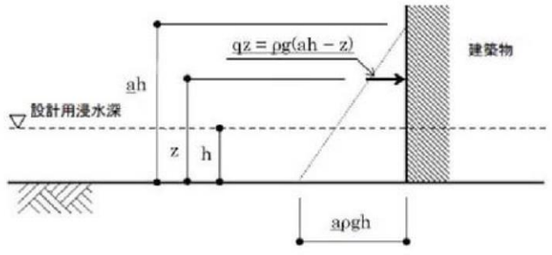
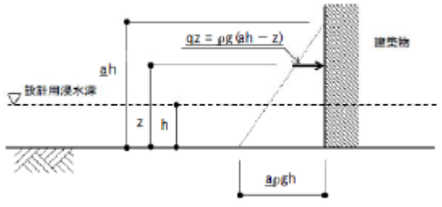
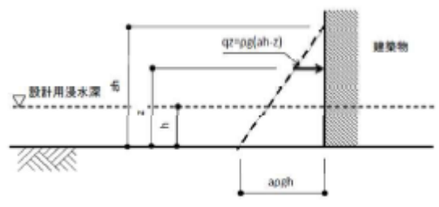
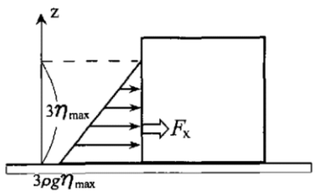
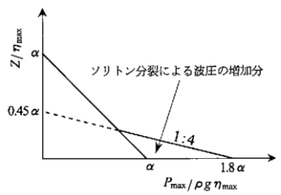
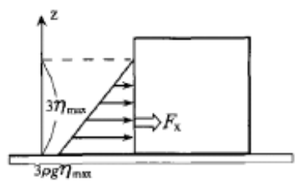
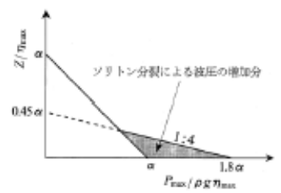
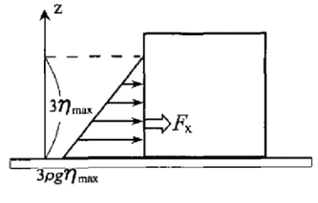
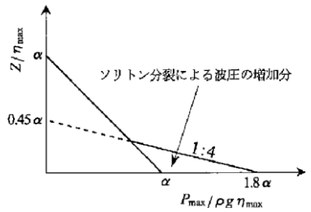
実線・・設備運用又は体制等の相違（設計方針の相違）
波線・・記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
添付資料２７	添付資料 21	添付資料 26	
防潮堤及び貯留堰における津波荷重の設定方針について	防潮堤における津波波力の設定方針について	防波壁及び防波壁通路防波扉における津波荷重の設定方針について	

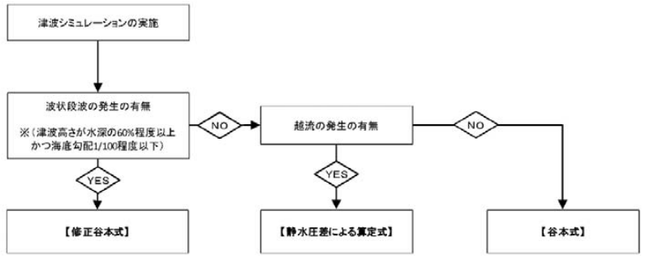
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
目　次 1.　津波荷重の算定式 (1)津波波圧算定式に関する文献の記載 2.　東海第二発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧の把握について (1)分裂波発生に関する検討 (2)水理模型実験 (3)水理模型実験結果の検証（再現性検討） (4)まとめ 3.　津波波圧算定式適用に対する考え方 (1)防潮堤及び防潮扉 (2)貯留堰		目　次 １．津波荷重の算定式 （１）津波波圧算定式に関する文献の記載 ２．検討方針 ３．ソリトン分裂波及び砕波の発生，並びに津波波圧への影響 （１）平面二次元津波シミュレーションによる検討 （２）水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの条件整理 （３）水理模型実験による検討 （４）断面二次元津波シミュレーションによる検討 （５）三次元津波シミュレーションによる検討 ４．既往の津波波圧算定式との比較 （１）検討概要 （２）津波波圧検討フロー （３）朝倉式による津波波圧算定 （４）津波波圧の比較 朝倉式（敷地高以上） （５）谷本式による津波波圧算定 （６）津波波圧の比較 谷本式（敷地高以深） （７）まとめ ５．設計で考慮する津波波圧の設定	・記載方針の相違 【東海第二，女川2】 記載方針の相違による記載内容の相違 ・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違 ・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
1.　津波荷重の算定式 津波防護施設の津波荷重の算定式は，朝倉ら（2000）の研究を元にした「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成25年10月）」や「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成27年12月一部改訂）等を参考に設定する。以下に，参考にした文献の津波荷重算定式の考え方と津波防護施設への適用を示す。 (1)　津波波圧算定式に関する文献の記載 a.東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（平成 23 年） 構造設計用の進行方向の津波波圧は，次式により算定する。 構造設計用の進行方向の津波波圧ｑＺ＝ρｇ（ａｈ－Ｚ）（第1図） ｈ：設計用浸水深 Ｚ：当該部分の地盤面からの高さ（0≦Ｚ≦ａｈ） ａ：水深係数 ρｇ：海水の単位体積重量  第１図　津波波圧算定図 b.港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（平成 25 年 10 月）文献 a に基づく。ただし，津波が生じる方向に施設や他の建築物がある場合や，海岸等から 500m 以上離れている場合において，水深係数は 3 以下にできるとしている。	１．津波荷重の算定式 津波防護施設の津波荷重の算定式は，朝倉ら（2000）の研究を元にした「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 25 年 10 月）」や「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）」等を参考に設定する。以下に，参考にした文献の津波波圧算定式の考え方と津波防護施設への適用を示す。 （１）津波波圧算定式に関する文献の記載 ａ．東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（平成 23 年） 構造設計用の進行方向の津波波圧は，次式により算定する。 ｑｚ＝ρｇ（ah-z）（図１） ρｇ：海水の単位体積重量 ｈ　：　設計用浸水深 ｚ　：　当該部分の地盤面からの高さ（0≦ｚ≦ah） ａ　：　水深係数。3 とする。  図１　津波波圧算定図 b.　港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（平成 25 年 10 月）文献 a. に基づく。ただし，津波が生じる方向に施設や他の建築物がある場合や，海岸等から 500m 以上離れている場合において，水深係数は 3 以下にできるとしている。	１．津波荷重の算定式 津波防護施設の津波荷重の算定式は，朝倉ら（2000）の研究を元にした「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 25 年 10 月）」や「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）」等を参考に設定する。以下に，参考にした文献の津波荷重算定式の考え方と津波防護施設への適用を示す。 （１）津波波圧算定式に関する文献の記載 ａ．東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（平成 23 年） 構造設計用の進行方向の津波波圧は，次式により算定する。 構造設計用の進行方向の津波波圧ｑｚ＝ρｇ（ａｈ－ｚ）（第１図） ｈ：設計用浸水深 ｚ：当該部分の地盤面からの高さ（0≦ｚ≦ａｈ） ａ：水深係数 ρｇ：海水の単位体積重量  第１図　津波波圧算定図 ｂ．港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（平成 25 年 10 月）文献ａ．に基づく。ただし，津波が生じる方向に施設や他の建築物がある場合や，海岸等から 500m以上離れている場合において，水深係数は 3 以下にできるとしている。	

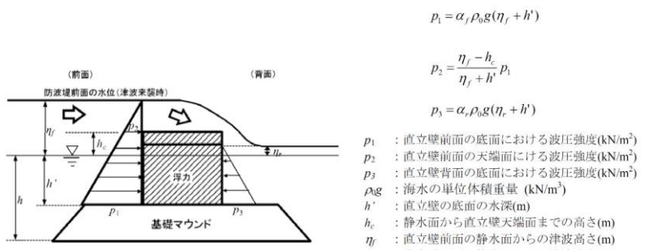
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
c.朝倉ら(2000)：護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 47 巻，土木学会，911-915 直立護岸を越流した津波の遡上特性から護岸背後の陸上構造物に作用する津波波圧について実験水路を用いて検討している。 その結果，非分裂波の場合，フルード数が 1.5 以上では構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標（遡上水深に相当する静水圧分布の倍率）αは最大で 3.0 となるとしている。一方，ソリトン分裂波の場合は，構造物前面に働く津波波圧は，構造物底面近傍で非分裂波のαを 1.8 倍した値となるとしている（第２図及び第３図）。  第２図　非分裂波の場合の津波水平波圧  第３図　分裂波の無次元最大波圧分布	c.　朝倉ら(2000)：護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究,海岸工学論文集,第 47 巻,土木学会,pp.911-915. 直立護岸を越流した津波の遡上特性から護岸背後の陸上構造物に作用する津波波圧について実験水路を用いて検討している。その結果，非分裂波の場合，フルード数が 1.5 以上では構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標（遡上水深に相当する静水圧分布の倍率）αは最大で 3.0 となるとしている（図２）。 一方，ソリトン分裂波の場合は，構造物前面に働く津波波圧は，構造物底面近傍で非分裂波のαを 1.8 倍した値となるとしている（図３）。  図２ 非分裂波の場合の津波水平波圧  図３ 分裂波の無次元最大波圧分布	c．朝倉ら(2000)：護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 47 巻，土木学会，911-915 直立護岸を越流した津波の遡上特性から護岸背後の陸上構造物に作用する津波波圧について実験水路を用いて検討している。 その結果，非分裂波の場合，フルード数が 1.5 以上では構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標（遡上水深に相当する静水圧分布の倍率）α は最大で 3.0 となるとしている。一方，ソリトン分裂波の場合は，構造物前面に働く津波波圧は，構造物底面近傍で非分裂波の α を 1.8 倍した値となるとしている（第２図及び第３図）。  第２図　非分裂波の場合の津波水平波圧  第３図　分裂波の無次元最大波圧分布	
d.ＮＲＡ技術報告「防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数について」（平成 28 年 12 月） 持続波圧を対象としてフルード数が 1 を超える場合の防潮堤に対する作用波圧の評価方法を明確にするため，水理試験及び解析を実施した結果，従来の評価手法でフルード数が 1 以下になることが確認できれば，水深係数は 3 を適用できるとされている。	d.　NRA 技術報告「防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数について」（平成 28 年 12 月） 持続波圧を対象としてフルード数が１を超える場合の防潮堤に対する作用波圧の評価方法を明確にするため，水理試験及び解析を実施した結果，従来の評価手法でフルード数が１以下になることが確認できれば，水深係数は３を適用できるとされている。	d．ＮＲＡ技術報告「防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数について」（平成 28 年 12 月） 持続波圧を対象としてフルード数が１を超える場合の防潮堤に対する作用波圧の評価方法を明確にするため，水理試験及び解析を実施した結果，従来の評価手法でフルード数が１以下になることが確認できれば，水深係数は 3 を適用できるとされている。	
e.防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂） 防波堤の津波波圧の適用の考え方として，ソリトン分裂波が発生する場合は修正谷本式を，そうでない場合において津波が防波堤を越流する場合には静水圧差による算定式		e．防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂） 防波堤の津波波圧の適用の考え方として，ソリトン分裂波が発生する場合は修正谷本式を，そうでない場合において津波が防波堤を越流する場合には静水圧差による算定式を，越流しない場合は谷本式を用いることとしている。（第４図～第５図）。	

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

を，越流しない場合は谷本式を用いることとしている（第 4 図～第 5 図）。



第 4 図　防波堤に対する津波荷重算定



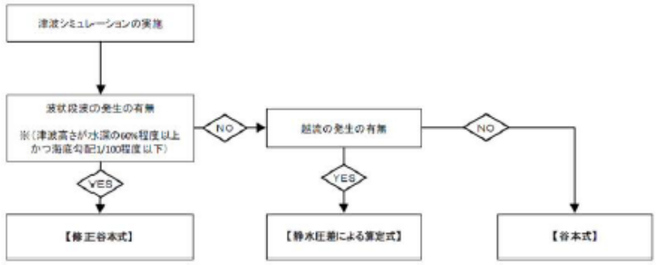
$$p_1 = \alpha_f \rho_0 g(\eta_f + h')$$

$$p_2 = \frac{\eta_f - h_c}{\eta_f + h'} p_1$$

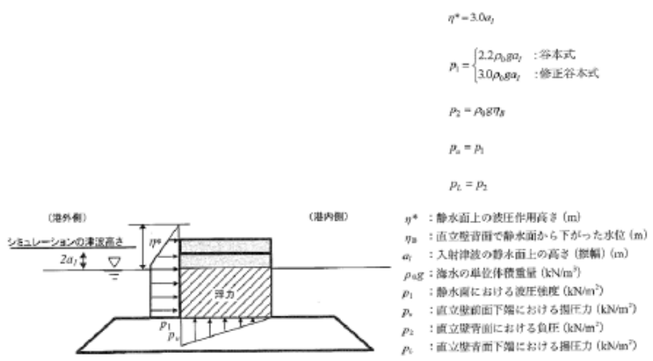
$$p_3 = \alpha_r \rho_0 g(\eta_r + h')$$

p_1　：直立壁前面の底面における波圧強度(kN/m^2)
p_2　：直立壁前面の天端面にける波圧強度(kN/m^2)
p_3　：直立壁背面の底面における波圧強度(kN/m^2)
$\rho_0 g$　：海水の単位体積重量 (kN/m^3)
h'　：直立壁の底面の水深(m)
h_c　：静水面から直立壁天端面までの高さ(m)
η_f　：直立壁前面の静水面からの津波高さ(m)
η_r　：直立壁背面の静水面からの津波高さ(m)
α_f　：直立壁前面の静水圧補正係数
α_r　：直立壁背面の静水圧補正係数

第 5 図　静水圧差による算定式（越流する場合）



第 4 図　防波堤に対する津波荷重算定手順



$$\eta^* = 3.0a_i$$

$$p_1 = \begin{cases} 2.2\rho_0 g a_i & : \text{谷本式} \\ 3.0\rho_0 g a_i & : \text{修正谷本式} \end{cases}$$

$$p_2 = \rho_0 g \eta_B$$

$$p_4 = p_1$$

$$p_L = p_2$$

η^*　：静水面上の波圧作用高さ（m）
η_B　：直立壁背面で静水面から下がった水位（m）
a_i　：入射津波の静水面上の高さ（振幅）（m）
$\rho_0 g$：海水の単位体積重量 (kN/m^3)
p_1　：静水面における波圧強度 (kN/m^2)
p_4　：直立壁前面下端における揚圧力 (kN/m^2)
p_2　：直立壁背面における負圧 (kN/m^2)
p_5　：直立壁背面下端における揚圧力 (kN/m^2)

第 5 図　谷本式・修正谷本式

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		２．検討方針 島根原子力発電所の防波壁等※の設計で考慮する津波荷重は，「水理模型実験及び津波シミュレーションによる津波波圧」と「既往の津波波圧算定式による津波波圧」を比較・検証することで設定する。 既往の津波波圧算定式は，ソリトン分裂波や砕波の発生有無により，算定式の適用性が異なる。そのため，島根原子力発電所における基準津波の特性及び沿岸の陸海域の地形を考慮した科学的根拠に基づく，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションを実施し，ソリトン分裂波及び砕波の有無を確認する。 また，島根原子力発電所は輪谷湾を中心とした半円状の複雑な地形である。そのため，三次元津波シミュレーションにより，複雑な地形特性を考慮した三次元的な流況による津波波圧への影響を確認し，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧の妥当性を確認する。第６図に検討フローを，第１表に検討項目及び検討内容を示す。 ※防波壁及び防波壁通路防波扉を「防波壁等」という。 ３．ソリトン分裂波及び砕波の発生，並びに津波波圧への影響 （１）平面二次元津波シミュレーションによる検討 目的：「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づくソリトン分裂波の発生確認 （２）水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの条件整理 目的：地形特性及び津波特性の観点から津波波圧に影響するサイト特性を整理し，不確かさを考慮した検討条件を整理 （３）水理模型実験による検討 目的：津波波形の検証によるソリトン分裂波・砕波の発生確認及び津波波圧の算定 （４） 断面二次元津波シミュレーションによる検討 目的：水理模型実験の再現性の確認，津波波形の検証によるソリトン分裂波・砕波の発生確認及び津波波圧の算定 (5) 三次元津波シミュレーションによる妥当性確認 目的：島根原子力発電所の複雑な地形や三次元的な流況による津波波圧への影響を確認し，3.(3)章及び3.(4)章により算定される津波波圧の妥当性確認 ４． 既往の津波波圧算定式との比較 目的：水理模型実験及び津波シミュレーションと既往の津波波圧算定式の津波波圧を比較 ５． 設計で考慮する津波波圧の設定 第６図　検討フロー	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

第１表　検討項目及び検討内容

検討項目		検討内容
3．ソリトン分裂波及び砕波の発生，並びに津波波圧への影響		
	（1） 平面二次元津波シミュレーションによる検討	平面二次元津波シミュレーション結果及び海底勾配を用いて，「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づき，ソリトン分裂波の発生有無を確認する。
	（2） 水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの条件整理	水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの追加実施に当たって，地形特性及び津波特性の観点から津波波圧に影響するサイト特性を整理し，不確かさを考慮した検討条件を設定する。
	（3） 水理模型実験による検討	流体の挙動を直接確認でき，サイト特性に応じた評価が可能となる水理模型実験を追加実施し，水位の時刻歴波形からソリトン分裂波及び砕波の発生有無を確認するとともに，防波壁及び施設護岸位置における津波波圧を算定する。
	（4） 断面二次元津波シミュレーションによる検討	水理模型実験結果について，ソリトン分裂波及び砕波を表現可能な断面二次元津波シミュレーション(CADMAS-SURF(Ver.5.1))を追加実施し，再現性を確認するとともに，防波壁及び施設護岸位置における津波波圧を算定する。
	（5） 三次元津波シミュレーションによる検討による妥当性確認	複雑な地形特性及び津波特性に応じた評価が可能である三次元津波シミュレーションCADMAS-SURF/3D（Ver.1.5）を追加実施し，3.(３)章及び３.(４)章による津波波圧と比較することで妥当性を確認する。
4．既往の津波波圧算定式との比較		敷地高以上の構造物については，津波シミュレーション及び水理模型実験により防波壁に作用する波圧を直接算定し，陸上構造物に作用する津波波圧算定式（朝倉式）により算定した津波波圧と比較する。 敷地高以深の構造物については，津波シミュレーション及び水理模型実験により敷地高以深の構造物に作用する波圧を直接算定し，海中構造物に作用する津波波圧算定式（谷本式）により算定した津波波圧と比較する。
5．設計で考慮する津波波圧の設定		防波壁等について保守的な設計を行う観点から，上記の検討結果を踏まえた設計用津波波圧を設定する。

津波シミュレーション及び水理模型実験の長所・短所を整理したうえで，島根原子力発電所におけるソリトン分裂波及び砕波の発生確認，津波波圧の確認に係る検討内容を第２表に示す。

第２表　津波シミュレーション解析及び水理模型実験の長所・短所

解析手法	長所	短所	長所・短所を踏まえた検討内容
平面二次元 津波シミュレーション	・広範囲にわたる地形のモデル化が可能 ・複雑な不規則波形及び平面的な流況の再現が可能 ・解析時間が短い ・審査における実績がある	・ソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認が困難 ・津波波圧の直接評価が不可能	・基準津波の策定 （入力津波高さ・流速） ・「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づくソリトン分裂波の発生確認
水理模型実験	・ソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認が可能 ・津波波圧を直接評価可能 ・審査における実績がある	・複雑な地形や構造物のモデル化が困難 ・複雑な不規則波形の再現が困難 ・三次元的な流況の再現が不可能 ・実験に時間を要する	・科学的根拠に基づくソリトン分裂波及び砕波の発生確認 ・津波波圧の確認
断面二次元 津波シミュレーション	・複雑な不規則波形の再現が可能 ・ソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認が可能 ・津波波圧を直接評価可能 ・解析時間が短い ・審査における実績がある	・複雑な地形や構造物のモデル化が困難 ・三次元的な流況の再現が不可能	・水理模型実験の再現性確認 ・科学的根拠に基づくソリトン分裂波及び砕波の発生確認 ・津波波圧の確認
三次元 津波シミュレーション	・複雑な地形や構造物のモデル化が可能 ・複雑な不規則波形及び三次元的な流況の再現が可能 ・複雑な地形及び三次元的な流況等を踏まえた津波波圧を直接評価可能	・解析に時間を要する ・計算機能力を踏まえて解析範囲に限界がある ・審査における実績がない	・複雑な地形特性及び津波特性を踏まえた津波波圧の確認

ソリトン分裂波は津波の伝播過程で複数の波に分裂し，波高が増幅する現象である。また，砕波は波が浅海域を進行する際に，波高が高くなると波が砕け，波高が急激に小さくなる現象である。いずれも構造物へ衝撃的な波圧を作用させる可能性がある現象である。第７図にソリトン分裂波及び非分裂波の概要を示す。

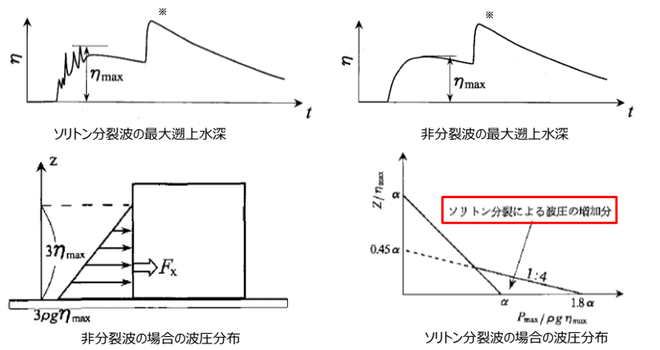
非分裂波の場合の構造物に作用する津波波圧分布は，津波高さに依存した直線形状となる。一方，ソリトン分裂波が生じた場合は，構造物の底面近傍では非分裂波を 1.8 倍した波圧が作用し，水平波力は非分裂波に比べて約 20%大きくなる可能性がある。

備考

・設計方針の相違

【東海第二，女川2】

設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第７図　ソリトン分裂波及び非分裂波 護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究，朝倉ほか(2000)より引用 ※η_{max}後の水位の上昇は反射波を示す。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）

2.　東海第二発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧の把握について

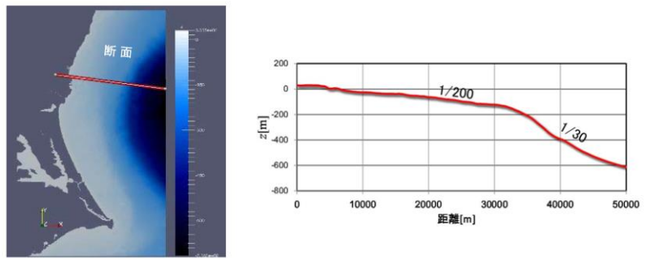
(1)　分裂波発生に関する検討

沖合から伝播してくる津波が，サイト前面においてソリトン分裂波を伴うか否かの判定に当たっては，「防波堤の耐津波設計ガイドライン」において以下の２つの条件に合致する場合，ソリトン分裂波が発生するとされている。

①おおむね入射津波高さが水深の 30%以上（津波数値解析等による津波高さが水深の 60%以上）

②海底勾配が 1/100 以下程度の遠浅

東海第二発電所前面の海底地形は約1/200勾配で遠浅であり，入射波津波高さと水深の関係も入射津波高さが水深の30%以上であることから，両方の条件に合致する（第６図及び表 1)。そこで，沖合におけるソリトン分裂波及び砕波の発生の有無や陸上へ遡上する過程での減衰の状況と防潮堤が受ける津波波圧への有意な影響の有無を定量的に確認するため，東海第二発電所のサイト特性を考慮した水理模型実験を行い，防潮堤が受ける波圧分布等を測定した。



第６図　海底地形断面位置図及び海底地形断面図

第１表　津波高さと水深の関係

地点	(1)水深	(2)入射津波高さ※	(2)/(1)
東海第二発電所前面	7.5m	4.7m	62%

※津波数値解析による津波高さの 1/2 を入射津波高さと定義（防潮堤の耐津波ガイドライン）

女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）

２．女川原子力発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧の把握

（１）分裂波発生に関する概略検討

沖合から伝播してくる津波が，サイト前面においてソリトン分裂波を伴うか否かの判定に当たっては,「防波堤の耐津波設計ガイドライン」において以下の２つの条件に合致する場合，ソリトン分裂波が発生するとされている。

① おおむね入射津波高さが水深の 30%以上（津波数値解析等による津波高さが水深の 60%以上）

② 海底勾配が 1/100 以下程度の遠浅

女川原子力発電所では防潮堤前面に盛土法面があることから，入射津波高さを精緻に評価することは難しいが，一般的には入射津波高さは水深の 50%程度であり，津波が盛土法面により堰上げされる効果も考えると入射津波高さと水深の関係は少なくとも30%以上となる。

また,女川原子力発電所前面の海底地形を図４及び図５に示す。前面の沖合地形の概要は，沖合 2km 付近まで急峻な勾配で，その後沖合 6km 付近までは緩やかな地形が続き，その後，再び急峻な勾配が続いている。沖合 10km 付近までの平均勾配はおよそ 1/100 となっている。

よって，①及び②の条件に合致し，ソリトン分裂波が発生する可能性があることから，ソリトン分裂波の発生有無と防潮堤が受ける津波波圧への影響を定量的に確認するため，女川原子力発電所のサイト特性を考慮した数値流体解析及び水理模型実験を行い，防潮堤が受ける波圧分布等を詳細検討する。

島根原子力発電所　２号炉

３．ソリトン分裂波及び砕波の発生，並びに津波波圧への影響

（１）平面二次元津波シミュレーションによる検討

沖合から伝播してくる津波が,サイト前面においてソリトン分裂波を伴うか否かの判定に当たっては，「防波堤の耐津波設計ガイドライン」において，以下に示す①かつ②の条件に合致する場合，ソリトン分裂波が発生するとされている。

条件①：津波高さが水深の 60%程度以上

条件②：海底勾配 1/100 程度以下

条件①について検討した結果を第３表，第８図及び第９図に示す。地点 1～3 では津波高さは水深の 60%以下となるが，水深が 10mよりも浅い地点 1’～3’では護岸の反射波の影響により津波高さが水深の 60%以上となる。

