの高さまで砂が堆積する可能性がある。
- ・取水口前面(貯留堰内)及び取水路内に砂が堆積した場合でも、非常用海水ポンプの取水可能水位T.P.－5.66mより低い位置となることから、有効水量に影響はなく、非常用海水ポンプの取水性を保持するために必要な水量を確保することができる。

* 敷地に遡上する津波では、防潮堤を越えた津波により非常用海水ポンプが機能喪失することを前提としているため、貯留堰の機能は必要としない。

貯留堰の有効貯留容量(非常用海水ポンプ全7台が約30分間以上運転継続可能な容量)には影響ない。



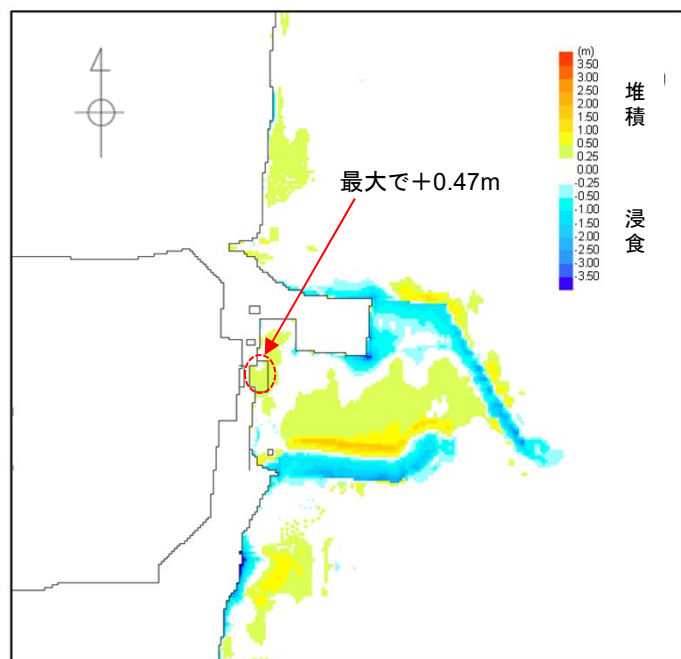
取水口前面、取水路とも砂が堆積したときの高さは、非常用海水ポンプの取水可能水位以下の高さとなっている。

貯留堰の有効貯留容量と砂が堆積した場合の高さの関係

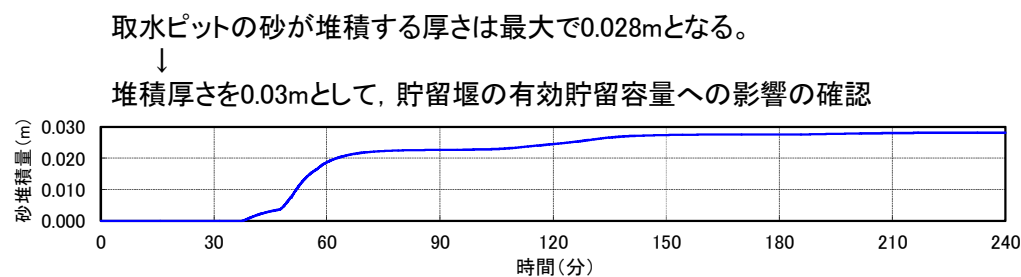
2. 砂が堆積した場合の貯留堰の容量への影響について(2/2)

● 基準津波による砂の移動・堆積のシミュレーション結果

- ・基準津波による砂の堆積の解析の結果, 取水口前面(貯留堰内)に砂が堆積する厚さは最大で0.47mとなった。
- ・基準津波による取水路内の砂の堆積の解析の結果, 取水ピット内に砂が堆積する厚さは最大で0.028mとなった。
このため, 切り上げて0.03mとして砂堆積の影響を評価した。