第３表　津波高さと水深の割合

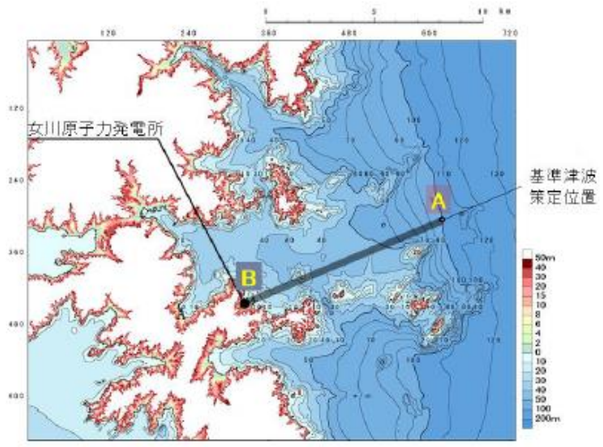
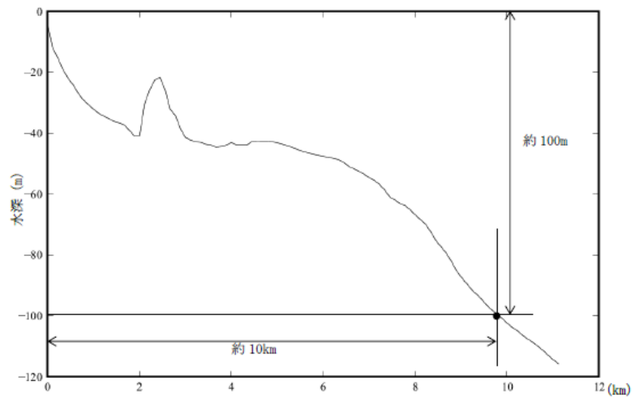
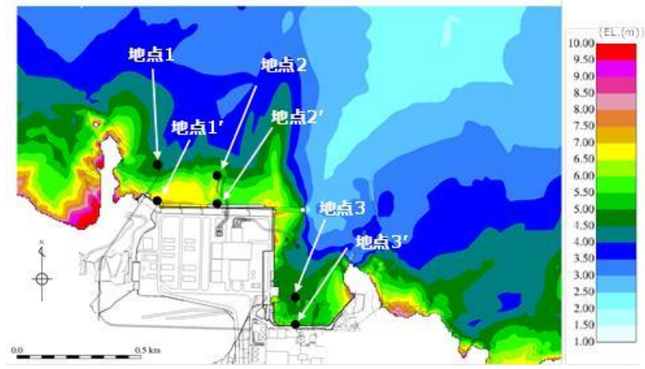
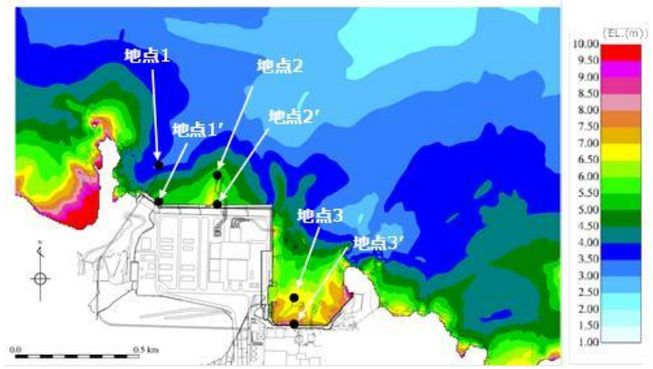
地点	(1)水深	(2)津波高さ※1		(2)/(1)	
		防波堤有	防波堤無	防波堤有	防波堤無
地点1	16m	5.0m	4.0m	31.3%	25.0%
地点2	16m	6.0m	6.0m	37.5%	37.5%
地点3	17m	5.0m	7.0m	29.4%	41.2%

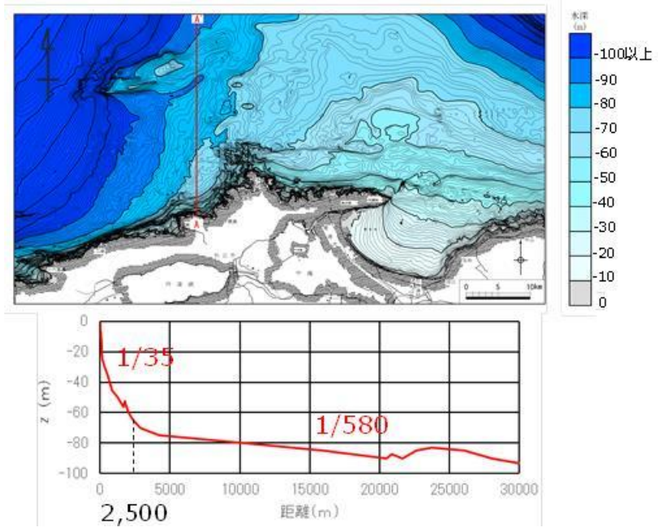
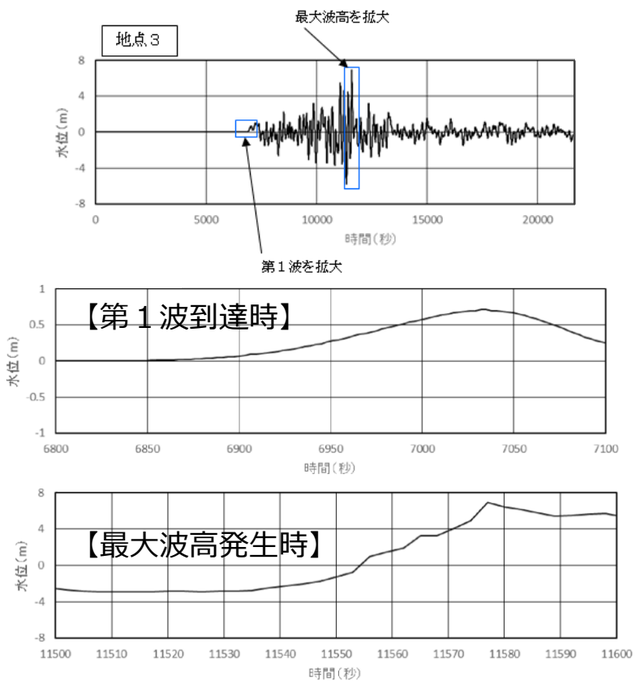
地点※2	(1)水深	(2)津波高さ※1		(2)/(1)	
		防波堤有	防波堤無	防波堤有	防波堤無
地点1’	4.0m	7.5m	6.0m	187.5%	150.0%
地点2’	6.0m	6.0m	6.0m	100.0%	100.0%
地点3’	5.0m	6.0m	8.0m	120.0%	160.0%

※1　平面二次元津波シミュレーションによる津波高さを保守的に評価した値
※2　地点1～3の南方向における護岸前面位置

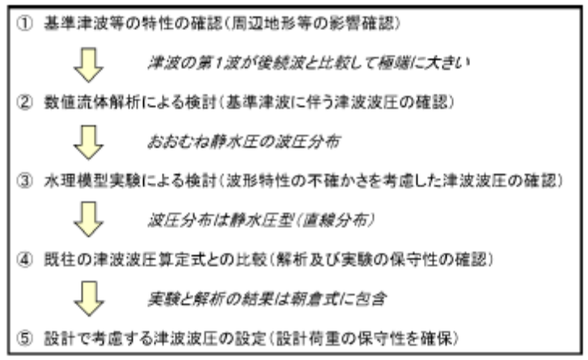
備考

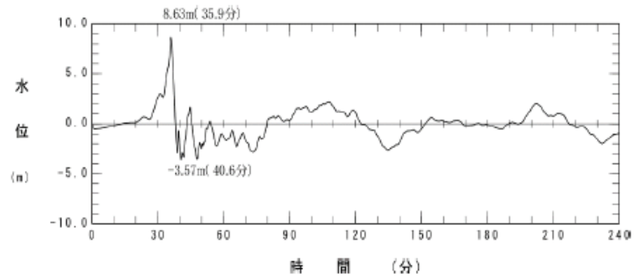
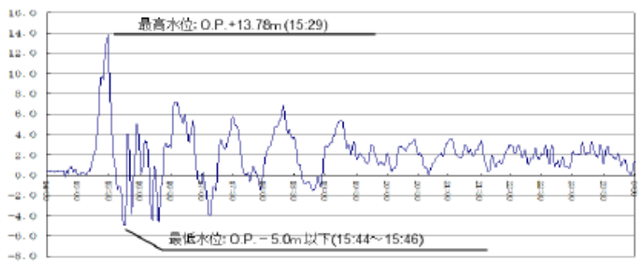
・記載方針の相違
【東海第二，女川2】
記載方針の相違による記載内容の相違

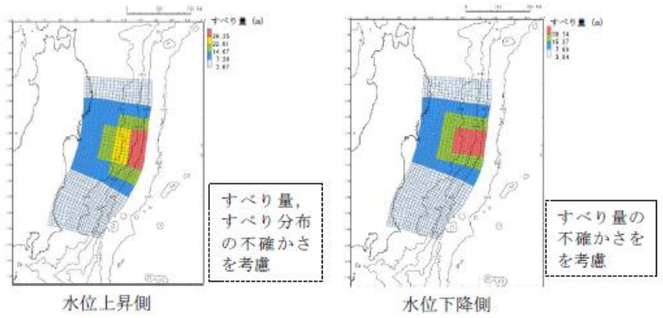
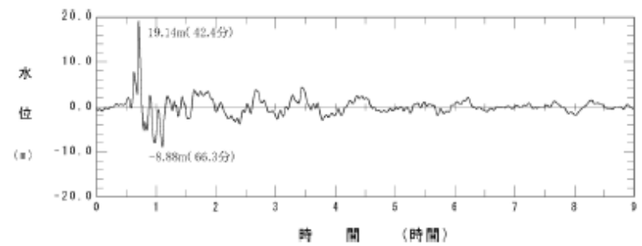
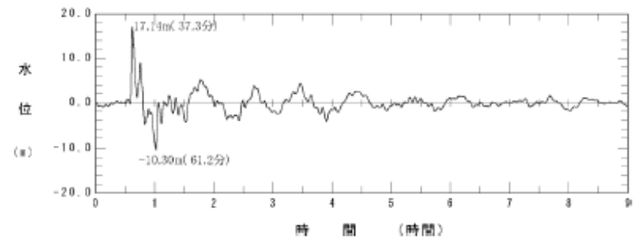
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 図４　女川原子力発電所 周辺海底地形図  図５　海底地形図（A-B 縦断） 出展：中央防災会議の津波伝播解析のための公表地形データを元に図化	 第８図　基準津波による最高水位分布 （基準津波１：防波堤有）  第９図　基準津波による最高水位分布 （基準津波１：防波堤無） 条件②について検討した結果を第１０図及び第１１図に示す。 また，平面二次元津波シミュレーションの結果より，津波高さの最大値は EL.+11.13m（基準津波 1）であり，朔望平均満潮位（EL.+0.58m）と潮位のばらつき（0.14m）を考慮した入力津波 EL.＋11.9m(≒11.85m)に高潮ハザードの裕度（0.64m）を考慮しても，防波壁の天端高さは EL.+15.0m であるため津波は越流しない。 発電所前面の海底地形として，沖合 2,500m から施設近傍までの平均勾配(A-A 断面)が約 1/35(＞1/100)となった。 また，前項の発電所前面地点 1’～3’から沖合 200m までの海底勾配は最小で約 1/20(＞1/100)となった。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	（２）検討の概要 ａ．目的 基準津波の策定に用いた波源については，2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震で得られた知見を踏まえて設定した波源のすべり領域を拡大したり，すべり量の割増しを行うなどの保守的な設定を複数加えた波源である。 女川原子力発電所の防潮堤の設計で考慮する津波波圧については,東北地方太平洋沖地震に伴う津波の状況やサイト特性(地形，構造，津波等）を反映した検討（数値流体解析，水理模型実験）を行い，既往の津波波圧算定式との比較結果も踏まえて保守的に設定する。 b．検討方法 津波波圧の検討は数値流体解析（断面二次元津波シミュレーション解析）と水理模型実験（平面水槽実験）により行う。数値流体解析と水理模型実験の比較を表１に示す。 水理模型実験は流体の挙動を直接確認でき，サイト特性や津波特性に応じた評価が可能となる。ただし，基準津波などの固有の不規則波形を正確に再現した実験は困難であるため，非線形分散波理論に基づいた数値流体解析により基準津波による水位・流速・津波波圧の時刻歴波形等を確認し，水理模型実験の結果と併せて比較・考察を行うことでソリトン分裂波の発生有無や津波波圧の作用状況等に関して信頼性の高い評価が可能となる。 表１　数値流体解析と水理模型実験の比較 <table><tr><th>検討方法</th><th>長所</th><th>短所</th></tr><tr><td>数値流体解析</td><td>✓ 理論式に基づく流体の挙動を確認可能 ✓ 分裂波の発生有無を確認可能 ✓ 任意の不規則波形の入力が可能 ✓ 任意の地形や構造物のモデル化が可能</td><td>✓ 評価値の信頼性（再現性）に関して，流体の実挙動と比較・考察することが望ましい</td></tr><tr><td>水理模型実験</td><td>✓ 流体の実挙動を直接確認可能 ✓ 分裂波の発生有無を確認可能 ✓ 地形や構造物の特性，津波特性に応じた評価が可能 ✓ 測定値の信頼性（再現性）が高い</td><td>✓ 複雑な不規則波形の再現は困難 ✓ 地形や構造物の複雑なモデル化は困難</td></tr></table>	 第１０図　海底地形断面図  第１１図　津波高さの時刻歴波形図 （地点３，基準津波１：防波堤無）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	c．検討項目 数値流体解析及び水理模型実験による検討項目を表２に示す。数値流体解析では基準津波を対象とし，水理模型実験では津波の波形特性（周期，波高）を変化させた複数の模擬津波を対象とし，それぞれ検討を行う。 表２　検討項目 検討項目：津波波圧の確認 確認内容：✓ 非線形分散波理論に基づいた解析と，実流体を対象とした実験により，サイト特性を踏まえた津波波圧を確認する。 検討項目：ソリトン分裂の有無 確認内容：✓ 防潮堤近傍でソリトン分裂が発生する場合には，構造物底面近傍の水深係数が大きくなることから，非分裂波かソリトン分裂波かを確認する。 検討項目：水深係数の整理 確認内容：✓ 朝倉式では水深係数として 3 が使用されているが，平成 28 年 12 月 NRA 技術報告において水深係数 3 の適用範囲をフルード数が 1 以下としていることを踏まえ，防潮堤前面位置でのフルード数を確認する。 ✓ 防潮堤に作用する波圧分布を無次元化し，水深係数として整理することで，朝倉式の水深係数 3 と比較する。 d．検討概要 検討概要を図６に示す。最初に基準津波や東北地方太平洋沖地震による津波の特性に関して，周辺地形等の影響も踏まえて確認し，津波の第１波が後続波と比較して極端に大きくなること，数値流体解析及び水理模型実験による検討では津波の第１波を評価対象とすることを示す。次に数値流体解析による検討結果に関して，基準津波に伴うソリトン分裂の有無や津波波圧の発生状況等（おおむね静水圧の波圧分布）を示す。次に水理模型実験による検討結果について，模擬津波（波形特性の不確かさを考慮）に伴うソリトン分裂の有無や津波波圧の発生状況等（波圧分布は静水圧型）を示す。次に数値流体解析及び水理模型実験の検討結果を既往の津波波圧算定式と比較し，水深係数として整理した結果が朝倉式に包含されることを示す。最後に設計で考慮する津波波圧の設定方法に関して，保守性を確保する観点から朝倉式を参照することを示す。	「防波堤の耐津波設計ガイドライン」の条件①かつ条件②の条件に合致しないため，ソリトン分裂波が発生しないと考えられるが，砕波発生有無の確認を含めて，科学的根拠に基づいた確認を行うために，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションを追加実施する。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 図６　検討概要 （３）基準津波・東北地方太平洋沖地震による津波の特性の確認 女川原子力発電所の基準津波はプレート間地震（東北地方太平洋沖型の地震）による津波であり，策定位置は沖合約 10km となっている。基準津波の第１波は複数の波の重なり合いによる二段型波形となっており，第１波全体としての半周期は約 10～20 分，二段型波形のうちの個別波部分の半周期は約５分となっている。数値流体解析及び水理模型実験により津波波圧の検討を行うにあたり，基準津波及び東北地方太平洋沖地震による津波の特性の確認を行った。 ａ．第１波と後続波の関係 基準津波及び東北地方太平洋沖地震による津波の第１波は二段型波形が特徴となっている。また，津波は指向性を有していることから，一般に震源付近の津波水位が高く，第１波が支配的となる（図７及び図８）。 女川原子力発電所は，湾や入り江形状を呈する地形が多数存在するリアス式海岸の南部に位置し，後続波（周辺地形からの反射波）の重なり合い等による津波水位の増幅が見られる可能性があることから，基準津波（水位上昇側），基準津波（水位下降側）を対象とした平面二次元津波シミュレーション解析により，２号炉取水口前面における水位時刻歴波形を確認を行った結果，各津波ともに後続波は減衰傾向を示しており，第１波の水位が後続波と比較して極端に大きくなることを確認した（図９～図 11）。		・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	また，東北地方太平洋沖地震において，震源から離れた八戸港では，周辺地形からの反射波の影響が含まれた第２波で最高水位を生じているが，その津波水位は約 4.6ｍと小さいことを確認した（図 12)。 なお，女川原子力発電所の基準津波の検討において，震源位置（大すべり域）を移動させた場合の津波水位に与える影響についても検討しており，発電所に正対する位置に震源（大すべり域）がある場合，最も津波水位が高く，発電所から離れるにつれてその影響は小さくなることを確認している（図 13 及び図 14)。 以上の結果から，震源から離れた位置では後続波で最高水位を生じる可能性があるが，女川の基準津波は発電所に正対する位置に震源を設定することで第１波で最高水位を生じることになり，後続波が減衰傾向を示すことと併せて，第１波の影響が支配的となることを確認した。  図７ 基準津波の時刻歴波形（水位上昇側）  観測記録：3 月11 日14：30～24：00（地盤変動量考慮前）（東北電力(2011)より） 図８ 東北地方太平洋沖地震の観測波形（港湾内潮位計）		・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
(2)　水理模型実験	 図９　基準津波（東北地方太平洋沖型の地震）  図 10 基準津波（水位上昇側）の２号炉取水口前面における水位時刻歴波形  図 11 基準津波（水位下降側）の２号炉取水口前面における水位時刻歴波形	（２）水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの条件整理 地形特性及び津波特性の観点から津波波圧に影響するサイト特性を整理し，不確かさを含めて実験条件及び解析条件を設定する。 水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションに使用する基準津波の選定に当たっては，ソリトン分裂波や砕波の発生及び津波波圧への影響要因である津波高さ及び流速を指標とした。 基準津波のうち津波波圧に対して支配的となる水位上昇側の基準津波を対象とし，各防波壁前面位置の結果について整理した。整理結果より，３号炉においては基準津波１（防波堤有），１，２号炉においては基準津波１（防波堤無）を選定した。基準津波（水位上昇側）における津波高さと流速を第４表に示す。 第４表　基準津波（水位上昇側）における津波高さと流速 基準津波 / 津波波源 / 地形変化（防波堤） / 津波高さ（最高水位 (EL. m)，発生位置） / 流速（最大流速 (m/s)，発生位置） / 備考 1 / 日本海東縁部 / 有 / 10.7 / ３号北側 / 9.0 / ３号炉北側 / ３号炉の検討で選定 無 / 11.9 / １，２号炉北側 / 9.8 / １，２号炉北側 / １・２号炉の検討で選定 2 / 有 / 9.0 / ３号炉東側 / 5.7 / １，２号炉北側 / 5 / 無 / 11.5 / １，２号炉北側 / 6.2 / １，２号炉北側 / 基準津波１（防波堤有，防波堤無）による津波高さを防波壁全域において評価するため，水理模型実験及び断面二次元シミュレーションにおける津波高さについては，基準津波１よりも大きいケースとして，津波高さが防波壁天端高さである EL.＋15.0m となる波圧検討用津波（15m 津波）を設定した。 また，水理模型実験では，防波壁前面での浸水深及びフルード数算定を目的に，防波壁がない状態での津波遡上状況を確認するケースも併せて実施した。津波波圧に影響する不確かさの考慮内容一覧表及び検討ケース一覧表を第５表に示す。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

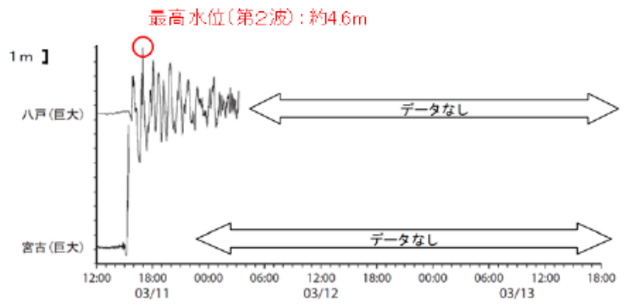


図 12 東北地方太平洋沖地震における八戸港の津波観測記録
（気象庁（2011）を一部加筆）

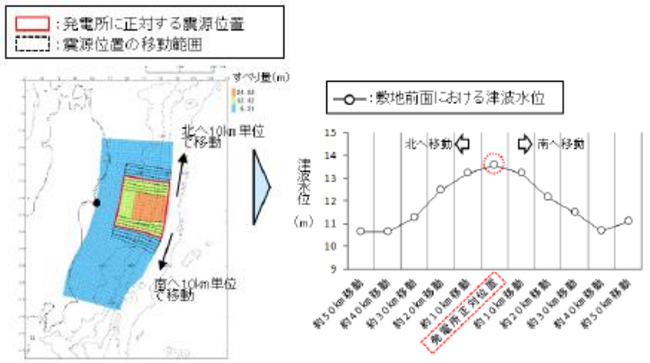


図 13 宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル
（東北地方太平洋沖型の地震）

図 14 震源位置と津波水位の関係

第５表　津波波圧に影響する不確かさの考慮内容一覧表
及び検討ケース一覧表

不確かさの考慮内容一覧表（３号炉）

分類	項目	サイト特性	不確かさの考慮内容	比較する検討ケース
地形	周辺地形	防波堤の有無	防波壁周辺の地形変状の不確かさを考慮 ⇒基準津波1(防波堤有)及び基準津波1(防波堤無)	①，②
津波	波形	振幅 （津波高さ）	津波高さの不確かさを考慮 ⇒基準津波１(防波堤有) 及び波圧検討用津波(１５m津波)	①，③
		短周期	津波周期の不確かさを考慮 ⇒基準津波１(防波堤有) 及び基準津波１(防波堤有)の半周期	③，⑥

検討ケース一覧表（３号炉）

検討ケース	津波	波形（周期）	防波堤	敷地護岸	防波壁	水理模型実験	断面二次元津波シミュレーション
ケース①	基準津波１	基準津波１	有	有	有	○	○
ケース②			無	有	有	○	—
ケース③	波圧検討用津波（１５m津波）		有	有	有	○	○
ケース④※			有	有	無	○	—
ケース⑤※			有	無	無	○	—
ケース⑥		基準津波１の半周期	有	有	有	○	—

※通過波計測ケース

不確かさの考慮内容一覧表（１，２号炉）

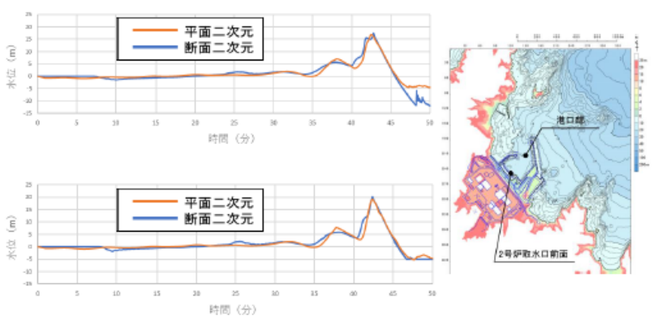
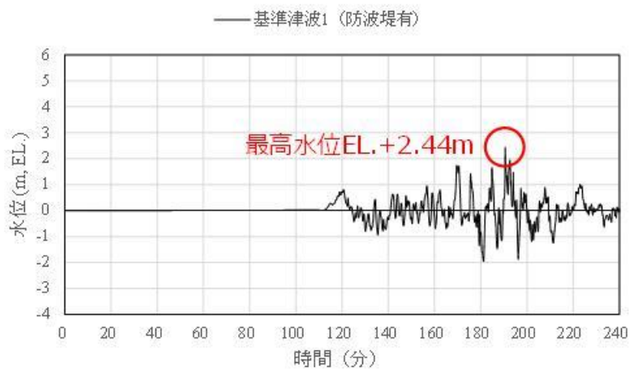
分類	項目	サイト特性	不確かさの考慮内容	比較する検討ケース
地形	周辺地形	防波堤の有無	１，２号炉前面に位置する防波堤は無いものとして評価するため，地形変状の不確かさは考慮しない	—
津波	波形	振幅 （津波高さ）	津波高さの不確かさを考慮 ⇒基準津波１(防波堤無) 及び波圧検討用津波(１５m津波)	⑦，⑧
		短周期	津波周期の不確かさを考慮 ⇒基準津波１(防波堤無) 及び基準津波１(防波堤無)の半周期	⑧，⑪

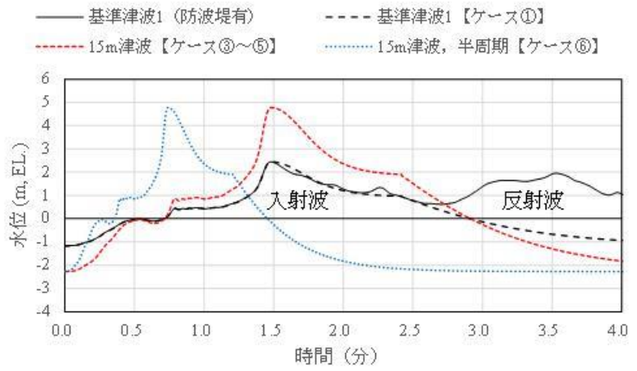
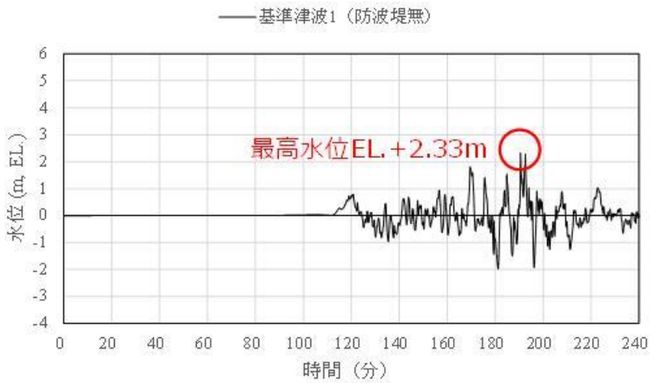
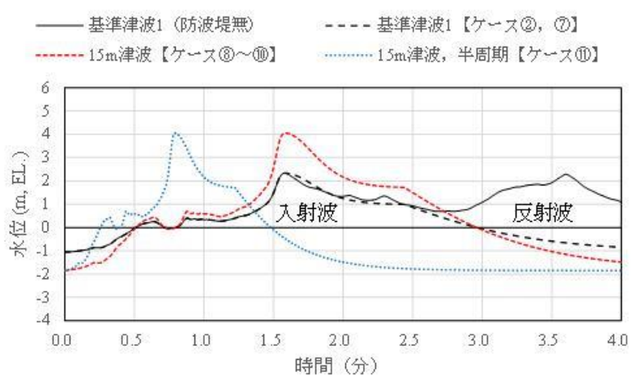
検討ケース一覧表（１，２号炉）

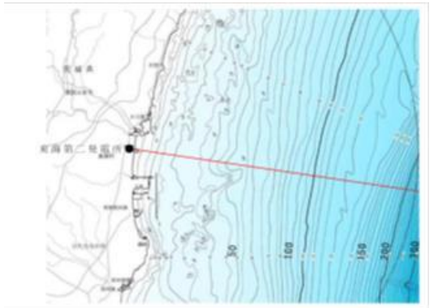
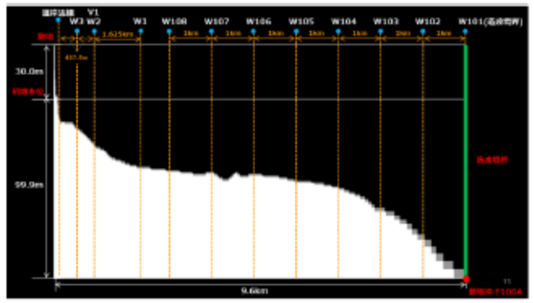
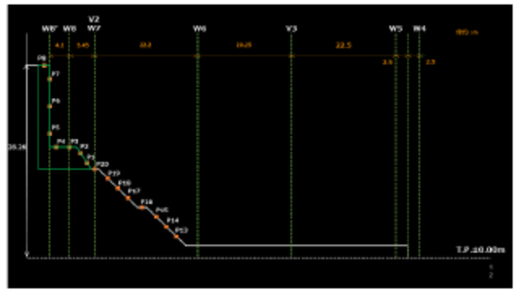
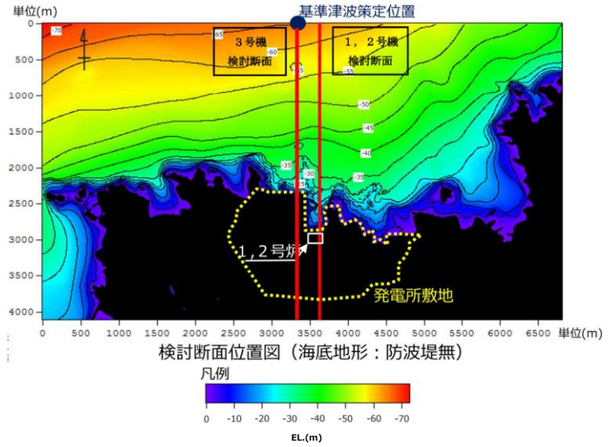
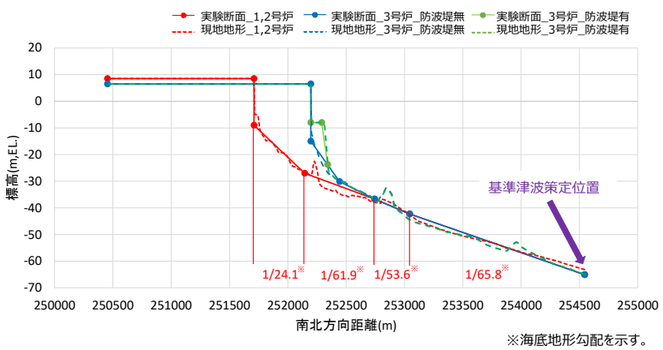
検討ケース	津波高さ	波形（周期）	防波堤	敷地護岸	防波壁	水理模型実験	断面二次元津波シミュレーション
ケース⑦	基準津波１	基準津波１	無	有	有	○	○
ケース⑧	波圧検討用津波（１５m津波）		無	有	有	○	○
ケース⑨※			無	有	無	○	—
ケース⑩※			無	無	無	○	—
ケース⑪		基準津波１の半周期	無	有	有	○	—

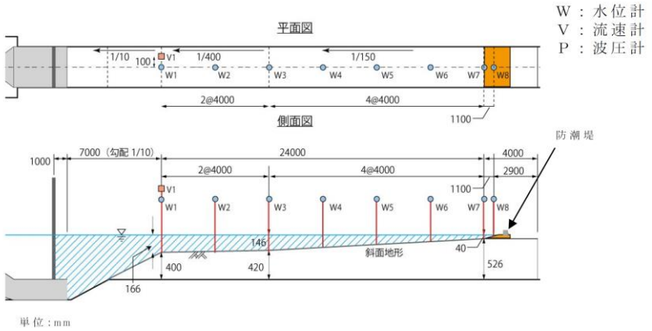
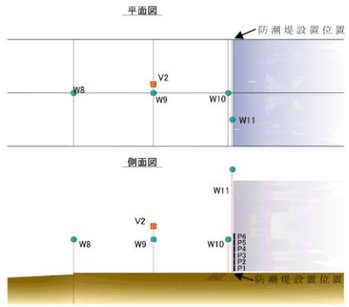
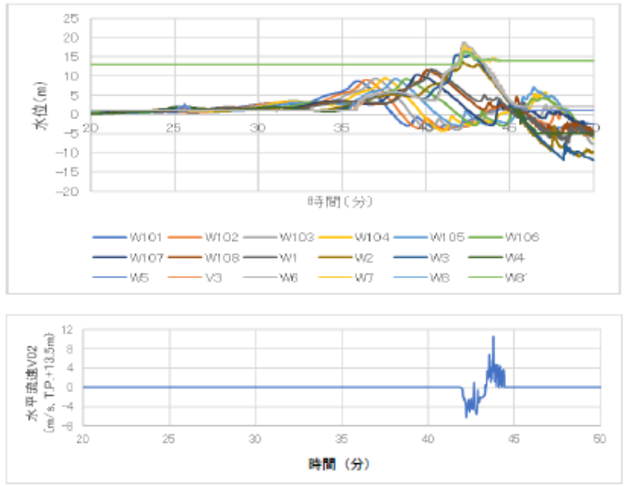
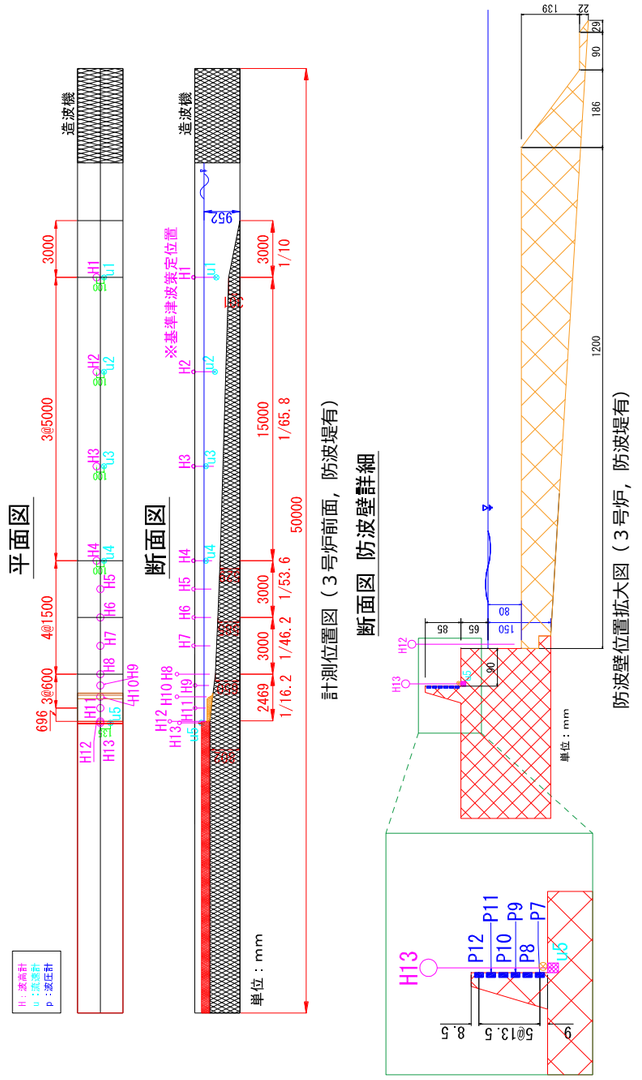
※通過波計測ケース

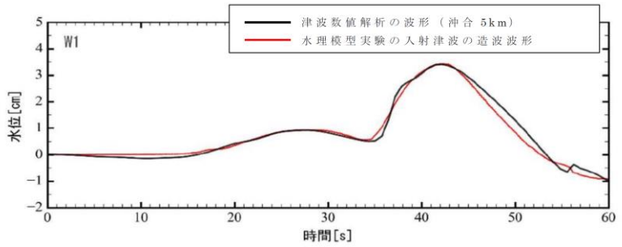
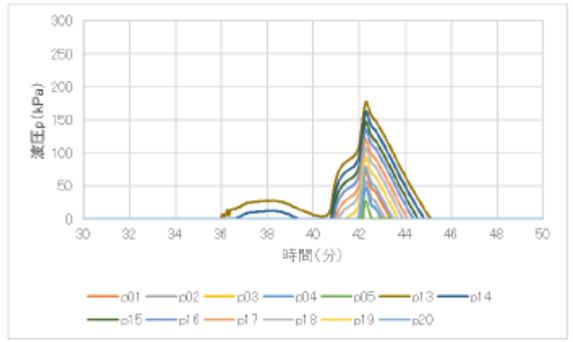
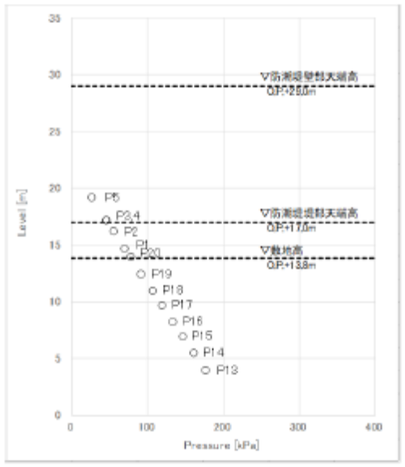
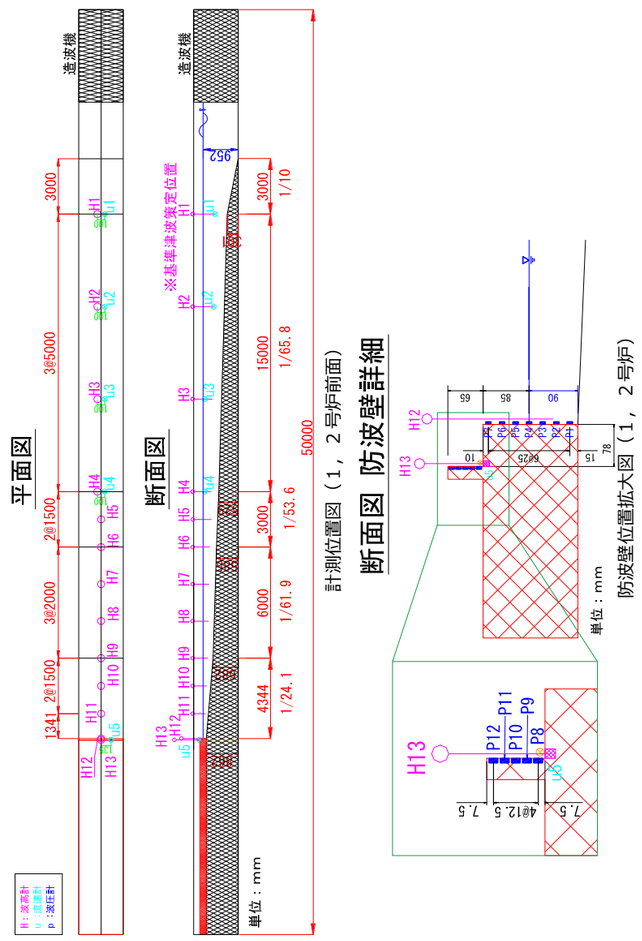
備考
・設計方針の相違
【東海第二，女川2】
設計方針の相違による記載内容の相違

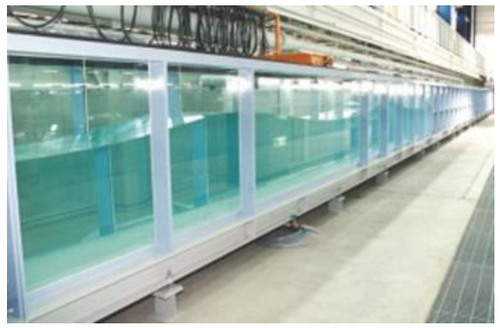
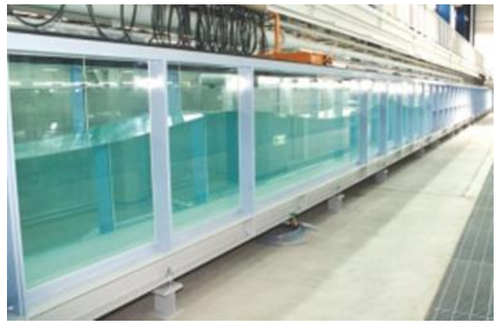
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
a．目的 基準津波の策定に用いた波源については，2011 年東北地方太平洋沖地震で得られた知見を踏まえて設定した波源のすべり領域を拡大したり，すべり量の割増しを行うなどの保守的な設定を複数加えた波源である。 水理模型実験は，ソリトン分裂波が生じない沖合 5.0km における津波波形を入力し，ソリトン分裂波や砕波の発生の有無及び陸上へ遡上する過程での減衰状況と防潮堤が受ける津波波圧への有意な影響の有無並びにフルード数の把握を目的に実施した。	b．周辺地形の影響 女川原子力発電所の敷地周辺は複雑に入り組んだ湾構造になっているため，敷地に到達する津波は周辺地形からの回り込みの影響もある。この影響を確認するため，基準津波の第１波の敷地への到達に関して，平面二次元津波シミュレーション解析と，後述する断面二次元津波シミュレーション解析（非線形分散波理論を考慮）の波形比較を行った。 基準津波策定位置において，平面二次元津波シミュレーション解析の出力波形を断面二次元津波シミュレーション解析に入力して検討した結果，敷地近傍（港口部，２号炉取水口前面）での両者の第１波の出力波形はおおむね一致した（図 15）。 断面二次元津波シミュレーション解析においては周辺地形からの回り込みの影響を考慮していないため，出力波形の一致は平面二次元津波シミュレーション解析においても，第１波到達における周辺地形の影響がほとんどないことを示しており，基準津波の第１波は周辺地形の影響をほとんど受けずに策定位置から直線的に到達することを確認した。 また，断面二次元津波シミュレーション解析では周辺地形からの回り込みの影響を考慮できないこと，解析境界からの反射波の影響が平面二次元津波シミュレーション解析と断面二次元津波シミュレーション解析で異なることから，津波の第１波を評価対象（後続波は評価対象外）とし，非線形分散波理論に基づいた断面二次元津波シミュレーション解析により，分裂波の発生有無及び分裂波の影響も考慮した津波波圧の評価が可能となる。  図 15 水位時刻歴波形の比較（上段：港口部，下段：２号炉取水口前面）	【目的及び入射津波の造波】 水理模型実験は，ソリトン分裂波や砕波の発生の有無及び防波壁が受ける津波波圧への有意な影響の有無，並びにフルード数の把握を目的に実施する。 水理模型実験における再現範囲は施設護岸から離れた沖合約 2.5km の位置とし，入力津波高さが最大となる基準津波１（防波堤有・無）の平面二次元津波シミュレーションから求めた同地点における津波波形（最大押し波１波）を入力する。 実験における入射津波は，同地点の水位と流速を用いて入射波成分と反射波成分に分離し，入射波成分を造波する。 入射津波高さについては，基準津波１（防波堤有・無）と，不確かさを考慮した波圧検討用津波（１５m津波）を設定する。波圧検討用津波（１５m津波）は，基準津波１（防波堤有・無）と同周期として防波壁前面における反射波を含む遡上高が EL.+15m となるよう振幅を調整する。なお，本波圧検討用津波（１５m津波）は，防波壁等の設計用津波波圧として用いるものではない。 周期については，基準津波１（防波堤有・無）の周期と，不確かさを考慮した基準津波１（防波堤有・無）の半周期を設定する。入射津波の造波波形図を第１２図及び第１３図に示す。  第１２図（１）　入射津波の造波波形図（防波堤有）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

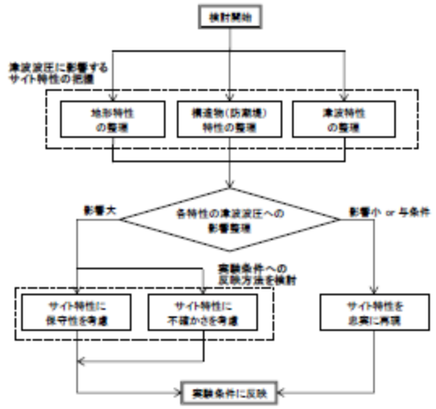
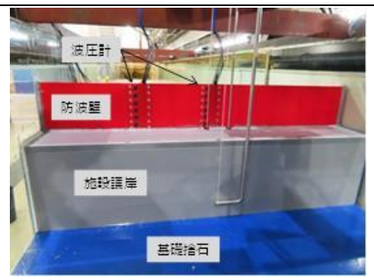
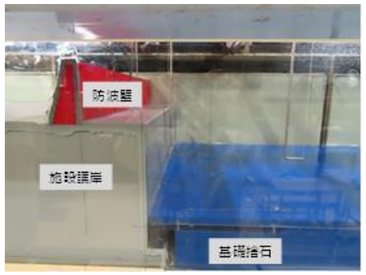
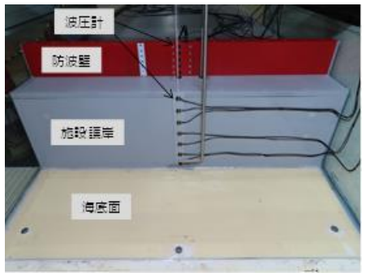
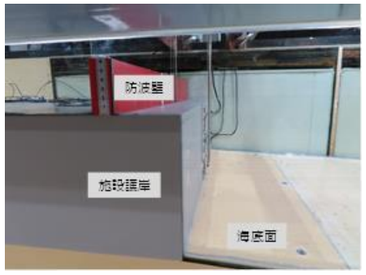
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	c．まとめ 女川原子力発電所の基準津波及び東北地方太平洋沖地震による津波の特性を確認した結果，第１波の影響が支配的となる（第１波の水位は後続波と比較して極端に大きい）こと，第１波は周辺地形の影響をほとんど受けずに策定位置から直線的に到達することを確認した。 以上を踏まえて，津波の第１波を検討対象として津波防護施設に作用する津波波圧の検討を行うこととし，数値流体解析（断面二次元津波シミュレーション解析）による検討と併せて，波形特性（周期，波高）の不確かさも考慮した水理模型実験による検討を補完的に行う。 （４）数値流体解析による検討 ａ．解析条件 女川の地形特性（海底勾配，２段敷地，鋼管式鉛直壁）を再現したうえで，基準津波を対象とした数値流体解析（断面二次元津波シミュレーション解析）により，津波の水位・流速・波圧等の確認を行った。数値流体解析は，非線形分散波理論に基づいた解析手法であり，ソリトン分裂波を表現可能な数値波動水路 CADMAS-SURF/3D（Ver.1.5）を用いた。 解析領域は後述する水理模型実験と同じ区間をモデル化し，入射波は平面二次元津波シミュレーション解析による基準津波（東北地方太平洋沖型の地震（水位上昇側））の出力波形（第１波）とし，基準津波策定位置に入力した。解析モデルを図 16 に示す。	 第１２図（２）　入射津波の造波波形図（防波堤有）拡大図  第１３図（１）　入射津波の造波波形図（防波堤無）  第１３図（２）　入射津波の造波波形図（防波堤無）拡大図	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
ｂ．検討断面 東海第二発電所前面の海底地形は概ね一様の地形となっていることから，本実験では，津波水位が最大となる地点を基に，津波の伝播特性を踏まえ，等深線図に直交する断面を選定した（第７図）。  第７図　検討断面位置図	 （基準津波策定位置～敷地）  （0.P.+2.5m～防潮堤） 図 16 解析モデル b．通過波解析 構造物がない状態での津波状況把握を目的に，防潮堤がないモデルで通過波解析を行い，水位・流速・フルード数の確認を行った。波形を図 17 に示す。 防潮堤の近傍において津波の第１波の水位波形は滑らかになっており，ソリトン分裂は発生しておらず，水位が緩やかに上昇するような水位変動型の津波が発生した。また，防潮堤前面位置でのフルード数は 0.38 で 1.0 を下回った。津波の水平流速の小ささ（周期の長さ）や２段敷地の盛土法面の影響等によって津波が減勢し，防潮堤前面位置では常流（Fr＜1.0）となった可能性が考えられる。	（３）水理模型実験による検討 ａ．検討断面 島根原子力発電所前面の海底地形及び津波の伝播特性を踏まえ，本実験の検討断面は，防波壁の延長方向に直交し，海底地形を示す等水深線ともほぼ直交する南北方向とする。水理模型実験における検討断面位置を第１４図及び第１５図に示す。  検討断面位置図（海底地形：防波堤無） 第１４図　検討断面位置図（海底地形：防波堤無）  ※海底地形勾配を示す。 第１５図　検討断面図	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
ｃ．　実験条件 断面二次元実験施設の水路は，長さ 60m×幅 1.2m（貯水部は 1.8m）×高さ 1.5m とし，沖合 5km から陸側の範囲を再現するために，実験縮尺（幾何縮尺）は=1/200 とした（第 8 図）。  第 8 図(1)　計測位置図  第 8 図(2)　防潮堤位置拡大図  第 8 図(3)　実験施設写真 ｄ．　入射津波の造波 水理模型実験における再現範囲の最沖地点はソリトン分裂波が発生しない沖合 5.0km の位置とし，基準津波の波源モデルを用いた数値解析から求めた同地点における津波波形を入力した。また，この津波波形を防潮堤位置で平面二次元津波シミュレーション解析結果と同様の高さになるよう振幅を調整した（第 9 図）。	 図 17 水位・流速の時系列波形（通過波解析） c．津波荷重解析 構造物がある状態での津波状況把握を目的に，防潮堤ありモデルで津波荷重解析を行い，防潮堤に作用する波圧の確認を行った。防潮堤前面位置における波圧の時系列波形を図 18 に示す。津波の第 1 波の波圧波形は滑らかになっており，津波の衝撃圧は発生しておらず，持続圧が主体となった。通過波解析の結果も踏まえると，防潮堤前面位置では津波が常流化しており，潮汐的挙動による水位変動型の津波が作用したものと考えられる。 防潮堤に作用する最大波圧分布を図 19 に示す。防潮堤壁部（鋼管式鉛直壁）と下部の盛土法面も含めて波圧分布はおおむね連続しており，静水圧型の分布形状（直線分布）となった。 これは，防潮堤前面の盛土の存在で減勢・滑らかな遡上での防潮堤への作用となったことと合わせ，既往研究で水深係数がフルード数の関数となるとの知見を考え合わせると，通過波解析でフルード数が小さく常流作用であることも考慮し，盛土・防潮堤前面波圧とも，おおむね，堰上げ前面水位による静水圧分布となったと考えられる。	ｂ．実験条件 実験施設の水路は，長さ 50m×幅 0.6m×高さ 1.2m とし，沖合約 2.5km から陸側の範囲を再現するために，実験縮尺（幾何縮尺）は 1/100 とする。３号炉側の実験モデル図を第１６図に，１，２号炉側の実験モデル図を第１７図に示す。  第１６図　実験施設水路（３号炉，防波堤有）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
 第 9 図　入射津波の造波波形図（沖合 5km 地点）	 図 18 波圧の時系列波形  図 19 最大波圧分布 d. まとめ 女川原子力発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧について，鋼管式鉛直壁を模擬した数値流体解析により，基準津波の特性や津波波圧等を確認した。 検討の結果，防潮堤の近傍で津波のソリトン分裂は確認されず，防潮堤前面位置でのフルード数は１以下となった。また，基準津波の作用により，津波の衝撃圧は発生せず，持続圧が作用した。また，防潮堤に作用する波圧分布はいずれも直線型となり，おおむね静水圧程度となった。	 第１７図　実験施設水路（１，２号炉）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	（５）水理模型実験による検討 ａ．実験条件 水理模型実験の条件設定フローを図 20 に示す。発電所の地形特性，構造物（防潮堤）特性，津波特性（基準津波，東北地方太平洋沖地震による津波）の観点から津波波圧に影響するサイト特性を整理し，保守的な結果が得られる条件を設定する。 津波波圧に影響するサイト特性の整理と水理模型実験条件への反映結果を表３に示す。地形特性，構造物特性及び津波特性の観点から津波波圧に影響するサイト特性を整理し，保守的になるよう実験条件を設定するとともに，津波の波形特性としての周期（継続時間）及び波高の不確かさを考慮した。 津波の波形特性（周期，波高）の不確かさが津波波圧等に与える影響を確認するため，津波の周期を２種類，波高を６種類で変化させた計 12 種類の津波波形（１波形あたり３回）による水理模型実験を行った（表４）。なお，二段型津波の波形信号は，半周期 20 分のガウス分布に半周期５分の同じ津波高さのガウス分布を重ね合わせた（図 21）。 実験装置は，長さ 60m×幅 20m（内幅 18m）×高さ 15mの平面水槽を用い，実験縮尺（幾何縮尺）は 1/125 とした。また，目標最大水位 O.P.+37.5m となる高水位の津波を増波するため，増波装置の能力や水槽内の貯留可能水量を考慮し，沖合部に津波水位を高くするための収斂壁（幅 18mより 4mに絞る）を設置し，下流側に幅 4m水路，陸上模型（護岸・盛土・敷地）及び防潮堤模型を構築した。実験装置及び実験模型の概要を図 22，図 23 及び写真１に示す。	水理模型実験の実験装置例の写真を第１８図及び第１９図に示す。  第１８図（１）　実験施設写真（３号炉）  第１８図（２）　実験施設写真（１，２号炉）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 図 20 水理模型実験の条件設定フロー	 正面より  側面より 第１９図（１）　実験模型（３号炉）  正面より  側面より 第１９図（２）　実験模型（１，２号炉）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）

e．　水理模型実験の結果

(a)　水理模型実験におけるソリトン分裂波の確認

平面二次元津波シミュレーション解析に即した津波波形を造波し，水理模型実験を行った。水理模型実験における時刻歴図を第 10 図に示す。その結果，目視観察と波高計による計測により，沖合約 220m 地点（Ｗ７）においてソリトン分裂波が生じることを確認した。ただし，陸上に遡上する過程で分裂波は減衰しており，防潮堤位置での有意な波圧分布への影響は認められない。また，防潮堤前面位置（Ｗ１０）で砕波は生じず，防潮堤位置での有意な波圧分布への影響は認められない。