基準津波による砂の堆積・浸食分布



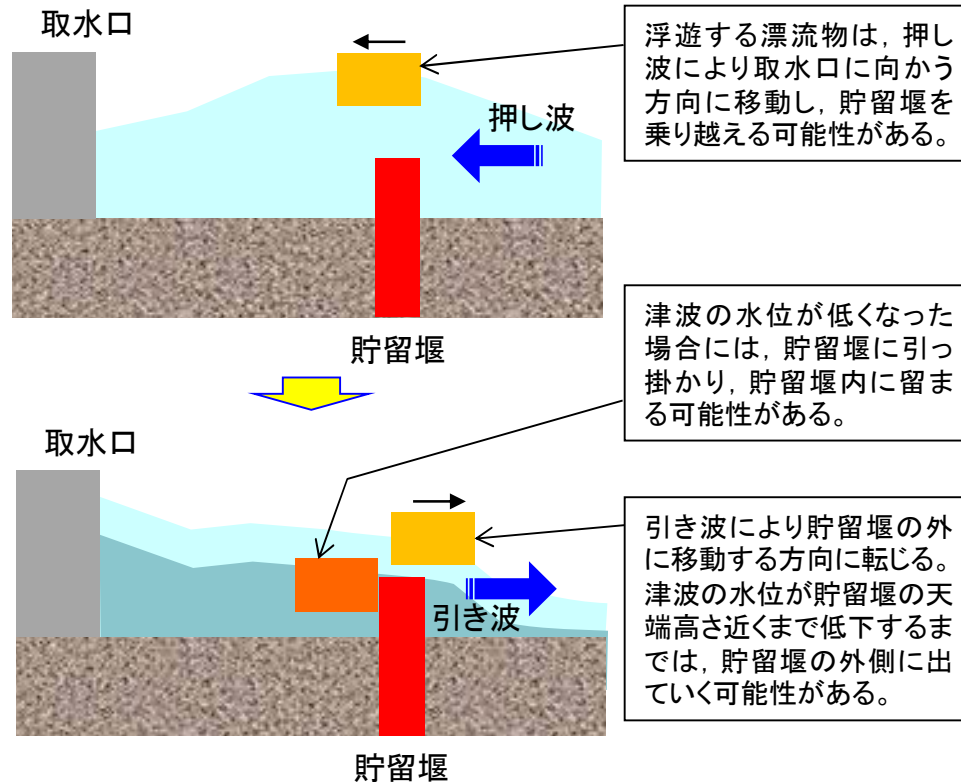
基準津波による取水ピットの砂堆積の時刻歴

3. 漂流物による貯留堰の容量への影響について(1/2)

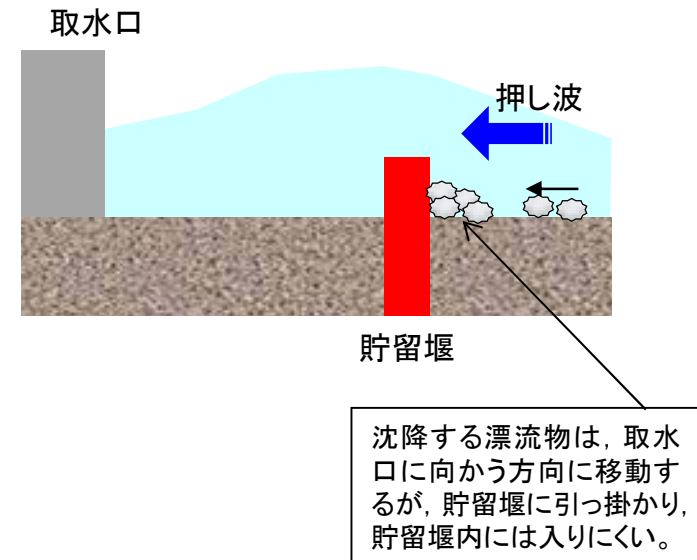
●津波漂流物による貯留堰内への堆積影響

多量の漂流物が、貯留堰内に堆積することは考え難いが、貯留堰～スクリーン間を埋め尽くすように堆積することを仮定して、貯留堰の有効貯留容量への影響を確認し、非常用海水ポンプの取水性を評価する。

- ・論点No.41に示すとおり、津波の流況から発電所の北側及び南側からの漂流物は到達し難い。
- ・さらに、以下の状況から、貯留堰内には、多量の漂流物が堆積することは考え難い。
 - 浮遊する漂流物については、押し波によって取水口に向かう方向に移動して貯留堰内に到達する可能性があるが、引き波により貯留堰の外に移動する方向に転じることから、多量の漂流物が貯留堰内に残留することは考え難い。
 - 沈降する漂流物のうち、比較的質量が小さいものについては、押し波によって取水口に向かう方向に移動するが、貯留堰自体がある程度、障壁となることを考慮すると、多量の漂流物が貯留堰内に入り込むことは考え難い。



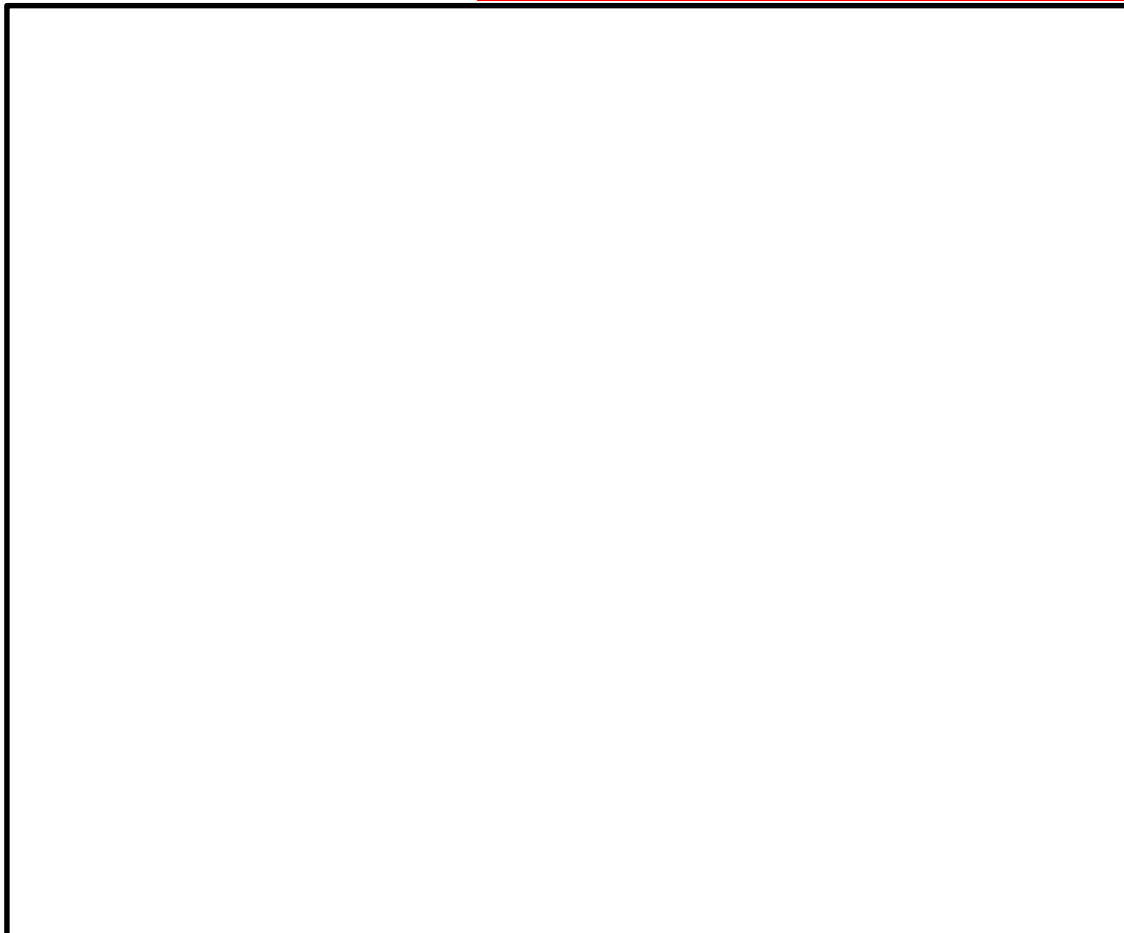
浮遊する漂流物が移動するイメージ



沈降する漂流物が移動するイメージ

3. 漂流物による貯留堰の容量への影響について(2/2)

- 多量の漂流物が貯留堰内に堆積することは考え難いが、貯留堰～スクリーン間を埋め尽くすように堆積することを仮定した場合であっても、非常用海水ポンプの取水性を保持するために必要な水量は確保される。
 - ・5ページに示すとおり、津波の流況や漂流物の挙動より、多量の漂流物が貯留堰内に堆積することは考え難い。
 - ・「貯留堰」と「スクリーン*」の間のスペースが漂流物で埋め尽くされ、この箇所の有効貯留容量が無効になると仮定して評価する。
 - *スクリーンは取水ピットへの異物の侵入を防止するために設置されており、漂流物の堆積はここまで留まると考えられる。
 - ・評価の結果、基準津波による引き波が貯留堰の天端高さを下回る時間は約3分間であるのに対し(2ページ図1参照)、非常用海水ポンプ全7台が約10分間運転することが可能な水量を確保していることを確認した。