女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）

表３　津波波圧に影響するサイト特性の整理と水理模型実験条件への反映結果

分類	項目	サイト特性	津波波圧への影響	実験条件への反映結果
地形	海底勾配	1/100 （平均勾配）	・海底勾配が 1/100 以下程度の遠浅で，かつ津波高さが水深の 30%以上であると，ソリトン分裂波が発生する可能性がある	サイト特性を再現（与条件）※ ※：津波高さの違いがソリトン分裂波の有無に影響するため，津波高さの項目で反映
	防波堤	防波堤あり	・防波堤の有無は防潮堤に対する津波の流向に影響する（防潮堤に対して沿波になるか否か）	保守性を考慮（防波堤なしでモデル化） ・防波堤なしの場合に津波は直接防潮堤に作用すること，基準津波の最高水位が防波堤よりも十分高く波長も長いことから，津波波圧への影響検討として防波堤なしが保守的と考えられる※ ※：女川の水位評価としては防波堤ありの方が保守的となるが，実験では水位条件ごとの波圧計測を目的とするので防波堤なしでの条件設定は妥当
	前面地形 （防潮堤海側）	2段敷地	・防潮堤海側の敷地法面は，防潮堤に作用する津波波圧を減勢する効果をきたす可能性がある	サイト特性を再現（与条件）
構造物 （防潮堤）	設置位置	法面上部 （法肩）	・汀線から離れるほど津波が減勢し，津波波圧は小さくなる	サイト特性を再現（与条件）
	防潮堤高さ	O.P.+29m	・影響なし	サイト特性を再現（与条件）
	形状	鋼管式鉛直壁 （一般部，岩盤部）と盛土堤防の併用	・鋼管式鉛直壁（直立構造）と比較して，盛土堤防は津波遡上に伴う減勢効果があり，津波波圧が小さくなる可能性がある ・構造物設置高さ（海側地形の標高）が高い方が構造物に作用する津波の水深が小さくなる（津波波圧は小さくなる）	保守性を考慮（鋼管式鉛直壁（一般部）でモデル化） ・鋼管式鉛直壁は盛土堤防よりも津波遡上に伴う減勢効果は小さいと考えられる ・鋼管式鉛直壁の岩盤部は一般部よりも海側地形の標高が高く，津波波圧は小さい
津波 （基準津波，東北地方太平洋沖地震による津波）	波形	二段型波形	・津波の周期は，防潮堤に作用する津波の波長，流速の大小に影響する	不確かさを考慮（半周期 5 分，20 分の2ケース） ・基準津波の第1波の半周期が約 10～20 分，二段型波形のうちの個別波部分の半周期が約 5 分であることを考慮して設定
	津波高さ	O.P.+24.4m （入力津波高さ）	・津波高さが高い方が，流速も含めた津波のエネルギーが大きく，津波波圧は大きくなる	不確かさを考慮（O.P.+17.0m～O.P.+37.5m の 6 ケース） ・鋼管式鉛直壁（一般部）の直立壁部分に作用する規模の津波高さとして越波の可能性まで考慮して設定

島根原子力発電所　２号炉

ｃ．水理模型実験の結果

(a)　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース①】

発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。また，水理模型実験（H10 地点）と同等な水深における平面二次元津波シミュレーション（地点１）の時刻歴波形を比較した結果，同等の津波を再現できていることを確認した。

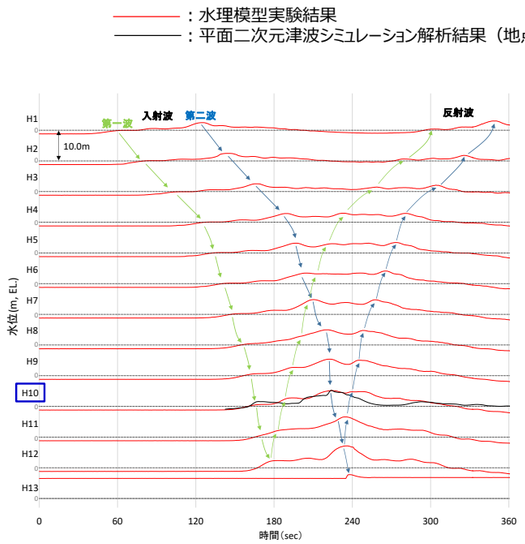
防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。

また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について，緩やかに上昇していることを確認した。実験条件を第６表に，時刻歴波形を第２０図に示す。

第６表　実験条件（ケース①）

検討ケース	津波	波形（周期）	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース①	基準津波１	基準津波１	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	波圧検討用津波（１５m津波）		有	有	有
ケース④※			有	有	無
ケース⑤※			有	無	無
ケース⑥		基準津波１の半周期	有	有	有

※遡上波計測ケース



第２０図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース①）

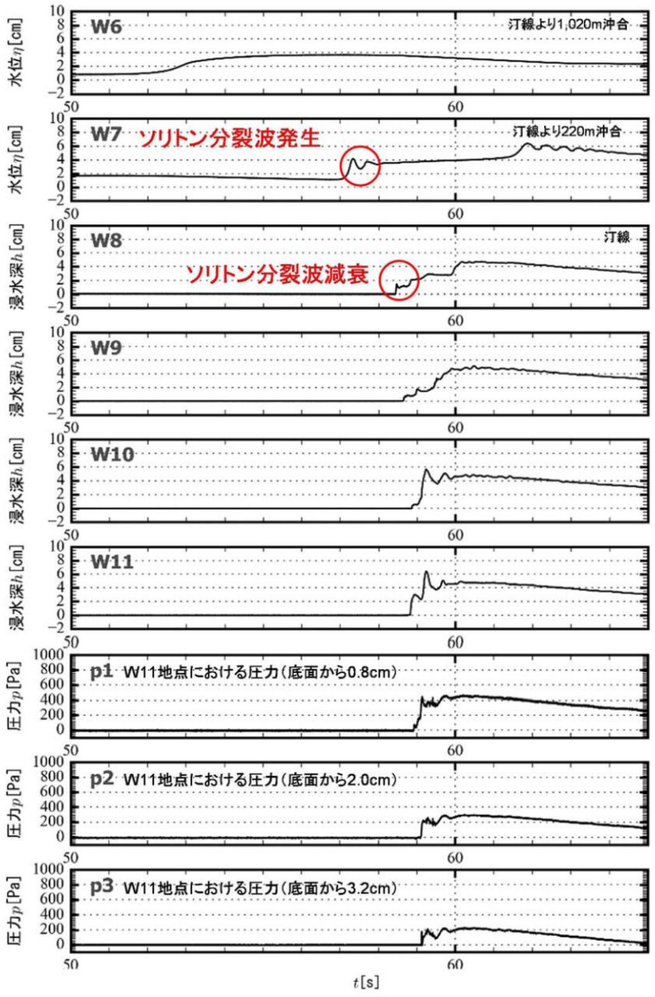
備考

・設計方針の相違

【東海第二，女川2】

設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



第 10 図　水理模型実験における時刻歴図

表４　入射津波条件（目標波形）

波条件	波形	目標津波条件（現地換算）			目標津波条件（1/125実験換算）		
		半周期	津波水位【O.P.】	越流水深	半周期	津波水位【DL】	越流水深
WAVE 001	単峰型	5分	＋17.0m	非越流	26.8秒	0.136m	非越流
WAVE 002			＋25.0m	非越流		0.200m	非越流
WAVE 003			＋36.0m	7.0m		0.288m	0.056m
WAVE 004			＋32.5m	3.5m		0.260m	0.028m
WAVE 005			＋35.0m	6.0m		0.280m	0.048m
WAVE 006			＋37.5m	8.5m		0.300m	0.068m
WAVE 101	二段型	20分	＋17.0m	非越流	107.3秒	0.136m	非越流
WAVE 102			＋25.0m	非越流		0.200m	非越流
WAVE 103			＋36.0m	7.0m		0.288m	0.056m
WAVE 104			＋32.5m	3.5m		0.260m	0.028m
WAVE 105			＋35.0m	6.0m		0.280m	0.048m
WAVE 106			＋37.5m	8.5m		0.300m	0.068m

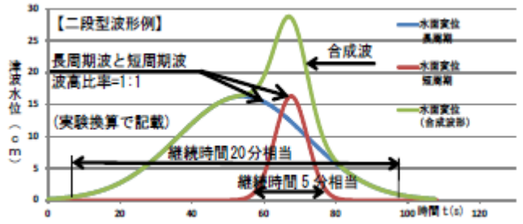


図 21　波形の概要

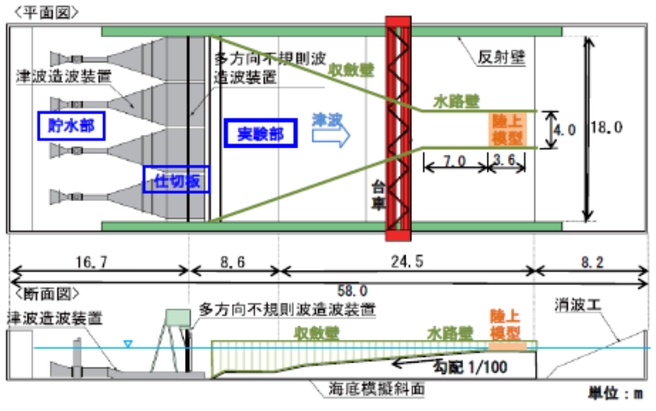


図 22　実験装置概要図

（ｂ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース②】

発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。

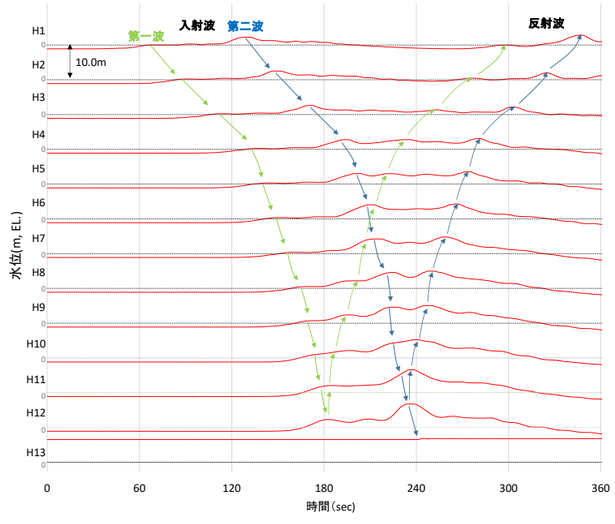
防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。

また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について，緩やかに上昇していることを確認した。実験条件を第７表に，時刻歴波形を第２１図に示す。

第７表　実験条件（ケース②）

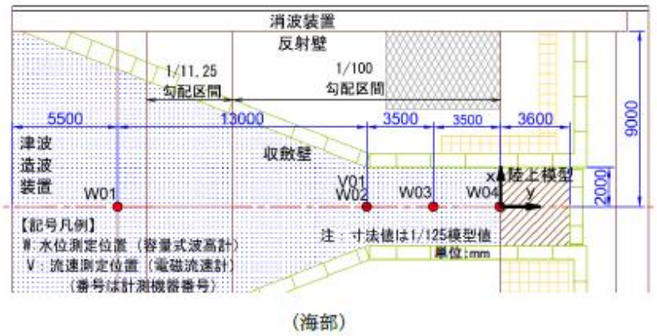
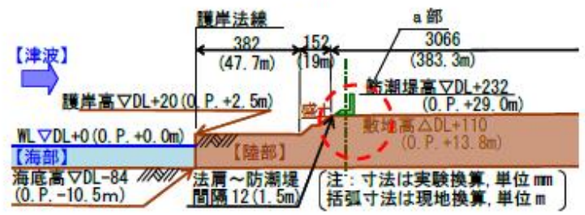
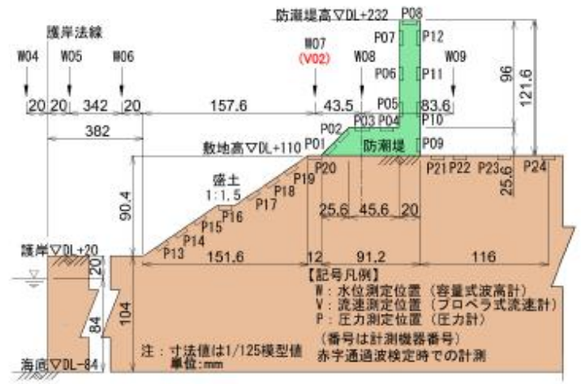
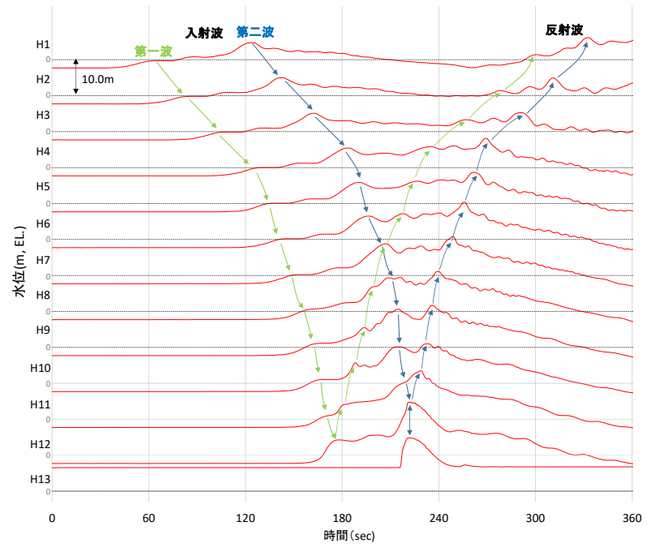
検討ケース	津波	波形（周期）	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース①	基準津波１	基準津波１	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	波圧検討用津波（１５m津波）		有	有	有
ケース④※			有	有	無
ケース⑤※			有	無	無
ケース⑥		基準津波１の半周期	有	有	有

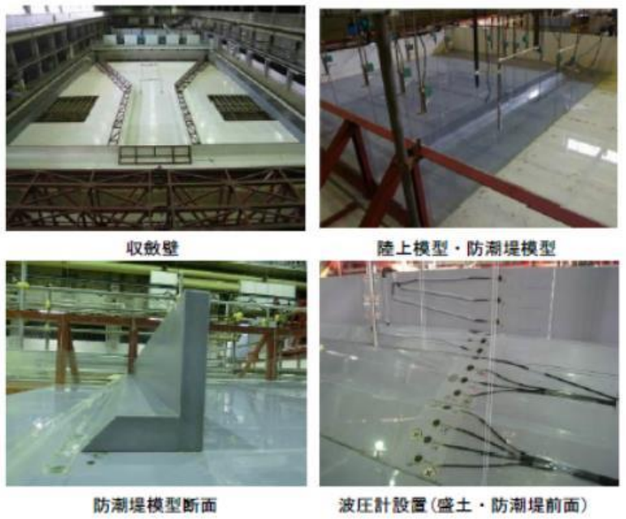
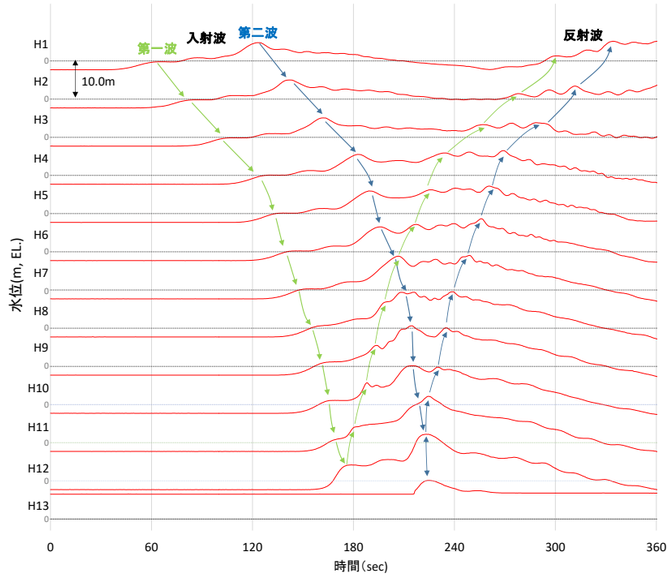
※通過波計測ケース



第２１図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース②）

・設計方針の相違
【東海第二，女川2】
設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 （海部）  （陸部）  （陸部詳細（a部拡大）） 図 23　実験模型概要図	（ｃ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース③】 発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。 防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。 また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認したことから，波圧を算定して影響を確認する。実験条件を第８表に，時刻歴波形を第２２図に示す。 第８表　実験条件（ケース③） 検討ケース / 津波 / 波形（周期） / 防波堤 / 施設護岸 / 防波壁 ケース① / 基準津波１ / 基準津波１ / 有 / 有 / 有 ケース② / 基準津波１ / 基準津波１ / 無 / 有 / 有 ケース③ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 有 / 有 / 有 ケース④※ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 有 / 有 / 無 ケース⑤※ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 有 / 無 / 無 ケース⑥ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１の半周期 / 有 / 有 / 有 ※通過波計測ケース  第２２図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース③）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 写真１　実験装置 b．通過波実験 構造物がない状態での津波状況把握を目的に，防潮堤がないモデルで通過波実験を行い，水位・流速・フルード数の確認を行った。波形の一例を図 24 に示す。 防潮堤の近傍において津波の第１波の水位波形は滑らかになっており，ソリトン分裂は発生しておらず，水位が緩やかに上昇するような水位変動型の津波が発生した。なお，単峰型津波の沖合部（WAVE002：W01～W03）で後続波の水位波形に乱れが確認でき，平面水槽実験による収斂壁による水流の漸縮・水位上昇や側壁からの反射の影響が含まれているものと考えられるが，主たる確認対象である陸上模型位置（W04～W08）の第１波は安定した波形となっている。 各ケースでの通過波実験（防潮堤なし）における津波の水理諸量を表５に示す。また，防潮堤前面位置でのフルード数は単峰型で 0.8 程度，二段型で 0.6 程度となり，最大でも 0.843 で 1.0 を下回った。津波の水平流速の小ささ（周期の長さ）や２段敷地の盛土法面の影響等によって津波が減勢し，防潮堤前面位置では常流（Fr＜1.0）となった可能性が考えられる。	（ｄ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース④】 防波壁が無い状態での津波遡上状況の把握を目的に，通過波実験を行い，水位・フルード数の確認を行った。 発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。 防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。 また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認した。実験条件を第９表に，時刻歴波形を第２３図に示す。 第９表　実験条件（ケース④） 検討ケース / 津波 / 波形（周期） / 防波堤 / 施設護岸 / 防波壁 ケース①：基準津波１：基準津波１：有：有：有 ケース②：：：無：有：有 ケース③：：：有：有：有 ケース④※：波圧検討用津波（１５m津波）：：有：有：無 ケース⑤※：：：有：無：無 ケース⑥：：基準津波１の半周期：有：有：有 ※通過波計測ケース  第２３図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース④）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）

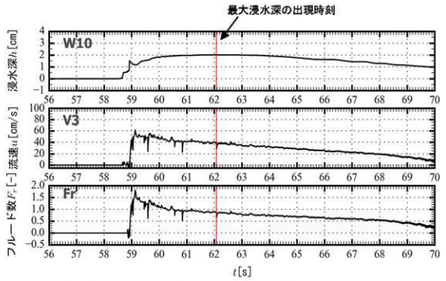
(b)　フルード数

防潮堤がないモデルで，防潮堤位置の最大浸水深を計測し，同時刻における流速からフルード数を算定した。

その結果，通過波のフルード数は平均で 0.8（＜1.0）であったことから，水深係数 3 で津波波圧分布を評価し，防潮堤の設計に適用できることを確認した（第 2 表及び第 11 図）。

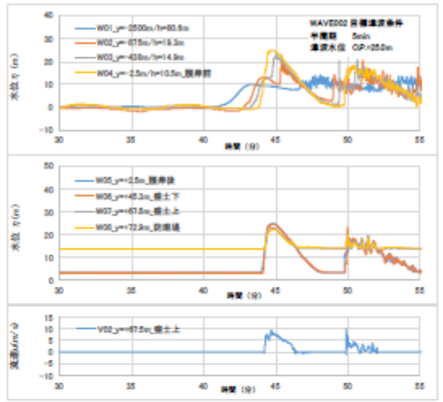
第 2 表　通過波検定結果表

	フルード数 （最大浸水深時）
1 回目	0.9
2 回目	0.9
3 回目	0.6
4 回目	0.8
5 回目	0.7
6 回目	0.9
平均値	0.8

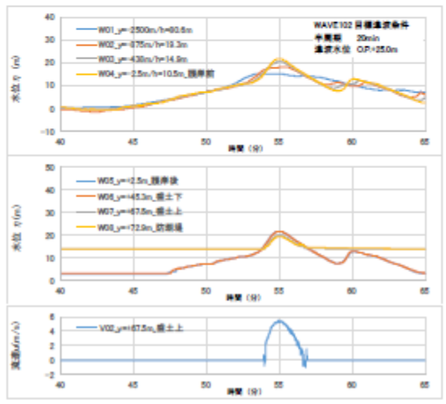


第 11 図　持続波領域における最大浸水深・流速・フルード数の時系列図

女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）



（単峰型：半周期 5 分）



（二段型：半周期 20 分）

図 24　水位・流速の時系列波形（通過波実験：目標津波水位 O.P.+25.0m）

島根原子力発電所　２号炉

防波壁位置における浸水深及び同時刻におけるフルード数の時刻歴波形を確認した。その結果，越流開始直後の浸水深が浅い時間帯においてはフルード数が大きいが，最大浸水深と同時刻におけるフルード数は 1 以上となることを確認した。最大浸水深及び同時刻におけるフルード数を第１０表及び第２４図に示す。

朝倉らの研究※によると，津波波圧算定で使用する水深係数（水平波圧指標）について，以下のとおり記載されている。

・非分裂波の場合，フルード数が 1.5 以上では陸上構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標（遡上水深に相当する静水圧分布の倍率）は最大で 3.0 となる。

防波壁の構造成立性確認に当たっては，最大浸水深と同時刻におけるフルード数は 1.5 以下であるが，津波波圧算定で使用する水深係数を 3.0 とする。

※朝倉ら（2000）：護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 47 巻，土木学会，PP.911-915

第１０表　最大浸水深と同時刻におけるフルード数

	フルード数 （最大浸水深時）
1 回目	1.175
2 回目	1.175
3 回目	1.178

備考

・設計方針の相違
【東海第二，女川2】
設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表５　浸水深最大時の水理諸量（通過波実験：W07（V02）位置）

波条件	波形	目標水位※【O.P.】	最大水位【O.P.】	浸水深	流速	フルード数
WAVE001	単峰型 半周期 5分	＋17.0m	＋17.0m	3.2m	4.7m/s	0.839
WAVE002		＋25.0m	＋23.0m	9.2m	8.0m/s	0.843
WAVE003		＋36.0m	＋30.8m	17.0m	7.9m/s	0.612
WAVE004		＋32.5m	＋26.2m	12.4m	9.1m/s	0.826
WAVE005		＋35.0m	＋28.3m	14.5m	9.3m/s	0.780
WAVE006		＋37.5m	＋30.2m	16.4m	9.2m/s	0.726
WAVE101	二段型 半周期 20分	＋17.0m	＋14.6m	0.8m	0.2m/s	0.071
WAVE102		＋25.0m	＋19.8m	6.0m	5.4m/s	0.704
WAVE103		＋36.0m	＋25.8m	12.0m	8.0m/s	0.738
WAVE104		＋32.5m	＋25.9m	12.1m	4.9m/s	0.450
WAVE105		＋35.0m	＋28.2m	14.4m	7.4m/s	0.623
WAVE106		＋37.5m	＋30.0m	16.2m	7.6m/s	0.603

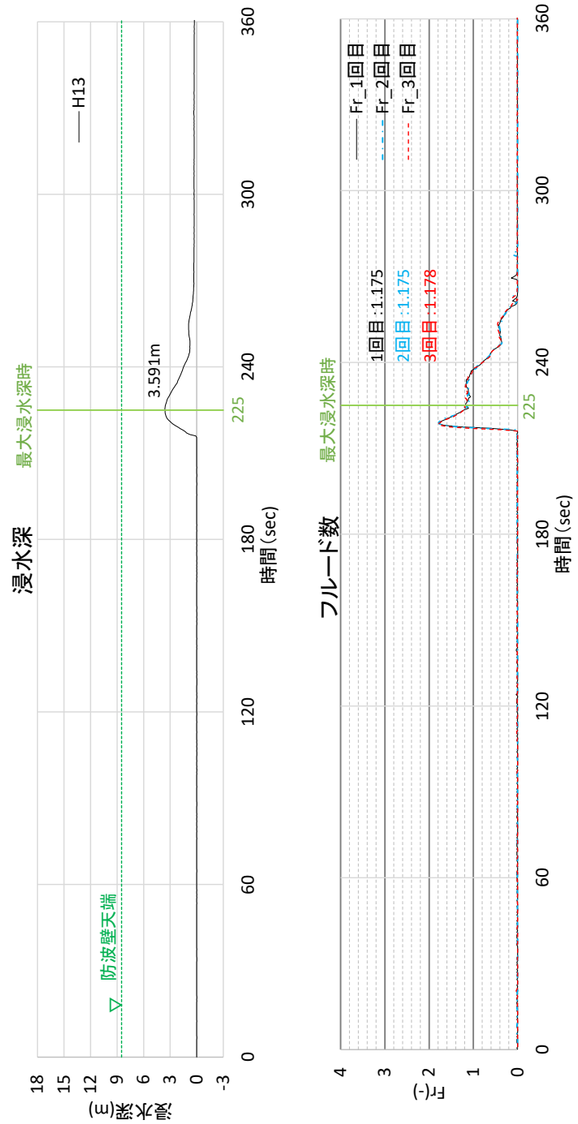
※津波荷重実験（防潮堤あり）の目標水位

c．津波荷重実験

構造物がある状態での津波状況把握を目的に，防潮堤ありモデルで津波荷重実験を行い，防潮堤に作用する波圧の確認を行った。

実験状況を写真２に示す。防潮堤前面位置における波圧の時系列波形の一例を図 25 に示す。単峰型，二段型ともに津波の第１波の波圧波形は滑らかになっており，衝撃圧は発生しておらず，持続圧が主体となった。通過波実験の結果も踏まえると，防潮堤前面位置では津波が常流化しており，潮汐的挙動による水位変動型の津波が作用したものと考えられる。