漂流物が堆積する範囲と無効となる容量の関係

非常用海水ポンプの運転可能時間の評価
(貯留堰内側を漂流物が埋め尽くした場合を仮定)

項目	評価内容
①有効貯留容量	2,370m ³
②漂流物により無効となる容量	1,603m ³
③取水可能な水量(①－②)	767m ³
④非常用海水ポンプ取水流量(全7台)	4,323m ³ /h
⑤運転可能時間(③/④)	約10分(>約3分)

【論点No.36】

貯留堰の容量の考え方について

【委員からの指摘事項等】

No.30

引き波が貯留堰の天端高さを下回る約3分間に対して、非常用海水ポンプ全7台が30分間以上運転可能な容量を確保できているという意味を説明すること。 P.2

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

津波襲来時に打ち寄せられる土砂や泥等による取排水への影響について

【説明概要】

構内排水路逆流防止設備は、津波によって生じる土砂等の影響を考慮した場合にも、排水性及び津波の止水性が確保できる設計としている。

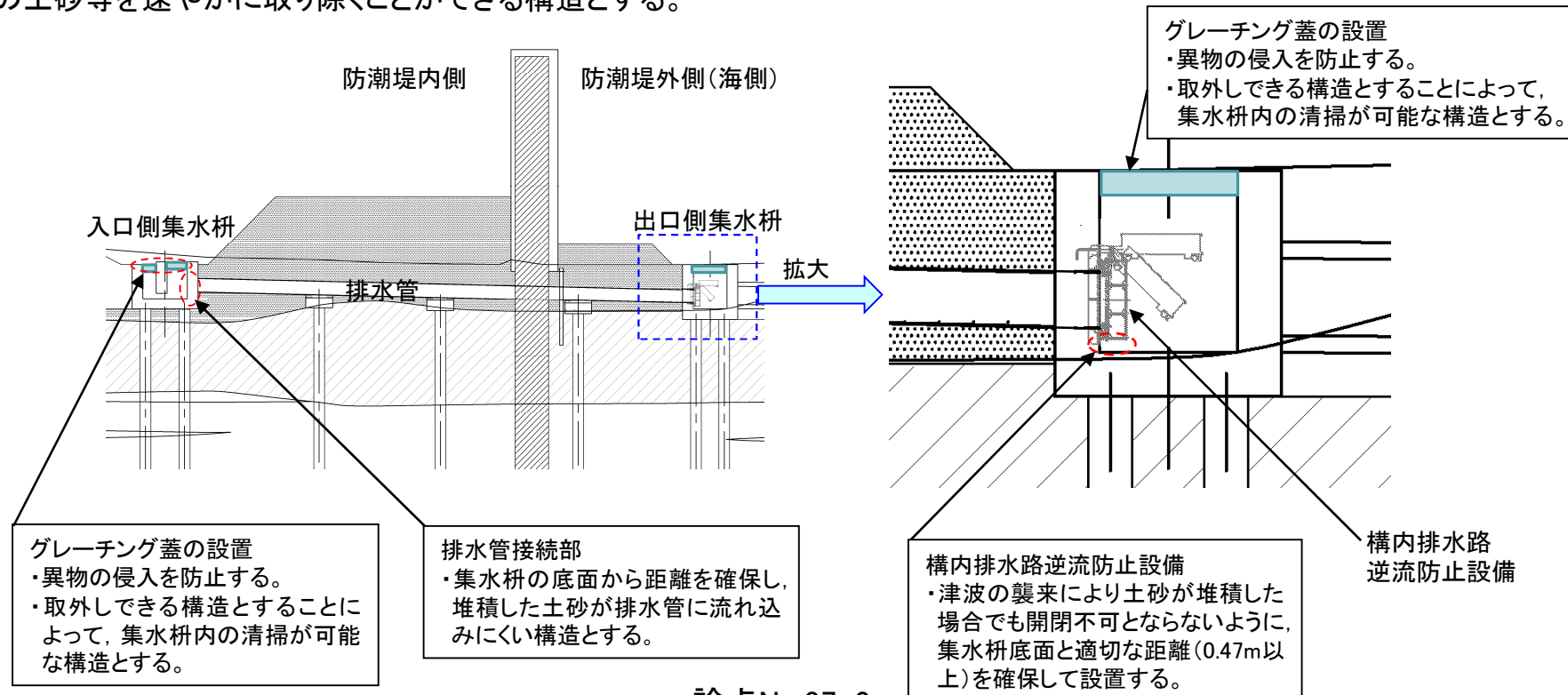
また、日常点検において構内排水路逆流防止設備を設置する出口側集水枡の土砂の堆積状況等を確認するとともに、集水枡の土砂等を速やかに取り除くことができる構造とする。

なお、土砂等の取水性への影響については、論点No.36(3ページ)に示す。

構内排水路の漂流物、土砂等に対する対策

● 構内排水路及び構内排水路逆流防止設備は、異物や土砂の堆積に対して、排水性及び津波の止水性を損なわない構造とする。

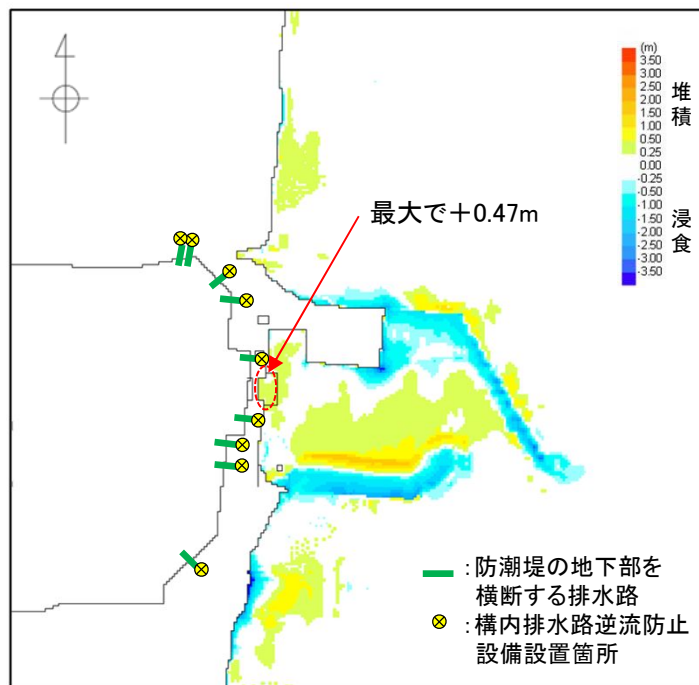
- ・入口側集水枡及び出口側集水枡にはグレーチング蓋を設置し、漂流物等の異物の侵入を防止することによって、排水管の閉塞や構内排水路逆流防止設備の排水性及び津波の止水性への悪影響を防止する。
- ・入口側集水枡の排水管接続部は、集水枡の底面からの距離を確保して設置し、枡内に堆積した土砂が排水管に流れ込みにくい構造とすることによって、排水管の閉塞や構内排水路逆流防止設備の排水性及び津波の止水性への影響を防止する。
- ・構内排水路逆流防止設備は、集水枡の底面から適切な距離を確保して設置することにより、枡内に堆積した土砂が構内排水路逆流防止設備の動作を妨げない構造とすることによって、排水性及び津波の止水性への影響を防止する。
- ・日常点検において、構内排水路逆流防止設備を設置する出口側集水枡の土砂の堆積状況等を確認するとともに、集水枡の土砂等を速やかに取り除くことができる構造とする。



津波の襲来による砂の堆積について

● 基準津波の襲来による海底の砂の移動により、砂が堆積する箇所があるが、高さは+0.47m程度であり、構内排水路及び構内排水路逆流防止設備への影響はない。

- ・基準津波による砂移動については、海底の砂の移動による堆積と浸食を評価しているため、海域のデータのみとなる。このため、取水口前面における砂堆積のデータにより、構内排水路逆流防止設備(出口側集水枡)の影響を評価している。
- ・基準津波の襲来により海底の砂が移動し堆積又は浸食する箇所が生じる。取水口前面の堆積高さは最大でも+0.47m
- ・構内排水路逆流防止設備は、出口側集水枡に設置され、防潮堤沿い(外側)に位置する。このため、出口側集水枡にも津波の襲来により、取水口前面と同程度の砂が堆積する可能性がある。
- ・土砂の堆積高さはわずかであり、2ページに示すように構内排水路逆流防止設備は出口側集水枡の底面から適切な距離(0.47m以上)を確保して設置するため、構内排水路が閉塞したり、構内排水路逆流防止設備の開閉が阻害されることはないことから、構内排水路及び構内排水路逆流防止設備の排水性及び津波の止水性へ影響を及ぼすことはない。