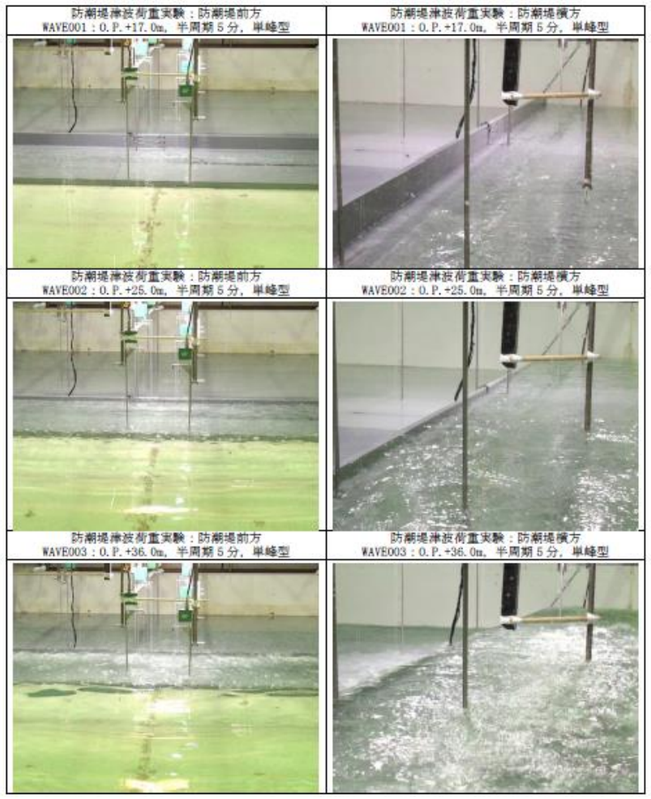
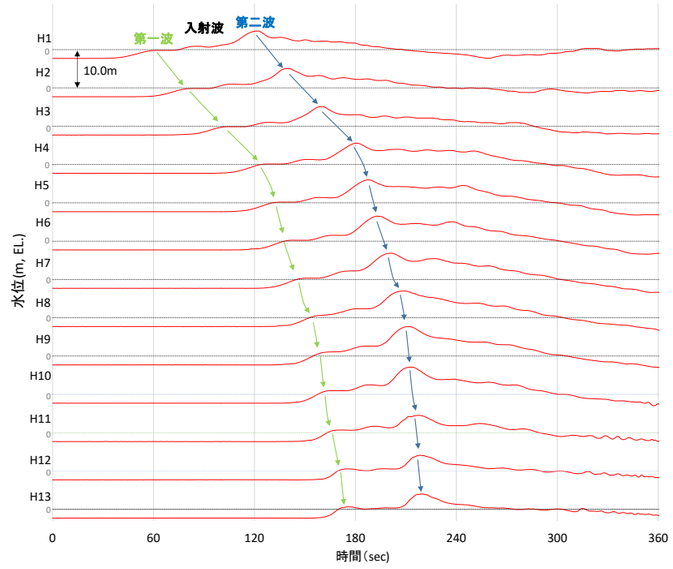
防潮堤に作用する最大波圧分布を図 26 に示す。防潮堤壁部（鋼管式鉛直壁）と下部の盛土法面の境界付近に若干の段差が見られるものの，波圧分布としてはおおむね連続しており，静水圧型の分布形状（直線分布）となった。

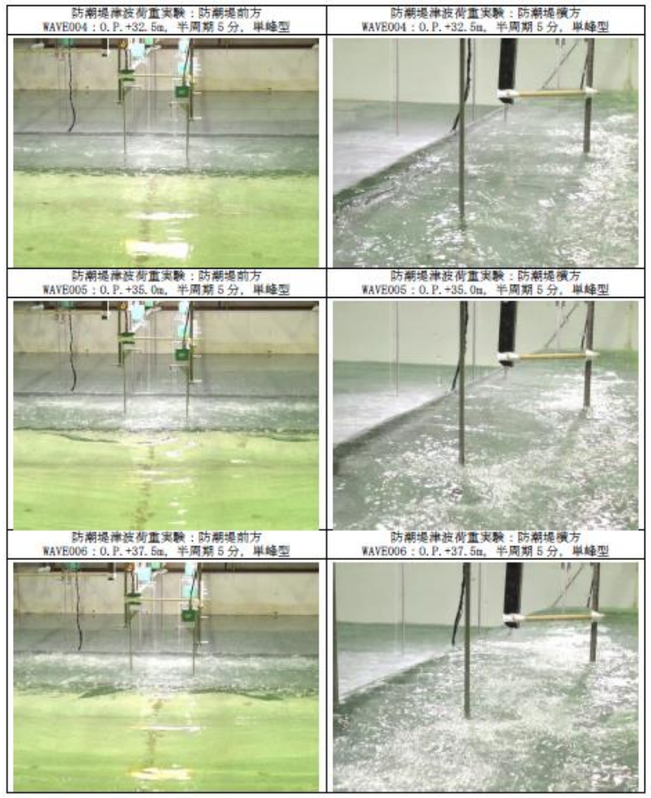
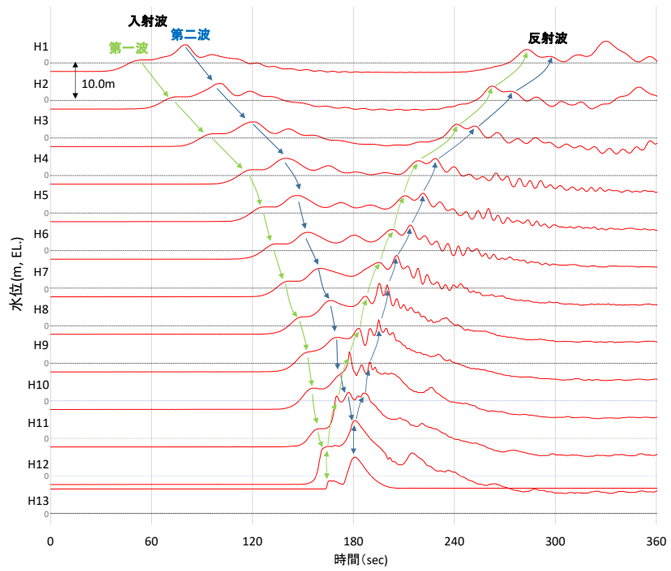


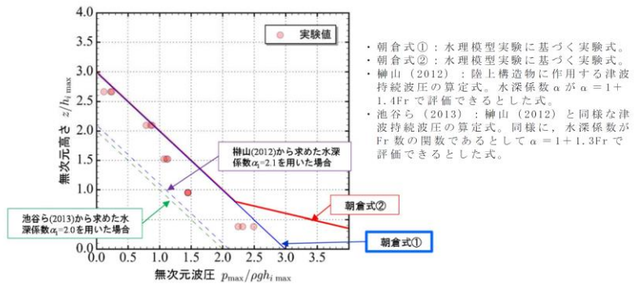
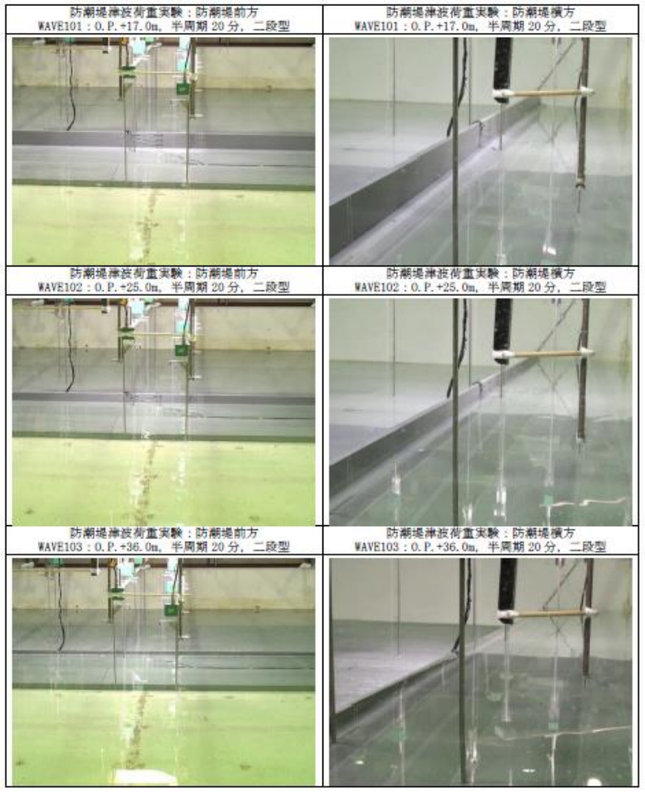
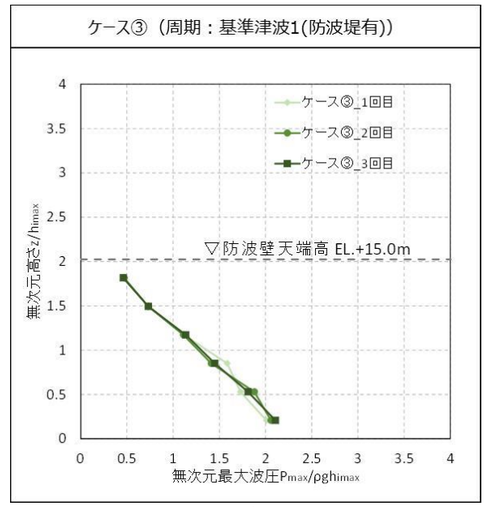
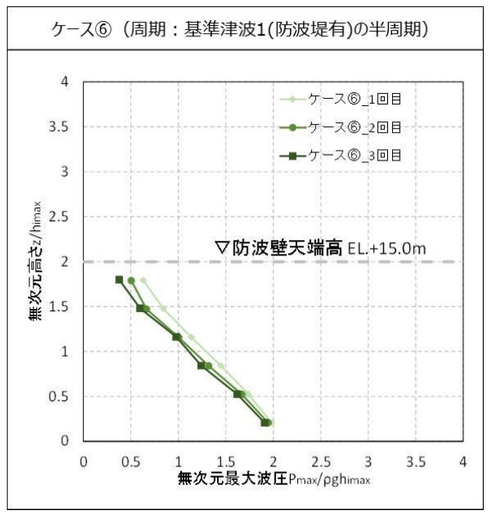
第２４図　最大浸水深及び同時刻におけるフルード数（進行波成分）の時刻歴波形

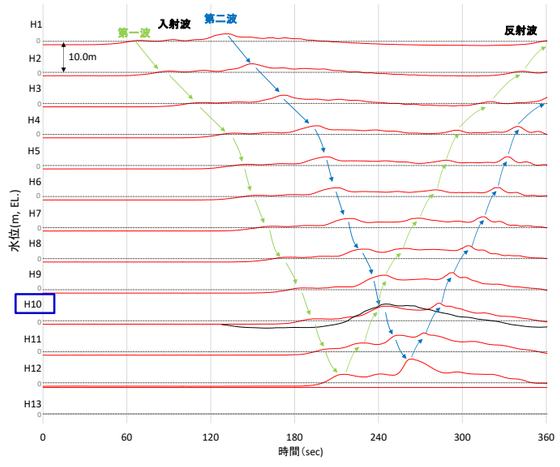
備考

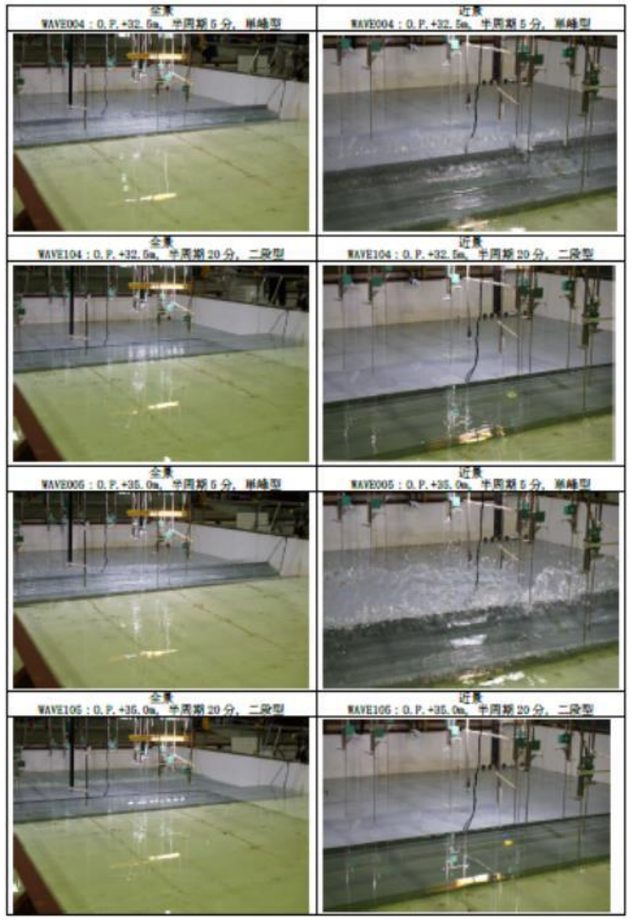
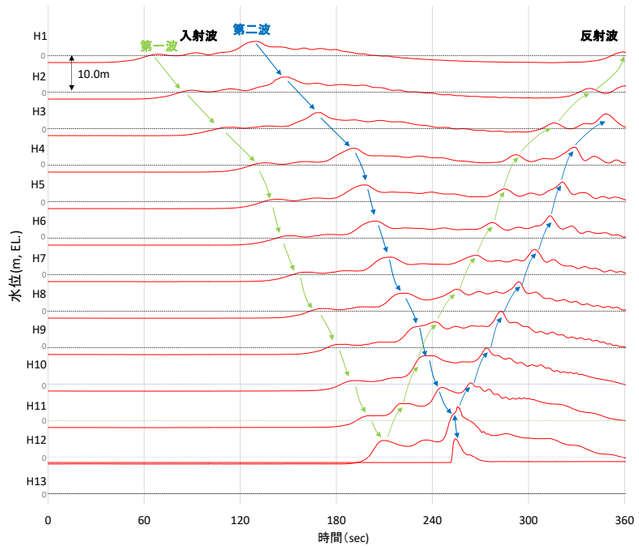
・設計方針の相違
【東海第二，女川2】
設計方針の相違による記載内容の相違

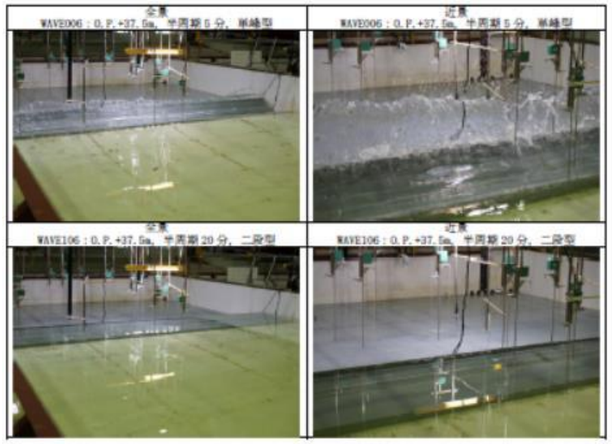
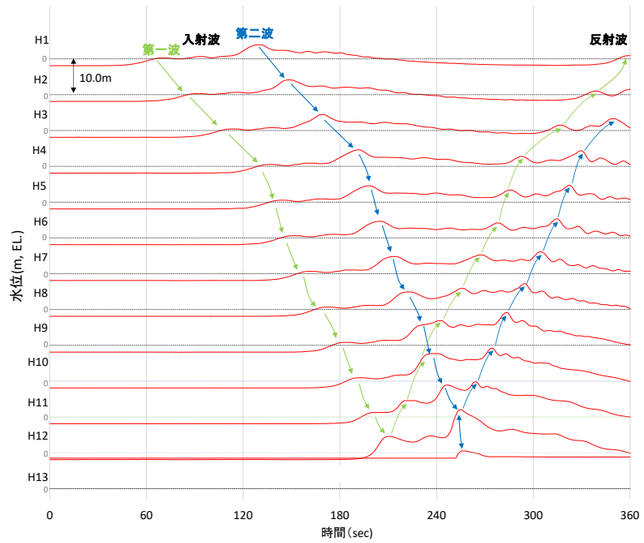
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 写真 2-1 実験状況（津波荷重実験）	（ｅ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑤】 反射波の影響を受けない状態でのソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認のため，施設護岸及び防波壁無による通過波実験を行い，発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。実験条件を第１１表に，時刻歴波形を第２５図に示す。 第１１表　実験条件（ケース⑤） 検討ケース / 津波 / 波形（周期） / 防波堤 / 施設護岸 / 防波壁 ケース①：基準津波１ / 基準津波１ / 有 / 有 / 有 ケース②：基準津波１ / 基準津波１ / 無 / 有 / 有 ケース③：波圧 検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 有 / 有 / 有 ケース④※：波圧 検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 有 / 有 / 無 ケース⑤※：波圧 検討用津波（１５m津波） / — / 有 / 無 / 無 ケース⑥：波圧 検討用津波（１５m津波） / 基準津波１の半周期 / 有 / 有 / 有 ※通過波計測ケース  第２５図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース⑤）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

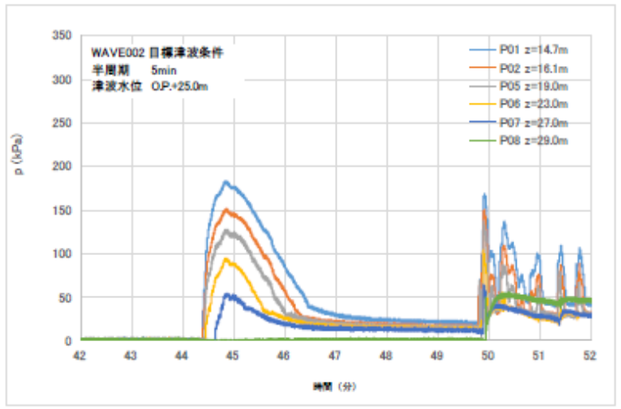
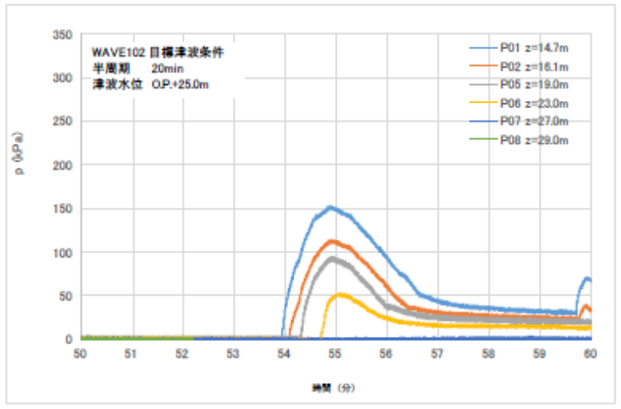
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 写真 2-2 実験状況（津波荷重実験）	（ｆ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑥】 不確かさケースとして，極端に周期を短くした場合の検討（基準津波１の半周期）を実施した。 発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12）。 また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認したことから，波圧を算定して影響を確認する。実験条件を第１２表に，時刻歴波形を第２６図に示す。 第１２表　実験条件（ケース⑥） 検討ケース / 津波 / 波形（周期） / 防波堤 / 施設護岸 / 防波壁 ケース①：基準津波１：基準津波１：有：有：有 ケース②：基準津波１：基準津波１：無：有：有 ケース③：波圧検討用津波（１５m津波）：基準津波１：有：有：有 ケース④※：波圧検討用津波（１５m津波）：基準津波１：有：有：無 ケース⑤※：波圧検討用津波（１５m津波）：基準津波１：有：無：無 ケース⑥：波圧検討用津波（１５m津波）：基準津波１の半周期：有：有：有 ※通過波計測ケース  第２６図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース⑥）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

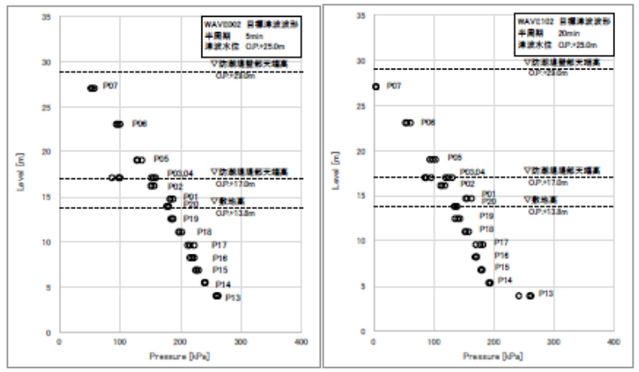
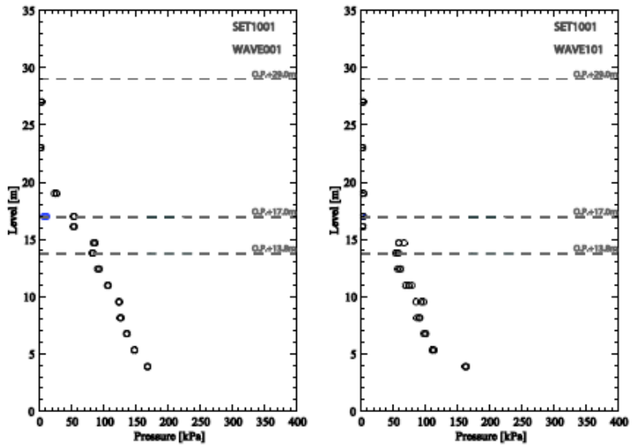
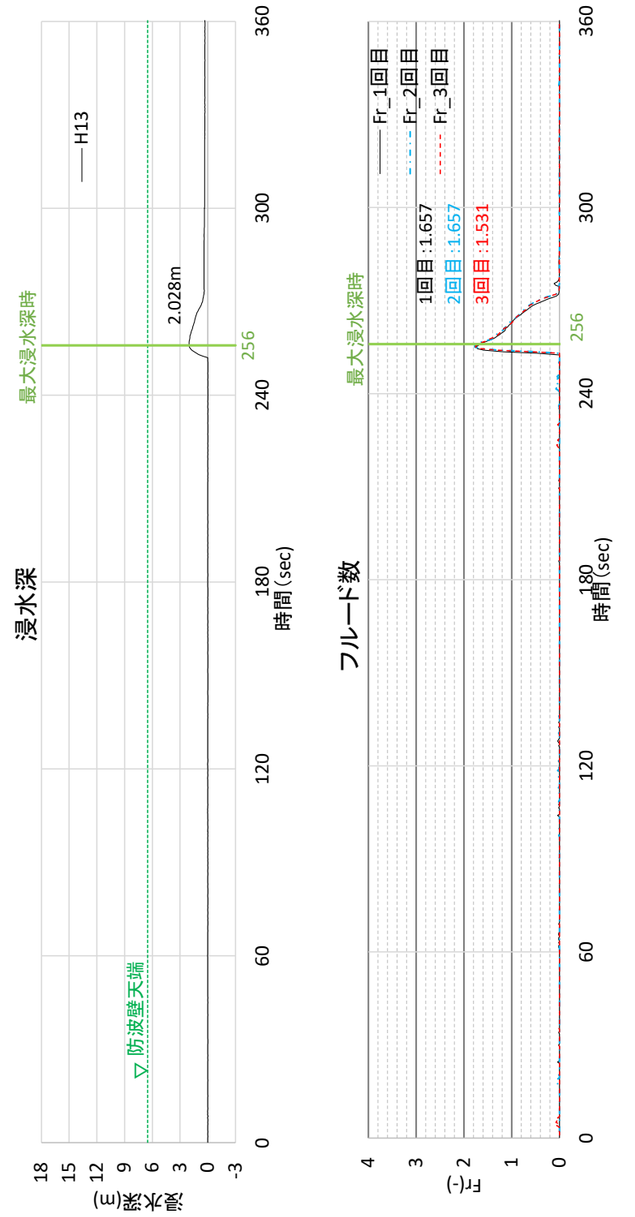
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
(c)　防潮堤壁面におけるソリトン分裂波の最大津波波圧 防潮堤壁面における津波波圧計測結果を通過波の最大浸水深で除して無次元化した結果を以下に示す。 東海第二発電所前面海域の地形を模擬した水理模型実験で計測した防潮堤壁面の最大津波波圧は，朝倉式①及び朝倉式②による算定値よりも小さい値となり，朝倉式②のような波圧分布は認められず，朝倉式①と整合する結果となった（朝倉式①　の方が津波波圧分布の再現性がよいことを確認した。）（第 12 図）。水理模型実験において，ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく，単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。  第 12 図　既往の津波波圧算定式との比較 （無次元最大津波波圧分布図）	 写真 2-3　実験状況（津波荷重実験）	（ｇ）　波圧の算定結果 水理模型実験において計測した防波壁に作用する波圧分布を第２７図に示す。なお，第２７図は横軸の波圧と縦軸の標高を津波による浸水深で無次元化を図った。水理模型実験により算定した３号炉前面の防波壁における波圧分布は直線型となり，ソリトン分裂波や砕波発生時にみられる波圧の増加がみられないため，ソリトン分裂波や砕波による津波波圧への有意な影響はないことを確認した。  周期の不確かさ  第２７図　水理模型実験により算定した波圧分布	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