基準津波による砂の堆積・浸食分布と構内排水路逆流防止設備の位置

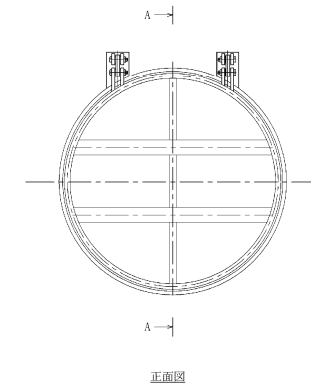
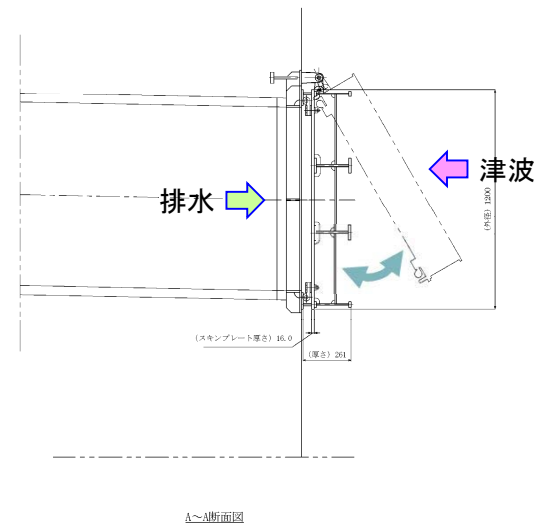
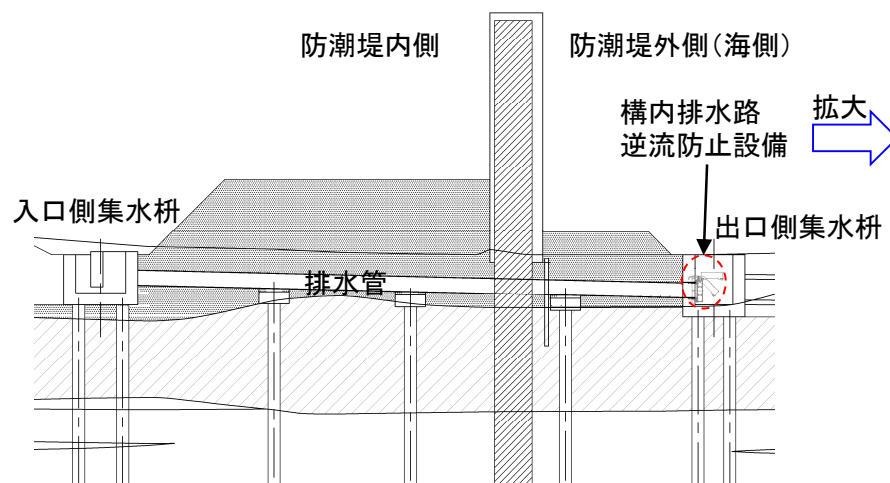
<別紙> 構内排水路の設計について(1/2)

- ・防潮堤内の雨水を排水するために、放水路に接続される場所(1箇所)及び防潮堤の地下部を横断する場所(9箇所)に、排水路を設置している。
- ・排水路は、水戸地方気象台の観測記録の日最大降水量81.7mm/hを上回るように、127.5mm/hの雨水を排水できる設備としている。
- ・防潮堤の地下部を横断する場所には構内排水路逆流防止設備を設置している。



＜別紙＞ 構内排水路の設計について(2/2)

- ・防潮堤内の雨水は、入口側集水枡に集められ、防潮堤下部に埋設された排水管により防潮堤外に導かれ、出口側集水枡を経由して、海に排水している。
- ・出口側集水枡には、防潮堤内の入口側集水枡に溜まった雨水等の水圧で開、防潮堤外の津波の水圧で閉となる構造の構内排水路逆流防止設備を設置し、排水路から津波が流入することを防止している。
- ・津波が襲来した場合には、構内排水路逆流防止設備が閉となり排水できない状況となる。しかし、津波は押し波と引き波が繰り返されることから閉となるのは一時的な状況であり、日最大降水量81.7mm/hに対して降水量127.5mm/hを排水できるよう余裕を持った設計であるため、十分な雨水の排水性は確保できる。



注1 :
29-01 ...

【論点No.37】

津波襲来時に打ち寄せられる土砂や泥等による取排水への影響について

【委員からの指摘事項等】

No.31

構内排水路について、福島事故では大量の泥が打ち上げられてきているが、それでも目詰まりがないということを十分確認しているか。

P.2-3

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載