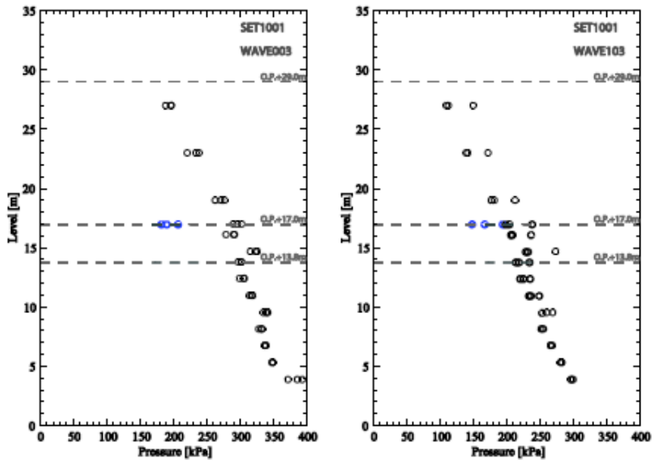
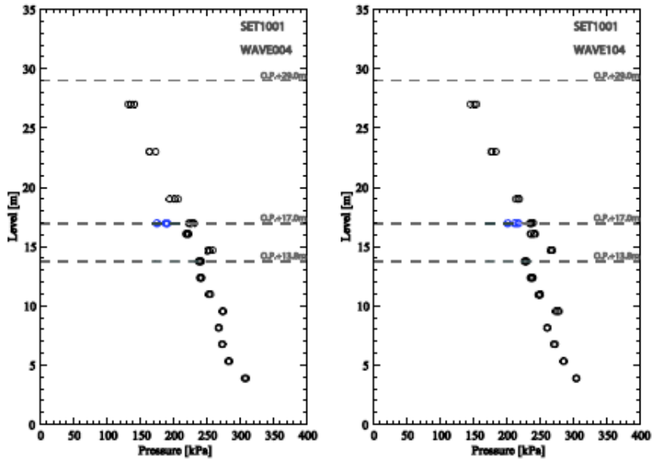
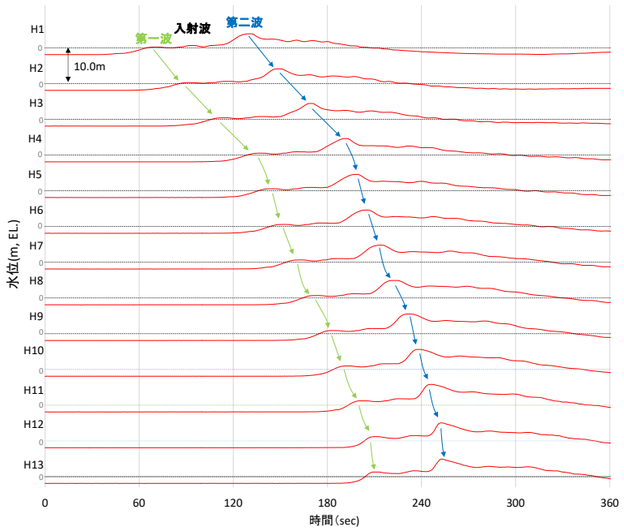
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 写真 2-4 実験状況（津波荷重実験）	（h） ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑦】 発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。また，水理模型実験（H10 地点）と同等な水深における平面二次元津波シミュレーション（地点 3）の時刻歴波形を比較した結果，同等の津波を再現できていることを確認した。 防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。 また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について，緩やかに上昇していることを確認した。実験条件を第１３表に，時刻歴波形を第２８図に示す。 第１３表　実験条件（ケース⑦） <table><tr><th>検討ケース</th><th>津波</th><th>波形（周期）</th><th>防波堤</th><th>施設護岸</th><th>防波壁</th></tr><tr><td>ケース⑦</td><td>基準津波１</td><td rowspan="4">基準津波１</td><td>無</td><td>有</td><td>有</td></tr><tr><td>ケース⑧</td><td rowspan="4">波圧検討用津波（１５m津波）</td><td>無</td><td>有</td><td>有</td></tr><tr><td>ケース⑨※</td><td>無</td><td>有</td><td>無</td></tr><tr><td>ケース⑩※</td><td>無</td><td>無</td><td>無</td></tr><tr><td>ケース⑪</td><td>基準津波１の半周期</td><td>無</td><td>有</td><td>有</td></tr></table>※通過波計測ケース ：水理模型実験結果 ：平面二次元津波シミュレーション解析結果（地点３）  第２８図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース⑦）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 写真 2-5 実験状況（津波荷重実験）	（ｉ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑧】 発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。 防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。 また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認したことから，波圧を算定して影響を確認する。実験条件を第１４表に，時刻歴波形を第２９図に示す。 第１４表　実験条件（ケース⑧） <table><tr><th>検討ケース</th><th>津波</th><th>波形（周期）</th><th>防波堤</th><th>施設護岸</th><th>防波壁</th></tr><tr><td>ケース⑦</td><td>基準津波１</td><td rowspan="5">基準津波１</td><td>無</td><td>有</td><td>有</td></tr><tr><td>ケース⑧</td><td rowspan="4">波圧検討用津波（１５m津波）</td><td>無</td><td>有</td><td>有</td></tr><tr><td>ケース⑨※</td><td>無</td><td>有</td><td>無</td></tr><tr><td>ケース⑩※</td><td>無</td><td>無</td><td>無</td></tr><tr><td>ケース⑪</td><td>基準津波１の半周期</td><td>無</td><td>有</td><td>有</td></tr></table>※通過波計測ケース  第２９図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース⑧）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

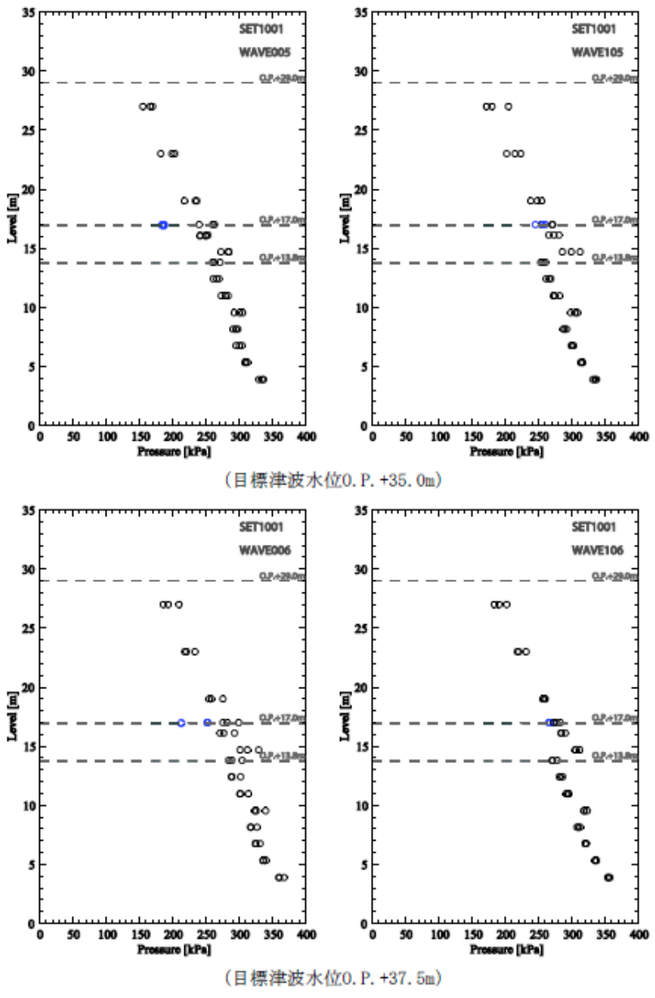
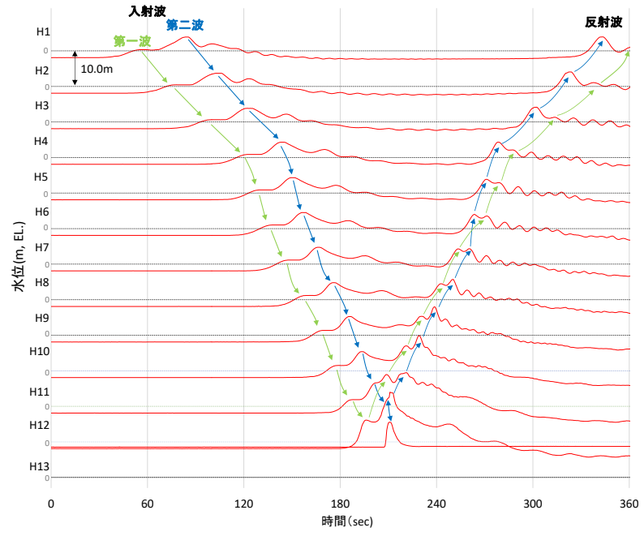
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 写真 2-6 実験状況（津波荷重実験）	（ｊ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑨】 防波壁がない状態での津波遡上状況の把握を目的に，通過波実験を行い，水位・フルード数の確認を行った。 発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。 防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。 また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認した。実験条件を第１５表に，時刻歴波形を第３０図に示す。 第１５表　実験条件（ケース⑨） 検討ケース / 津波 / 波形（周期） / 防波堤 / 施設護岸 / 防波壁 ケース⑦ / 基準津波１ / 基準津波１ / 無 / 有 / 有 ケース⑧ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 無 / 有 / 有 ケース⑨※ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 無 / 有 / 無 ケース⑩※ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 無 / 無 / 無 ケース⑪ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１の半周期 / 無 / 有 / 有 ※通過波計測ケース  第３０図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース⑨）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

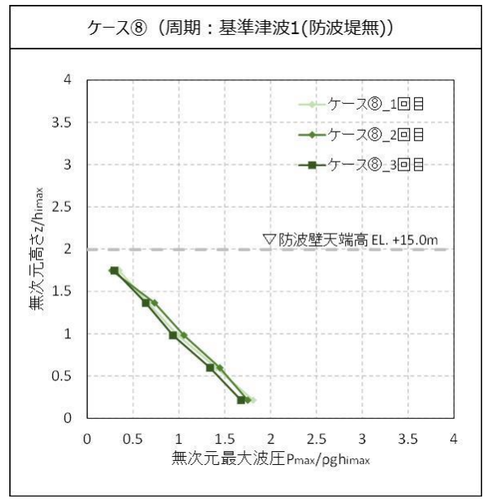
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 （単峰型：半周期 5 分）  （二段型：半周期 20 分） 図 25 波圧の時系列波形（津波荷重実験：目標津波水位 O.P.+25.0m）	防波壁位置における浸水深及び同時刻におけるフルード数の時刻歴波形を確認した。その結果，越流開始直後の浸水深が浅い時間帯においてはフルード数が大きいが，最大浸水深と同時刻におけるフルード数は 1.5 以上となることを確認した。最大浸水深及び同時刻におけるフルード数を第１６表及び第３１図に示す。 朝倉らの研究※によると，津波波圧算定で使用する水深係数（水平波圧指標）について，以下のとおり記載されている。 ・非分裂波の場合，フルード数が 1.5 以上では陸上構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標（遡上水深に相当する静水圧分布の倍率）は最大で 3.0 となる。 島根原子力発電所においては，最大浸水深と同時刻におけるフルード数は 1.5 以上であることから，津波波圧算定で使用する水深係数を 3.0 とする。 ※朝倉ら（2000）：護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 47 巻，土木学会，PP.911-915 第１６表　最大浸水深と同時刻におけるフルード数 フルード数（最大浸水深時） １回目　1.657 ２回目　1.657 ３回目　1.531	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 （目標津波水位O.P.+25.0m）  （目標津波水位O.P.+17.0m） 図 26-1 最大波圧分布（左図：単峰型，右図：二段型）	 第３１図　最大浸水深及び同時刻におけるフルード数（進行波成分）の時刻歴波形	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 （目標津波水位O.P.+36.0m）  （目標津波水位O.P.+32.5m） 図 26-2 最大波圧分布（左図：単峰型，右図：二段型）	（ｋ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑩】 反射波の影響を受けない状態でのソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認のため，施設護岸及び防波壁無による通過波実験を行い，発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。実験条件を第１７表に，時刻歴波形を第３２図に示す。 第１７表　実験条件（ケース⑩） ※通過波計測ケース  第３２図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース⑩）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

検討ケース	津波	波形（周期）	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波１	基準津波１	無	有	有
ケース⑧	波圧検討用津波（１５m津波）		無	有	有
ケース⑨※			無	有	無
ケース⑩※			無	無	無
ケース⑪		基準津波１の半周期	無	有	有

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 図 26-3 最大波圧分布（左図：単峰型，右図：二段型）	（１）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑪】 不確かさケースとして，極端に周期を短くした場合の検討（基準津波１の半周期）を実施した。 発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12）。 また，第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認したことから，波圧を算定して影響を確認する。実験条件を第１８表に，時刻歴波形を第３３図に示す。 第１８表　実験条件（ケース⑪） 検討ケース / 津波 / 波形（周期） / 防波堤 / 施設護岸 / 防波壁 ケース⑦ / 基準津波１ / 基準津波１ / 無 / 有 / 有 ケース⑧ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 無 / 有 / 有 ケース⑨※ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 無 / 有 / 無 ケース⑩※ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１ / 無 / 無 / 無 ケース⑪ / 波圧検討用津波（１５m津波） / 基準津波１の半周期 / 無 / 有 / 有 ※通過波計測ケース  第３３図　水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース⑪）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	d．まとめ 女川原子力発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧について，鋼管式鉛直壁を模擬した水理模型実験により，不確かさとして津波の波形特性（周期，波高）の違いが津波波圧等に与える影響を確認した。 検討の結果，防潮堤の近傍で津波のソリトン分裂は確認されず，防潮堤前面位置でのフルード数は１以下となった。また，津波の波形特性（周期，波高）の違いに関わらず，津波の衝撃圧は発生せず，持続圧が作用した。また，防潮堤に作用する波圧分布はいずれも直線型となった。	（ｍ）　波圧の算定結果 水理模型実験において計測した防波壁に作用する波圧分布を第３４図に示す。水理模型実験により算定した１，２号炉前面の防波壁における波圧分布は，直線型の波圧分布となりソリトン分裂波や砕波発生時にみられる波圧増加がみられないため，ソリトン分裂波や砕波による津波波圧への有意な影響はないことを確認した。  第３４図　水理模型実験により算定した波圧分布	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

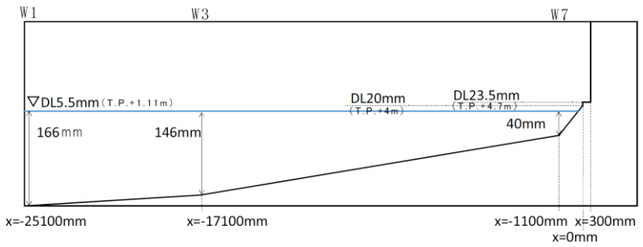
東海第二発電所（2018.9.12 版）

(3)　水理模型実験結果の検証（再現性検討）

水理模型実験結果について，断面二次元津波シミュレーション解析を実施し，防潮堤位置での津波波圧算定式が朝倉式①で妥当であることを検証した。断面二次元津波シミュレーション解析は，分散波理論に基づいた解析手法であり，ソリトン分裂波を表現可能な数値波動水路 CADMAS-SURF／2D（Ver.5.1）を用いた。

ａ．水理模型実験結果の再現性

水理模型実験でモデル化した区間と同じ区間を解析領域としてモデル化した（第 13 図）。また，入射波は水理模型実験の入力波形に合わせて作成した。



第 13 図　解析モデル図

断面二次元津波シミュレーション解析の結果を第 14 図(1)～(2)に示す。水理模型実験結果と同様，沖合約 220m 地点（Ｗ７）においてソリトン分裂波を確認した。ただし，陸上に遡上する過程で分裂波は減衰しており，防潮堤位置での有意な波圧分布への影響は認められない。また，防潮堤位置（Ｗ１０）で砕波は生じず，防潮堤位置での有意な波圧分布への影響は認められない。

防潮堤壁面に作用する津波波圧は実験値とほぼ同等のものとなり，朝倉式①による波圧分布を下回るとともに，朝倉式②のような波圧分布は認められず，朝倉式①と整合する結果となった。

断面二次元津波シミュレーションにおいても，ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく，単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。

女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）

（６）津波波圧評価に影響を与える不確かさの考慮方法

女川原子力発電所の防潮堤に作用する津波波圧について，数値流体解析及び水理模型実験による検討を行っているが，津波波圧評価に影響を与える項目を網羅的に抽出・整理（表３）した上で，影響の大きい項目に対して不確かさを考慮した検討を行っている。津波波圧に影響する不確かさの考慮方法を表６に示す。

津波波圧の検討においては，水理模型実験で周期と波高の不確かさを考慮しているが，数値流体解析で考慮する不確かさの検討結果を以下に示す。

表６　津波波圧評価に影響する不確かさの考慮方法

分類	項目	サイト特性	不確かさの考慮方法	
			水理模型実験（表3の要約）	数値流体解析
地形	海底勾配	1/100 （平均勾配）	— （与条件）	— （与条件）
	防波堤	防波堤あり	— 【防波堤なしで代表】	— 【防波堤なしで代表】
	前面地形 （防潮堤海側）	2段敷地	— （与条件）	敷地法面が津波波圧の減勢効果を有するかを確認するため，法面の形状変化を仮定した感度解析を実施
構造物 （防潮堤）	設置位置	法面上部 （法肩）	— （与条件）	— （与条件）
	高さ	O.P.+29m	— （与条件）	— （与条件）
	形状	鋼管式鉛直壁（一般部，岩盤部）と盛土堤防の併用	— 【鋼管式鉛直壁（一般部）で代表】	— 【鋼管式鉛直壁（一般部）で代表】
津波 （基準津波，東北地方太平洋沖地震による津波）	波形	二段型波形	周期の不確かさを考慮（模擬津波） （半周期約 20 分と約 5 分の 2 ケース）	基準津波（水位上昇側）と波形特性の異なる津波として，基準津波（水位下降側）の補足検討を実施
	津波高さ	O.P.+24.4m （入力津波高さ）	津波高さの不確かさを考慮（模擬津波） （O.P.+17.0m～O.P.+37.5m までの 6 ケース）	

島根原子力発電所　２号炉

（４）断面二次元津波シミュレーションによる検討

水理模型実験と同じ条件（ケース①，③，⑦及び⑧）について，断面二次元津波シミュレーションを実施した。

（ａ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース①】

ケース①の解析結果は，以下のとおり，水理模型実験と同等の津波を再現できていることを確認した（H1～H13 地点）。

・発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇している（H1～H12 地点）。

・防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しない。

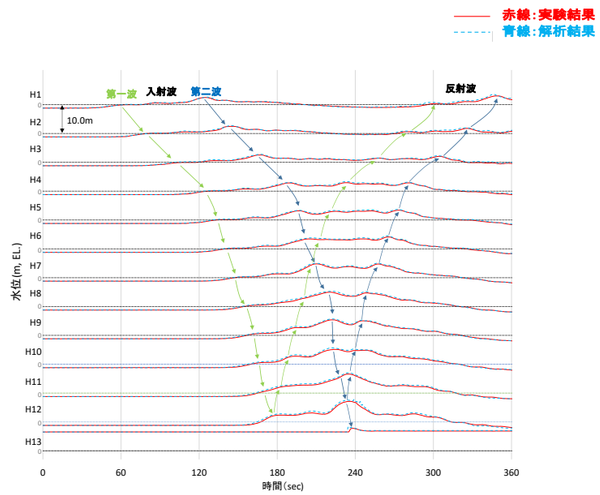
・第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について，緩やかに上昇している。

解析条件を第１９表に，時刻歴波形を第３５図に示す。

第１９表　解析条件（ケース①）

検討ケース	津波	波形（周期）	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース①	基準津波１	基準津波１	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	波圧検討用津波（１５m津波）		有	有	有
ケース④※			有	有	無
ケース⑤※			有	無	無
ケース⑥		基準津波１の半周期	有	有	有

※通過波計測ケース



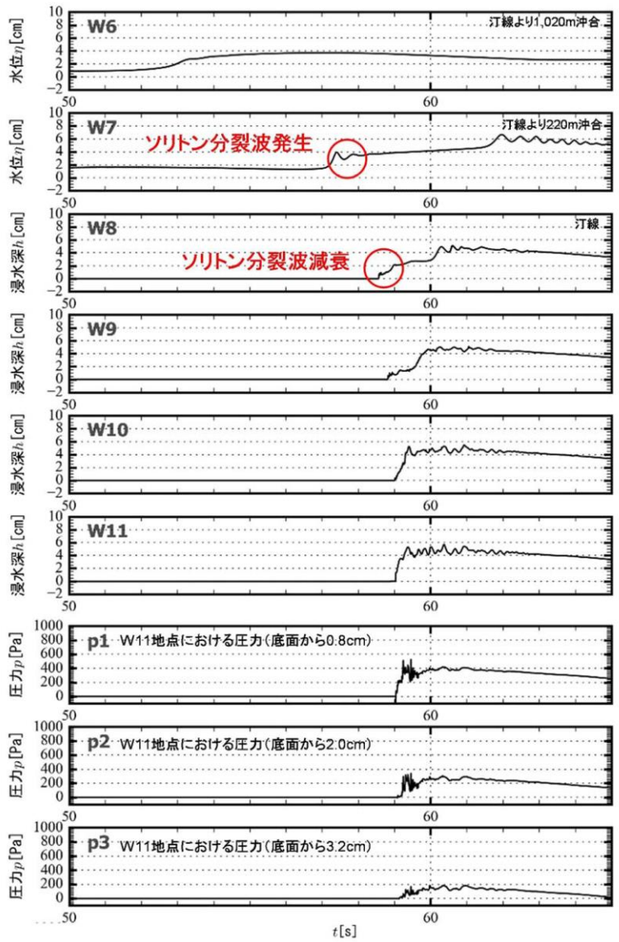
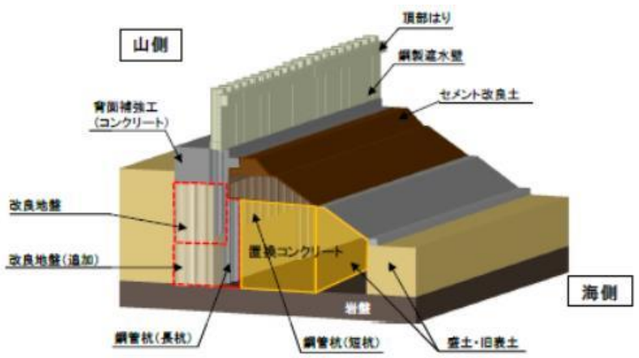
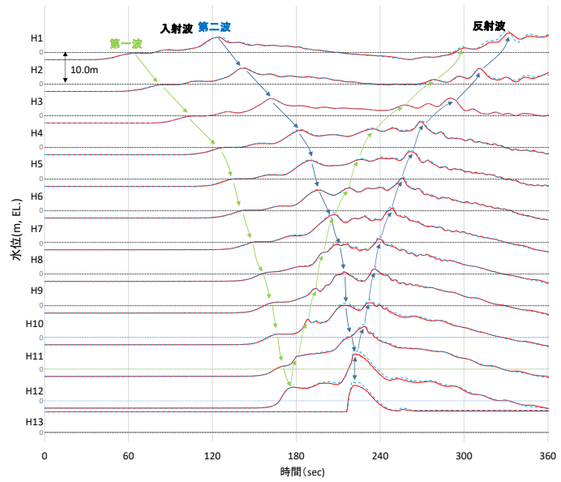
第３５図　断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形（ケース①）

備考

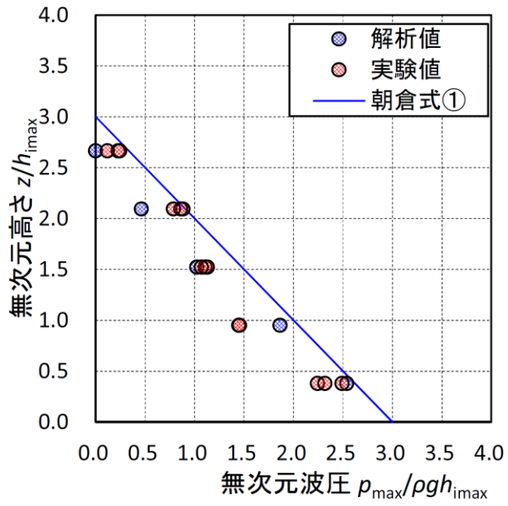
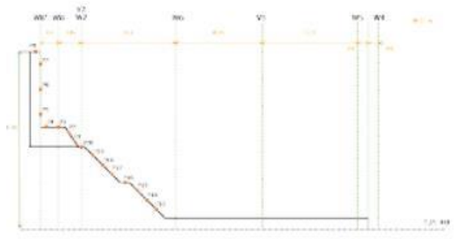
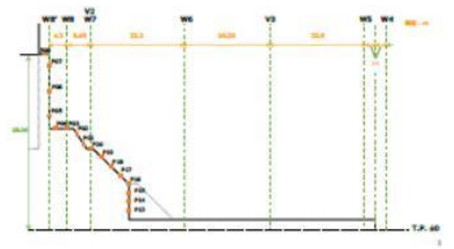
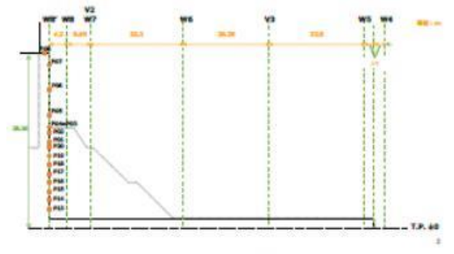
・設計方針の相違

【東海第二，女川2】

設計方針の相違による記載内容の相違

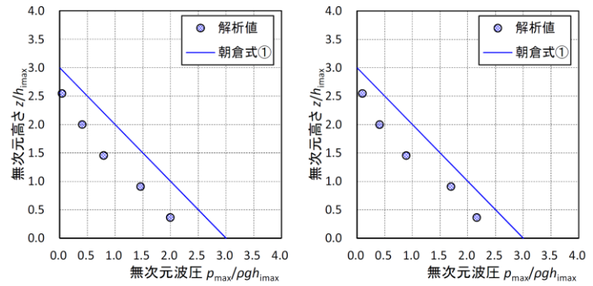
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
 第 14 図(1)　断面二次元津波シミュレーション解析における時刻歴図	a．敷地法面の形状を変化させた検討 防潮堤海側の盛土法面は，地震による液状化等による変状の可能性があること，津波波圧を減勢させる効果がある可能性があることを踏まえ，基準津波（水位上昇側）を対象に，法面形状を変化させた数値流体解析（断面二次元津波シミュレーション解析）を実施した。防潮堤の構造概要及び検討ケースを図 27 及び図 28 に示す。 ケース１は法面の形状変更を考慮しない基本ケース，ケース２は法面の盛土・旧表土部分を仮想的に考慮しないケース，ケース３は置換コンクリート及びセメント改良土を含めた法面全体を仮想的に考慮しないケース（直立構造の防潮堤への津波作用を仮想したケース）としているが，各ケースの最大波圧分布は同程度となっており，法面形状の違いによる有意な差異は確認されなかった（図 29）。 このことから，防潮堤海側の盛土法面による津波波圧の減勢効果はほとんどないと考えらえる。本要因について，図 30 に示すように基準津波（水位上昇側）の第１波は波の重なり合いによる二段型波形が特徴であり，半周期が約 10～20 分と長いため，法面形状に関係なく，防潮堤（敷地法面）に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなった影響によるものと考えらえる。  図 27 防潮堤の構造概要：鋼管式鉛直壁（一般部）	（b）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース③】 ケース③の解析結果は，以下のとおり，水理模型実験と同等の津波を再現できていることを確認した（H1～H13 地点）。 ・発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇している（H1～H12）。 ・防波壁前面の H13 においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しない。 ・第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れが確認できる。 解析条件を第２０表に，時刻歴波形を第３６図に示す。 第２０表　解析条件（ケース③） ※通過波計測ケース 赤線：実験結果 青線：解析結果  第３６図 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形（ケース③）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

検討ケース	津波	波形（周期）	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース①	基準津波１	波圧検討用津波（１５m津波）	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③		基準津波１	有	有	有
ケース④※			有	有	無
ケース⑤※			有	無	無
ケース⑥		基準津波１の半周期	有	有	有

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
 第 14 図(2)　断面二次元津波シミュレーション解析結果図 （最大波圧分布図） b．防潮堤と海岸線との離隔距離の違いが津波波圧に与える影響検討 防潮堤の設置位置は，海岸線から最も近いところで約 30m であり，水理模型実験では海岸線と防潮堤の離隔距離が約 60m 地点の断面（津波水位が最も高くなる地点）をモデル化した。 海岸線と防潮堤の離隔距離を 30m，45m，60m，75m と変化させた場合のソリトン分裂波の影響について検討を行った。なお，入力波形は基準津波を用いて実施した。 その結果，防潮堤と海岸線との離隔距離が津波波圧に与える影響は認められず，朝倉式①による波圧分布を下回るとともに，分布形は朝倉式①と整合する結果となった。海岸線からの離隔距離別の防潮堤位置の津波波圧分布を第 15 図に示す。	 （ケース１：海側法面あり）  （ケース２：海側盛土なし）  （ケース３：海側法面なし） 図 28 敷地法面の形状を変化させた検討ケース	（ｃ）　波形の水面勾配 ３号炉の防波壁を対象として，ケース①（基準津波 1（防波堤有））の断面二次元津波シミュレーション結果を基に波形の水面勾配を確認する。 津波の水位時刻歴波形から水位上昇量が大きくなる時刻に着目し，水位分布を確認した結果，水面勾配は最大で 1.40°であり，松山ら（2005）における水面勾配の砕波限界 30°～40°に比べて十分に小さい。 基準津波の時刻歴波形や水位分布からソリトン分裂波や砕波と考えられる挙動は認められない。 以上より，３号炉護岸前面ではソリトン分裂波及び砕波は発生しない。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

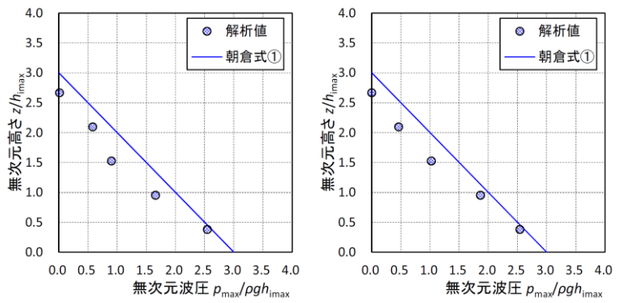
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

（離隔距離 30m）　（離隔距離 45m）



第 15 図(1)　防潮堤壁面の最大波圧分布図

（離隔距離 60m）　（離隔距離 75m）



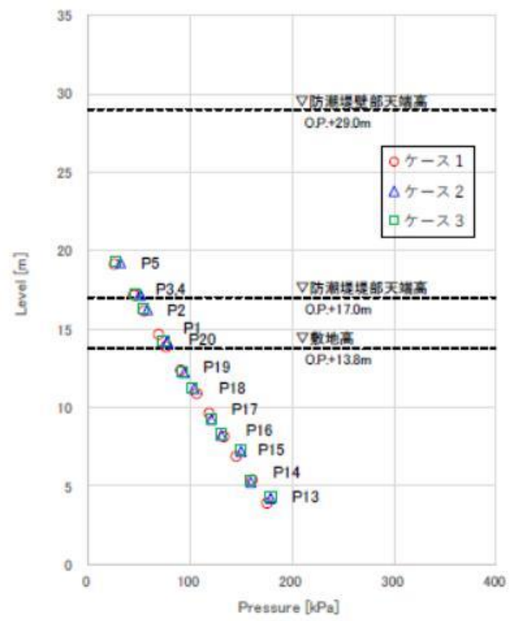
第 15 図(2)　防潮堤壁面の最大波圧分布図

c．津波遡上高さが異なる津波が防潮堤に与える影響について

基準津波の決定に当たっては，津波シミュレーション解析において，断層の破壊開始点位置や破壊伝播速度等をパラメータスタディした中で，防潮堤位置での津波遡上高さが最も高くなる波を抽出している。

防潮堤位置での津波遡上高さが大きい上位 10 波の沖合波形（沖合 5km 地点）を用いて，防潮堤壁面の津波波圧を確認した。

防潮堤位置の遡上高さ上位 10 波の特性について第 3 表に，水位上昇時間の定義図を第 16 図に，破壊開始点位置図を第 17 図に示す。



（最大波圧分布）

図 29 敷地法面の形状を変化させた検討結果

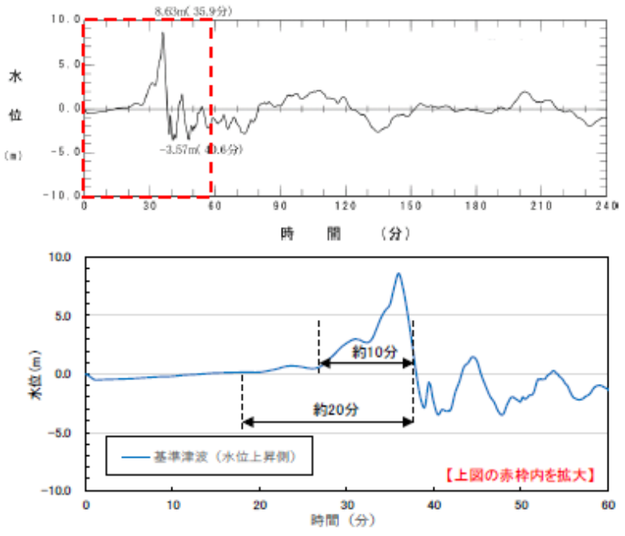
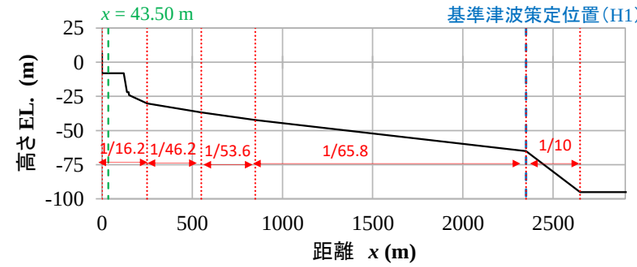
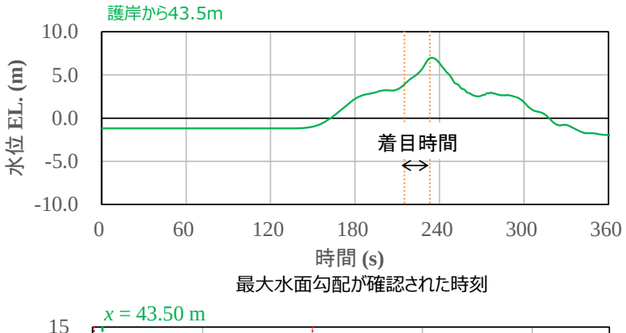


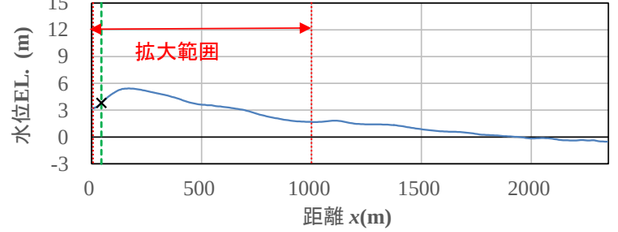
図 30 基準津波（水位上昇側）の時刻歴波形



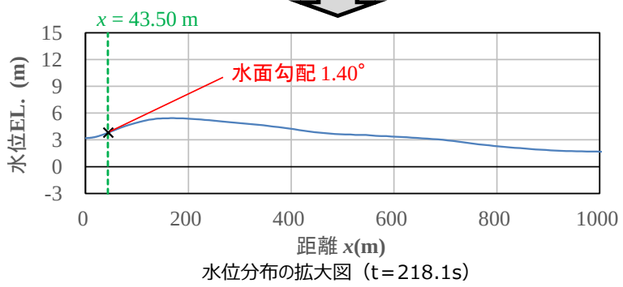
護岸法線部を原点とした海底地形



最大水面勾配が確認された時刻



最大水面勾配が確認された時刻（t=218.1s）の水位分布



水位分布の拡大図（t=218.1s）

第３７図　最大水面勾配確認結果（３号炉）

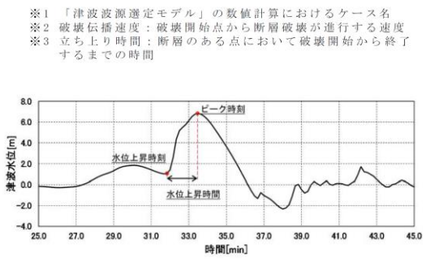
・設計方針の相違
【東海第二，女川2】
設計方針の相違による記載内容の相違

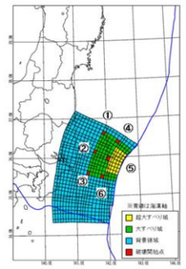
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

第３表　防潮堤位置の最大水位上昇量の上位 10 波

ケース※1	津波遡上高さ (T.P.(m))	水位上昇時間 [min]	破壊伝播速度※1 [km/s]	破壊開始点	立ち上り時間※2 [s]
1	17.2	1.5	3.0	⑥	30.0
2	17.0	1.5	2.5	⑥	30.0
3	16.8	1.5	3.0	⑥	60.0
4	16.2	1.7	2.0	⑥	30.0
5	16.1	1.5	3.0	④	30.0
6	15.9	1.7	3.0	③	30.0
7	15.8	1.7	3.0	⑤	30.0
8	15.6	1.7	2.5	④	30.0
9	15.5	1.8	1.5	⑥	30.0
10	15.5	1.7	3.0	①	30.0

※1 「津波波源選定モデル」の数値計算におけるケース名
※2 破壊伝播速度：破壊開始点から断層破壊が進行する速度
※3 立ち上り時間：断層のある点において破壊開始から終了するまでの時間





第 16 図　水位上昇時間の定義図　第 17 図　破壊開始点位置図

断面二次元津波シミュレーション解析の結果を第 18 図に示す。いずれのケースにおいても，津波はソリトン分裂波を生じるものの，陸上に遡上する過程で分裂波が減衰しており，防潮堤壁面における最大波圧分布は，朝倉式①による波圧分布を下回る結果となった。

津波は，周期が短いほど分裂波（段波）が発生しやすくなるとともに，分裂波が成長し易くなるとされている。上位 10 波において最も周期が短いものはケース１（基準津波）であることから，基準津波が最もソリトン分裂波の影響を受けると考えられるが，いずれのケースにおいても，朝倉式①による波圧分布を下回るとともに，分布形は朝倉式①と整合する結果となった。

b．基準津波（水位下降側）の検討

基準津波（水位上昇側）と波形特性が異なる津波の影響を確認するため，基準津波（水位下降側）を対象に非線形分散波理論に基づいた数値流体解析（断面二次元津波シミュレーション解析）を実施し，解析結果の比較を行った。基準津波（水位下降側）の波形は，基準津波（上昇側）と同様に第１波が二段型波形となっているが，基準津波（水位上昇側）とは異なり一段目の波形が二段目の波形よりも高くなる特徴がある。

基準津波（水位下降側）は，基準津波（水位上昇側）と比較して津波高さが低いため，津波波圧は小さくなることを確認した（図 31）。また，基準津波（水位上昇側）と同様に，津波波圧は静水圧型の分布形状となることを確認した。さらに，基準津波（水位上昇側）と同様に，基準津波（水位下降側）もソリトン分裂は発生しないことを確認した（図 32）。

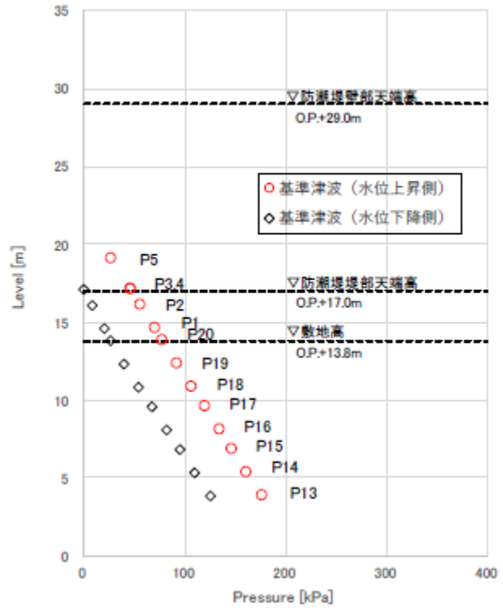


図 31 最大波圧分布

（ｄ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑦】

ケース⑦の解析結果は，以下のとおり，水理模型実験と同等の津波を再現できていることを確認した（H1～H13 地点）。

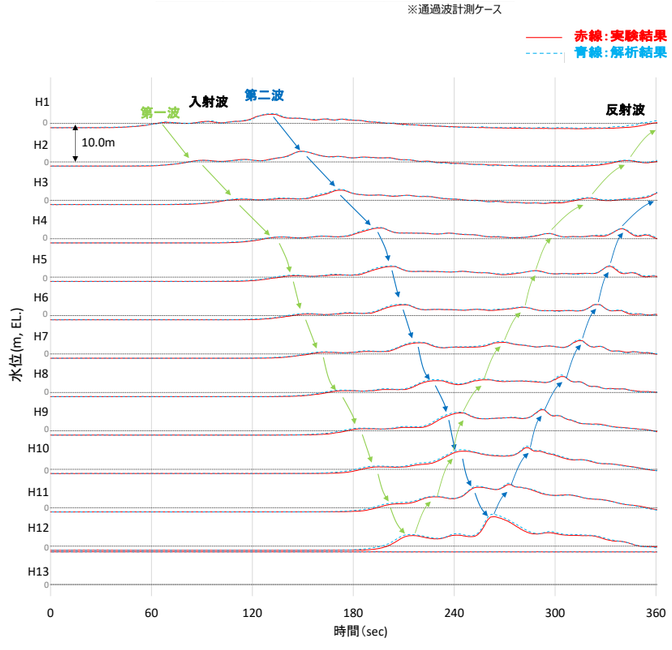
・発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇している（H1～H12 地点）。
・防波壁前面の H13 地点においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しない。
・第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について，緩やかに上昇している。

解析条件を第２１表に，時刻歴波形を第３８図に示す。

第２１表　解析条件（ケース⑦）

検討ケース	津波	波形（周期）	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波１		無	有	有
ケース⑧	波圧検討用津波（１５m津波）	基準津波１	無	有	有
ケース⑨※			無	有	無
ケース⑩※			無	無	無
ケース⑪		基準津波１の半周期	無	有	有

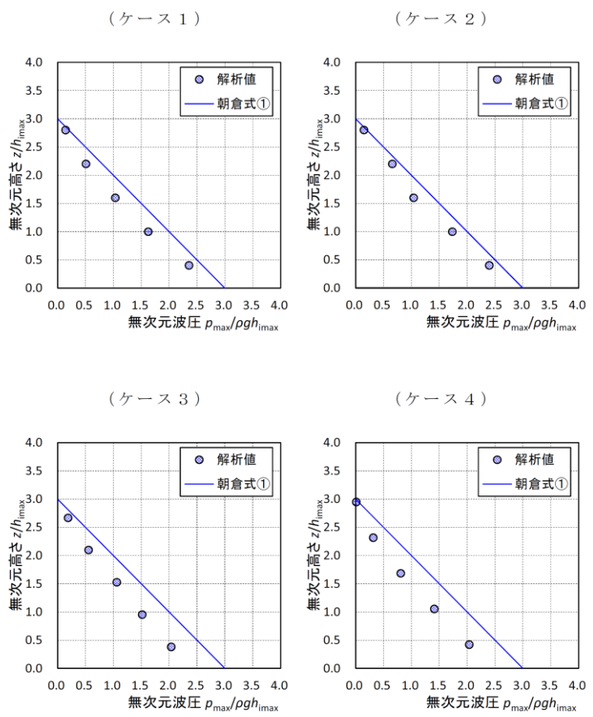
※通過波計測ケース



第３８図　断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形（ケース⑦）

・設計方針の相違
【東海第二，女川2】
設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）



第 18 図(1)　最大波圧分布図

女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）

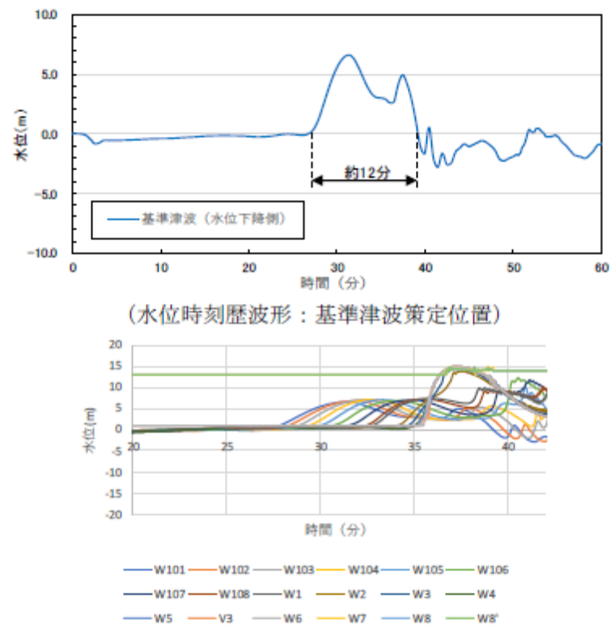


図 32 基準津波（水位下降側）の検討結果

以上の検討結果を踏まえ，非線形分散波理論に基づいた数値流体解析（断面二次元津波シミュレーション解析）及び水理模型実験から得られた津波波圧を既往の津波波圧算定式と比較した上で，保守的に評価結果を包含するような設計用津波波圧を設定する。

（７）既往の津波波圧算定式との比較

数値流体解析及び水理模型実験による津波波圧の検討結果について，既往の津波波圧算定式と比較するため，数値流体解析及び水理模型実験の各ケースでの津波荷重実験（防潮堤あり）における波圧分布を無次元化し，水深係数としての比較を行った。水深係数の整理にあたっては，通過波浸水深を最大浸水深の 1/2 と仮定し，通過波浸水深を基準に無次元化する。数値流体解析の無次元化結果を図 33 に，水理模型実験の無次元化結果（水深係数）を図 34 及び表 7 に示す。また，数値流体解析及び水理模型実験による無次元化結果を既往の津波波圧算定式と比

島根原子力発電所　２号炉

（ｅ）　ソリトン分裂波及び砕波の確認【ケース⑧】

ケース⑧の解析結果は，以下のとおり，水理模型実験と同等の津波を再現できていることを確認した（H1～H13 地点）。

・発電所沖合から防波壁の近傍において，ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく，水位は緩やかに上昇している(H1～H12)。

・防波壁前面の H13 においても，ソリトン分裂波及び砕波は発生しない。

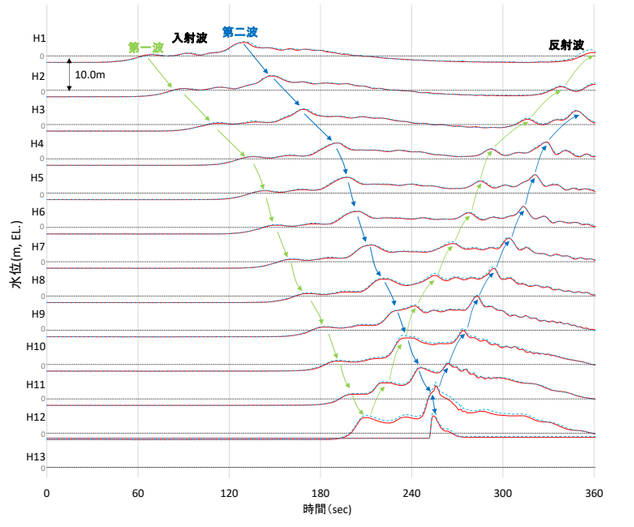
・第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れが確認できる。

解析条件を第２２表に，時刻歴波形を第３９図に示す。

第２２表　解析条件（ケース⑧）

検討ケース	津波	波形（周期）	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波１	基準津波１	無	有	有
ケース⑧	波圧検討用津波（１５m津波）		無	有	有
ケース⑨※			無	有	無
ケース⑩※			無	無	無
ケース⑪		基準津波１の半周期	無	有	有

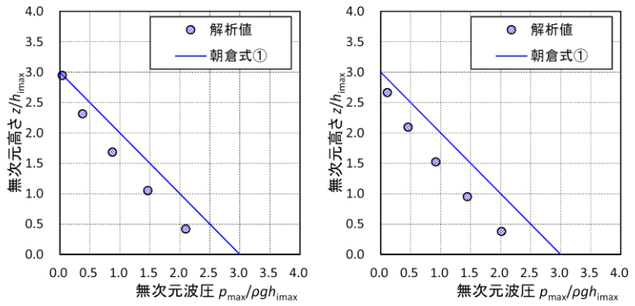
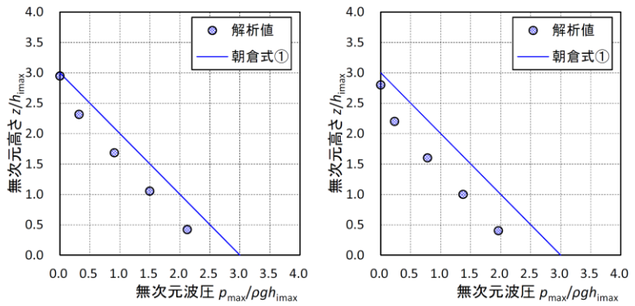
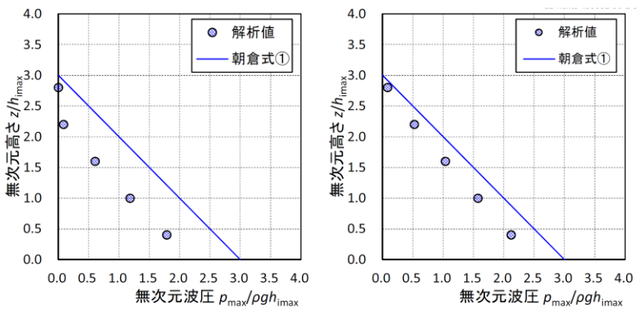
※通過波計測ケース

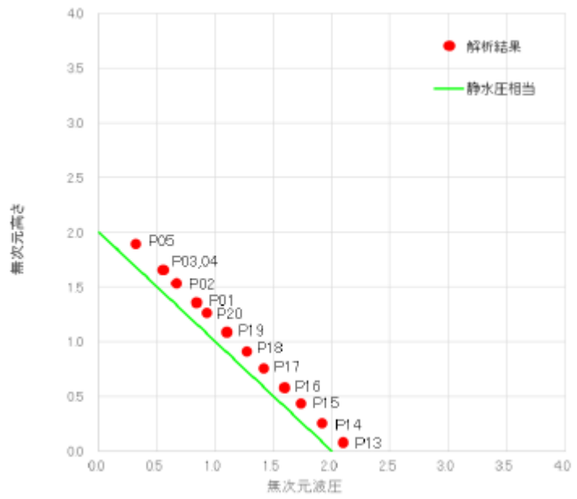
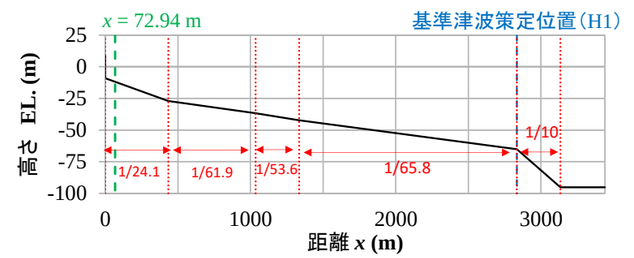
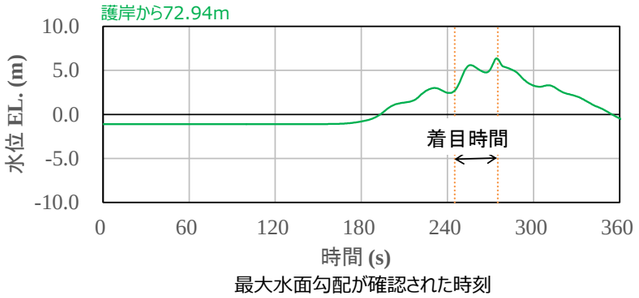
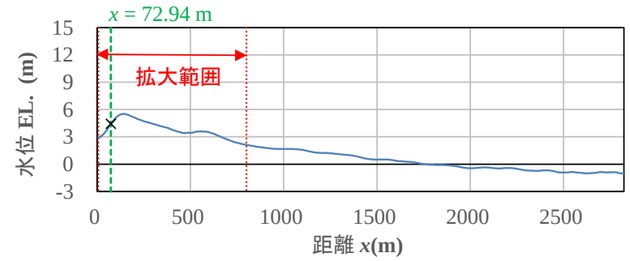
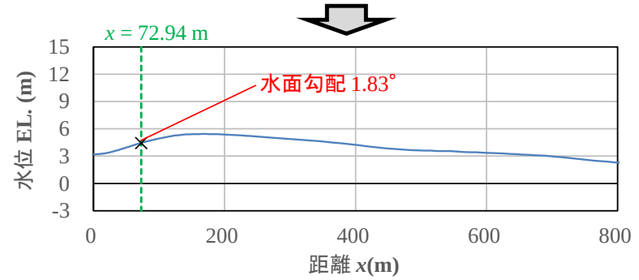


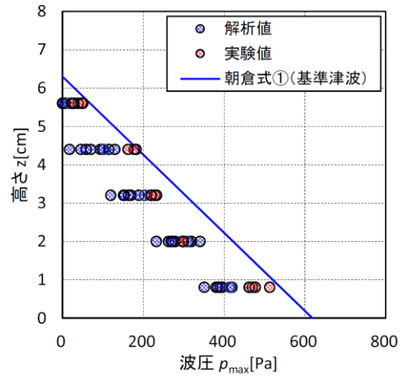
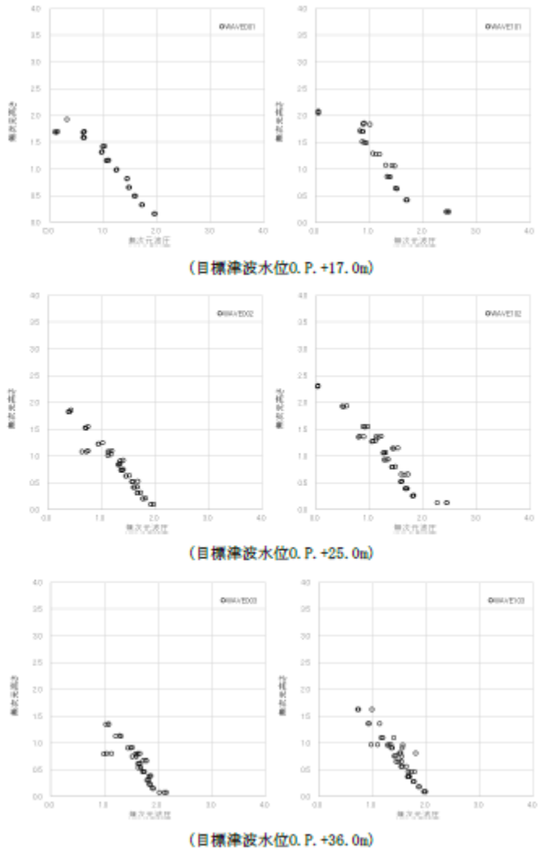
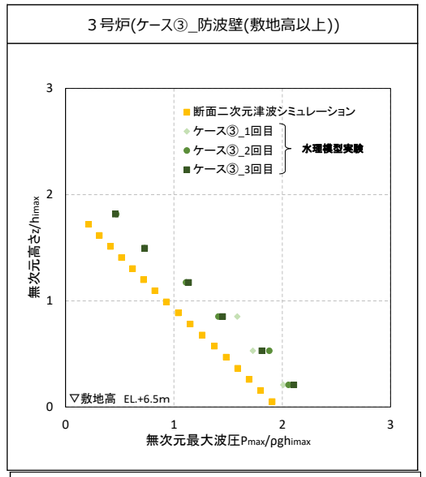
第３９図 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形（ケース⑧）

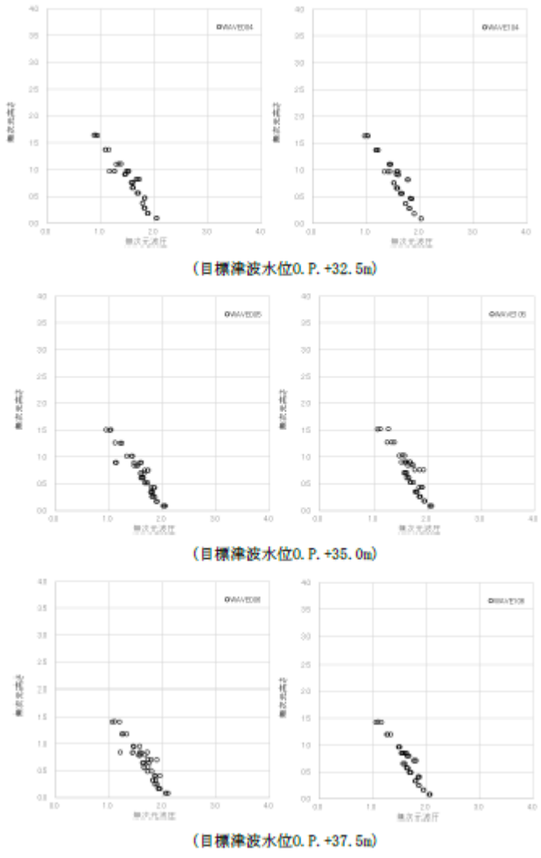
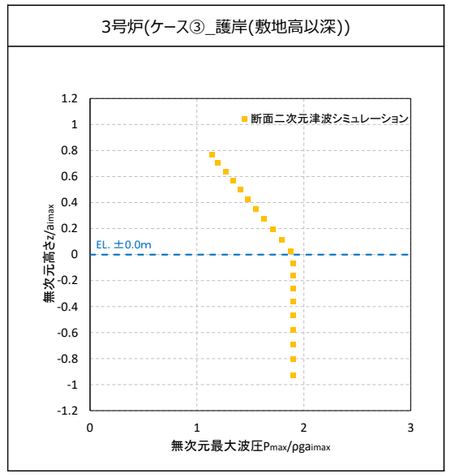
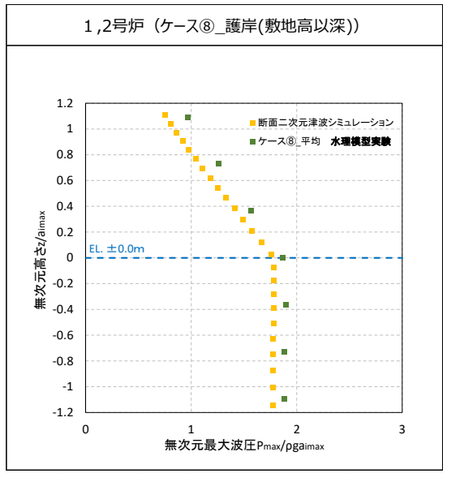
備考

・設計方針の相違
【東海第二，女川2】
設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
（ケース５） （ケース６）  （ケース７） （ケース８）  第 18 図(2)　最大波圧分布図 （ケース９） （ケース１０）  第 18 図(3)　最大波圧分布図	較した結果を図 35 に示す。 水深係数αは無次元波圧分布を一次関数とした場合の切片であり，静水圧に対する倍数を示す（通過波浸水深による静水圧は水深係数 1.0，最大浸水深による静水圧は水深係数 2.0)。 数値流体解析（基準津波：水位上昇側）による水深係数は 2.19（ケース１：海側法面あり）となり，おおむね最大浸水深による静水圧程度となった。また，水深係数をフルード数の関数として整理した榊山（2012)，池谷ら（2013）ともおおむね整合する結果となった。 水理模型実験（波形特性の不確かさを考慮した模擬津波）による水深係数は平均で 2.12～2.39，最大でも 2.34～2.85 となった。実験結果のばらつきはあるが，数値流体解析の結果より実験値が大きくなる傾向があり，実験結果の平均値で比較した場合，津波の波形特性としての周期や波高の不確かさ考慮による水深係数の有意な差異は確認されなかった（波形特性の違いによる影響よりも実験結果のばらつきの影響が大きくなった)。また，実験結果はいずれも朝倉式の水深係数 3.0 を下回った。 数値流体解析及び水理模型実験で計測した防潮堤に作用する最大津波波圧は，朝倉式①（非分裂波の場合）及び朝倉式②（ソリトン分裂波の場合）による算定値よりも小さい値となり，朝倉式②のような構造物底面近傍の水深係数が大きくなる波圧分布は認められず，朝倉式①と整合する結果となった（朝倉式①の方が津波波圧分布の再現性がよいことを確認した)。 以上の結果より，女川防潮堤に作用する津波波圧について，ソリトン分裂波及び砕波の有意な影響はなく，単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。	（ｆ）　波形の水面勾配 １，２号炉を対象として，ケース⑦(基準津波 1(防波堤無)）の断面二次元津波シミュレーション結果を基に波形の水面勾配を確認する。 津波の水位時刻歴波形から水位上昇量が大きくなる時刻に着目し，水位分布を確認した結果，水面勾配は最大で 1.83°であり，松山ら(2005)における水面勾配の砕波限界 30°～40°に比べて十分に小さい。 基準津波の時刻歴波形や水位分布からソリトン分裂波や砕波現象と考えられる挙動は認められない。 以上より，１，２号炉護岸前面ではソリトン分裂波及び砕波は発生しない。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
(4)　まとめ 水理模型実験結果から，東海第二発電所の敷地前面においては，津波はソリトン分裂波を生じるものの，陸上に遡上する過程で分裂波が減衰し，防潮堤前面位置で砕波も生じないことを確認した。 また，伝播する津波による防潮堤壁面の津波波圧は，持続波による津波波圧式（朝倉式①，朝倉式②）から求められる津波波圧よりも小さく，朝倉式①での再現性が最もよいことを確認した。また，フルード数は 1.0 を下回ることを確認した。ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく，単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。 数値波動水路 CADMAS-SURF／2D を用いた水理模型実験の検証結果においても，津波はソリトン分裂波を生じるものの，陸上に遡上する過程で分裂波が減衰し，防潮堤前面位置で砕波も生じないことを確認した。防潮堤壁面における津波波圧は，朝倉式①による波圧分布を下回るとともに，朝倉式①と整合する結果となった。 ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく，単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。 更に，防潮堤と海岸線との離隔距離を変えたケースにおいても同様に，防潮堤壁面の津波波圧は朝倉式①による波圧分布を下回るとともに，分布形は朝倉式①と整合する結果となった。 これら水理模型実験結果及び分散波理論に基づく断面二次元津波シミュレーション解析結果のいずれにおいても，防潮堤壁面での最大波圧は朝倉式①による波圧を下回るとともに，分布形は朝倉式①と整合し，ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく，単直線型の朝倉式①に包含されるこ５条添付２７－28 とを確認した。 防潮堤壁面における最大波圧分布を図 19 に示す。 以上のことから，設計用津波波圧の算定においては，朝倉式①より算定することとする。	 図 33 無次元波圧分布（数値流体解析：水深係数α=2.19）	 護岸法線部を原点とした海底地形  最大水面勾配が確認された時刻  最大水面勾配が確認された時刻（t =254.4s）の水位分布  水位分布の拡大図（t =254.4s） 第４０図　最大水面勾配確認結果（１，２号炉）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
 第 19 図　最大波圧分布	 図 34-1 最大波圧分布（水理模型実験）（左図：単峰型，右図：二段型）	（ｇ）　波圧の算定結果 断面二次元津波シミュレーションにより算定した防波壁（敷地高以上）及び施設護岸（敷地高以深）に作用する波圧分布を第４１図に示す。また，比較対象として同じ条件による水理模型実験結果（3 号炉の敷地高以深を除く）による波圧分布も示す。なお，敷地高以深の図については横軸の波圧と縦軸の標高を静水面からの津波高さで無次元化を図った。 断面二次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布は，水理模型実験と同等の波圧分布であり，再現性があることを確認した。直線型の波圧分布となることから，ソリトン分裂波や砕波による津波波圧への有意な影響はないことを確認した。  第４１図（１）　敷地高以上における波圧分布の比較	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 図 34-2 最大波圧分布（水理模型実験）（左図：単峰型，右図：二段型）	  第４１図（２）　敷地高以深における波圧分布の比較	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	表７　水深係数一覧（水理模型実験）		・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

波条件	波形	水深係数α		
		最大値	平均値	標準偏差
WAVE001	単峰型 半周期 5分	2.44	2.18	0.15
WAVE002		2.34	2.12	0.13
WAVE003		2.46	2.24	0.16
WAVE004		2.57	2.31	0.16
WAVE005		2.54	2.27	0.16
WAVE006		2.62	2.31	0.16
WAVE101	二段型 半周期 20分	2.85	2.39	0.23
WAVE102		2.68	2.33	0.17
WAVE103		2.62	2.22	0.17
WAVE104		2.67	2.34	0.20
WAVE105		2.78	2.37	0.20
WAVE106		2.60	2.31	0.16
（全体）		2.85	2.28	0.18

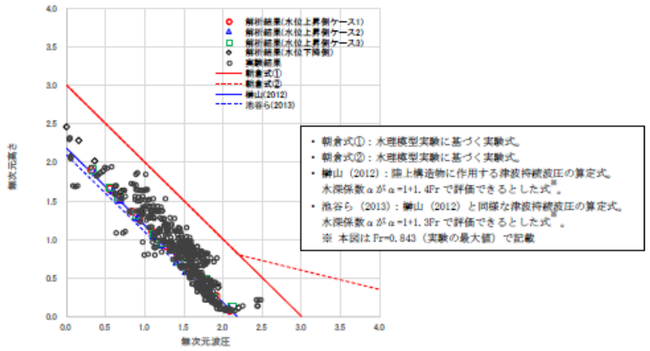
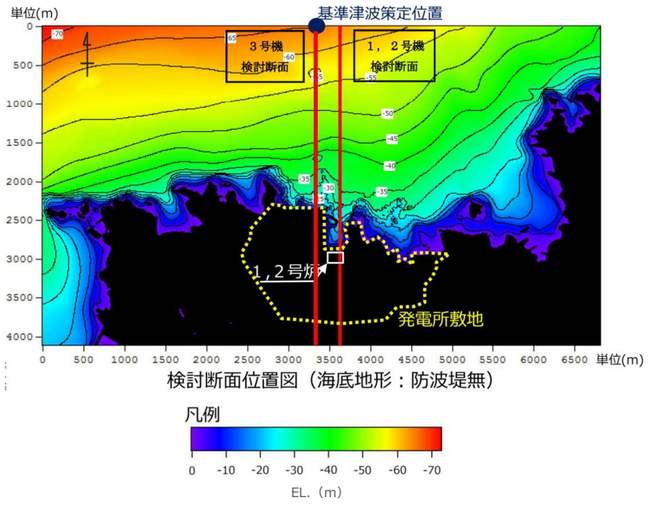
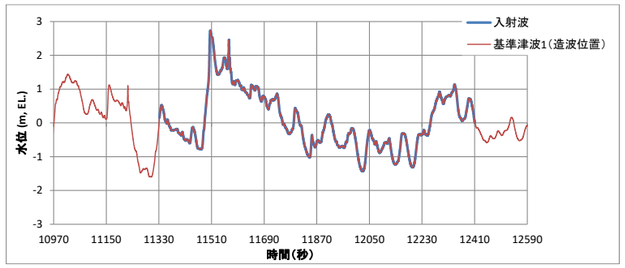
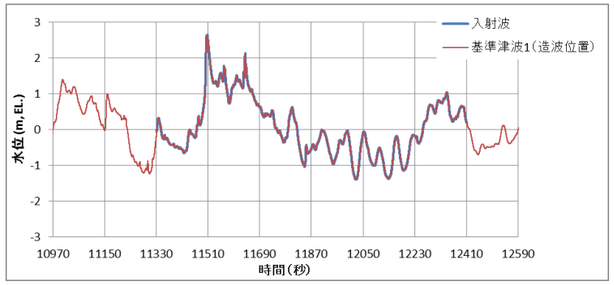
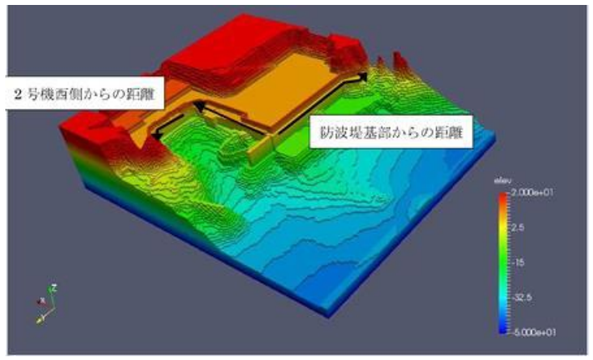
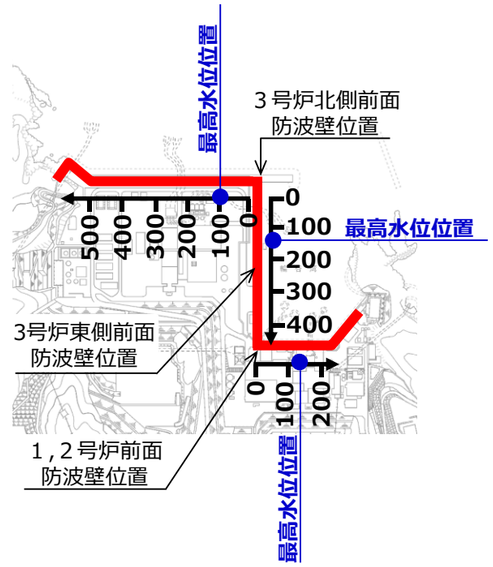
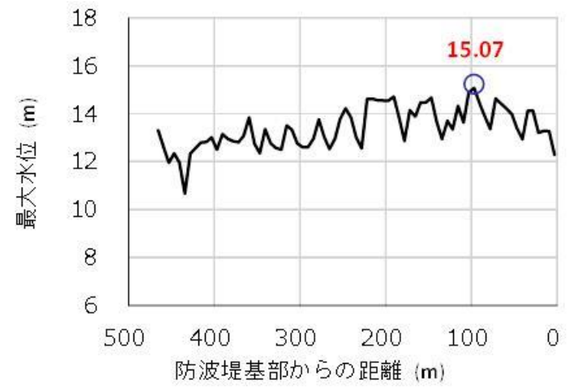
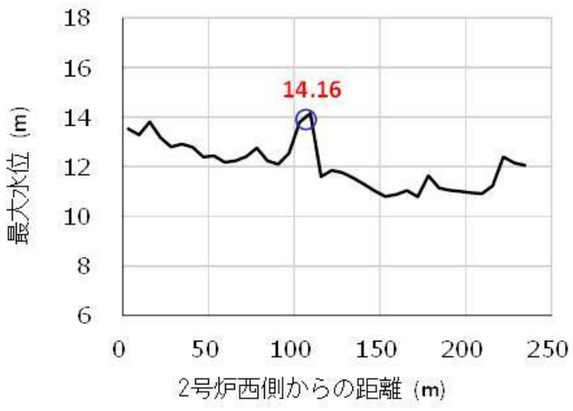


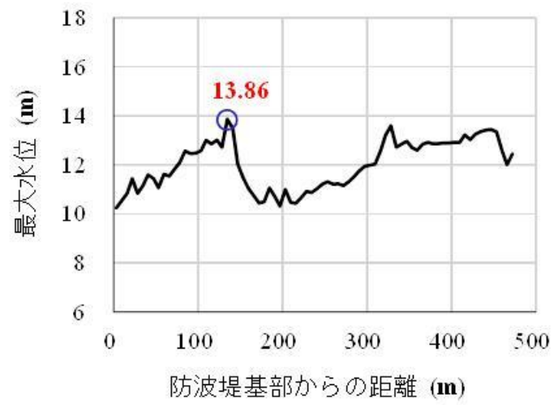
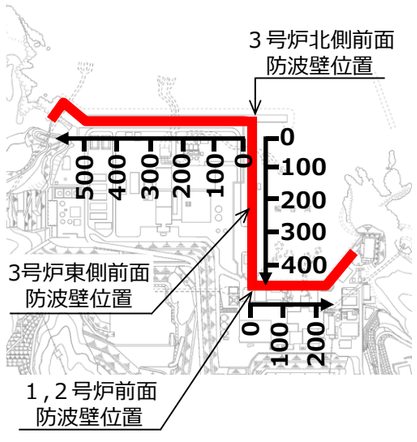
図 35　既往の津波波圧算定式との比較（無次元最大津波波圧分布）

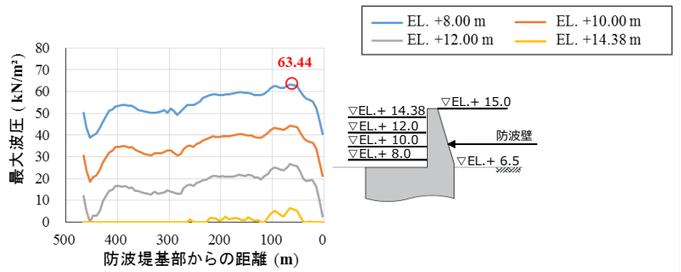
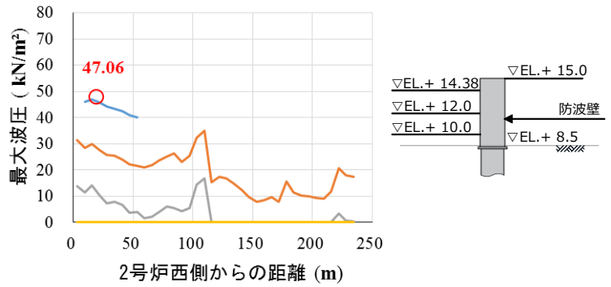
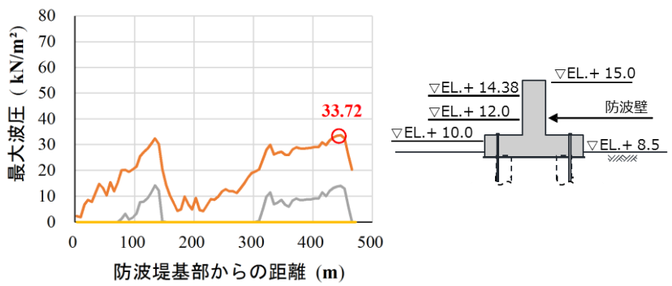
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（５）三次元津波シミュレーションによる検討 （ａ）検討概要 前項で行った水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションでは，島根原子力発電所の代表断面について検討した。島根原子力発電所は輪谷湾を中心とした半円状の複雑な地形であるため，三次元津波シミュレーションを実施して，複雑な地形や三次元的な流況による津波波圧への影響を確認し，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧の妥当性を確認する。 入射津波については，基準津波１（防波堤有，防波堤無）の場合，敷地への浸水が局所的であり，防波壁等への津波波圧の影響の確認ができないことから，波圧検討用津波（１５ｍ津波）を設定する。なお，波圧検討用津波（１５ｍ津波）により算定した波圧は，防波壁等の設計用津波波圧として用いるものではない。 解析モデルについては，島根原子力発電所の陸海域の地形特性を再現したモデルとする。 （ｂ）解析条件等 三次元津波シミュレーション概要図を第４２図に示す。  第４２図（１）　発電所前面の海底地形	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

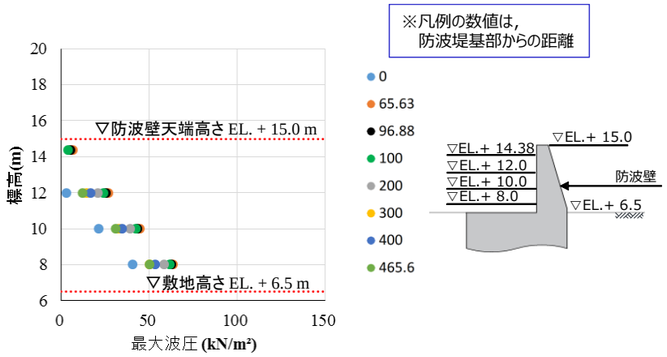
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第４２図（２）　入射津波の造波波形図（防波堤有）  第４２図（３）　入射津波の造波波形図（防波堤無）  第４２図（４）　解析モデル図（防波堤有）の例 解析モデルについては，防波壁位置における津波高さ及び津波波圧を算定するため，陸海域の地形等の特性（１，２号炉前面が入り組んだ複雑な地形）を再現して海底地形及び敷地をモデル化するとともに，防波壁等の形状及び高さを再現した地形とする。解析条件を第２３表に示す。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

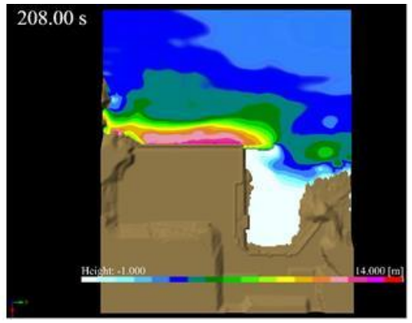
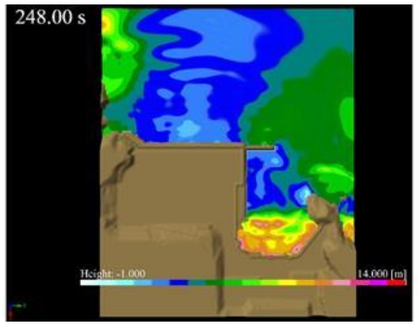
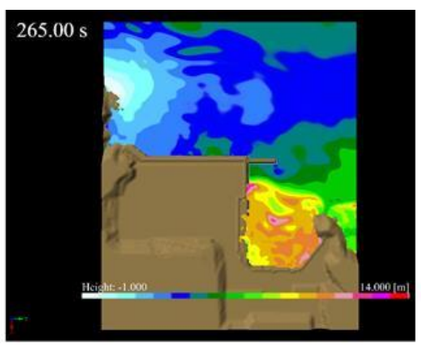
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		第２３表　解析条件 モデル化領域：南北方向：2,175m，東西方向：1,125m 格子間隔：Δx=6.25m，Δy=6.25m，Δz=1.0～2.0m 解析時間：1079秒（基準津波１の押し波最大波） （ｃ）津波水位 波圧検討用津波（１５ｍ津波）を用いた三次元津波シミュレーションにより抽出された防波壁前面における最高水位位置を第４３図に，最高水位分布を第４４図に示す。なお，代表として防波堤有の結果を示す。  第４３図　三次元津波シミュレーションにおける断面位置及び最高水位位置	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

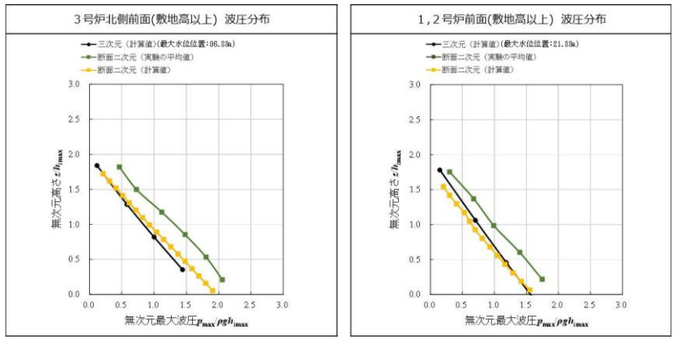
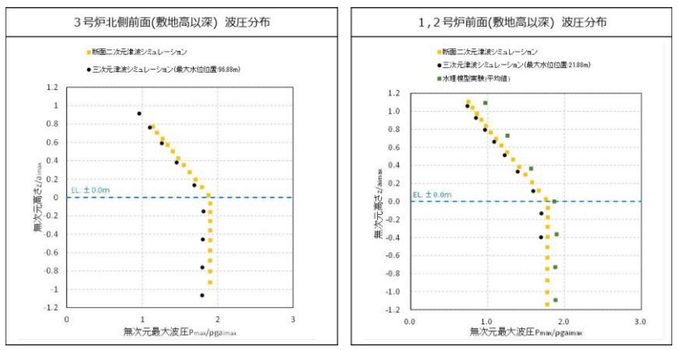
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第４４図（１）　防波壁前面における最高水位分布 （３号炉北側前面）  第４４図（２）　防波壁前面における最高水位分布 （１，２号炉北側前面）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

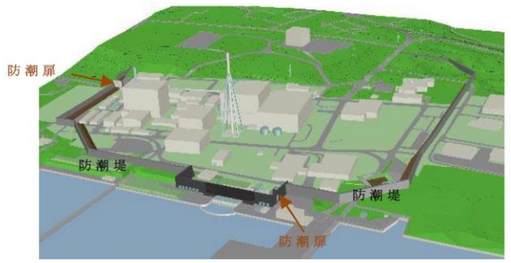
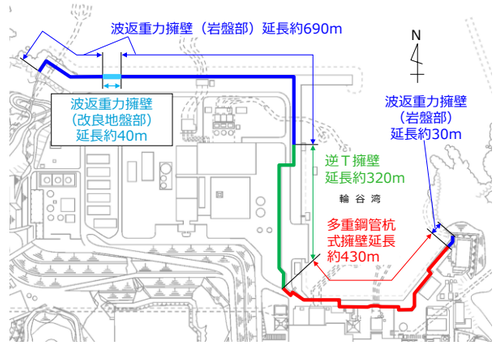
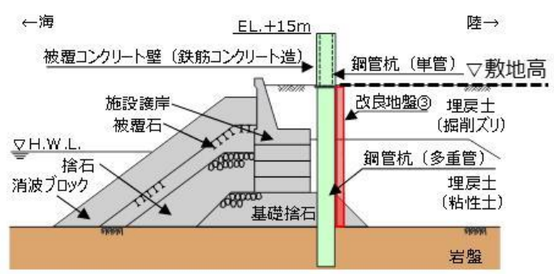
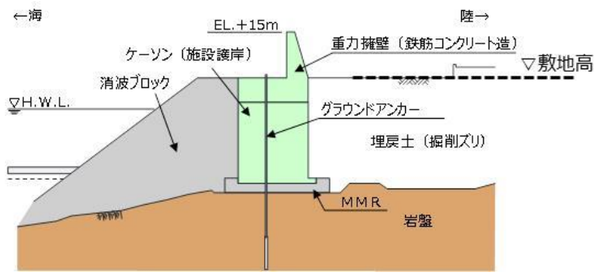
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第４４図（３）　防波壁前面における最高水位分布 （３号炉東側前面） （ｄ）津波波圧 防波壁平面位置を第４５図に，波圧検討用津波（１５m津波）を用いた三次元津波シミュレーションにより直接算定された最大波圧分布を第４６図に示す。  第４５図　防波壁平面位置図	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第４６図（１）防波壁に作用する標高別の最大波圧分布 （３号炉北側前面）  第４６図（２）防波壁に作用する標高別の最大波圧分布 （１，２号炉前面）  第４６図（３）防波壁に作用する標高別の最大波圧分布 （３号炉東側前面） （ｅ）津波波圧（標高毎） 波圧検討用津波（１５ｍ津波）を用いた三次元津波シミュレーションにより防波壁に作用する波圧（標高毎）を直接算定した結果を第４７図に示す。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

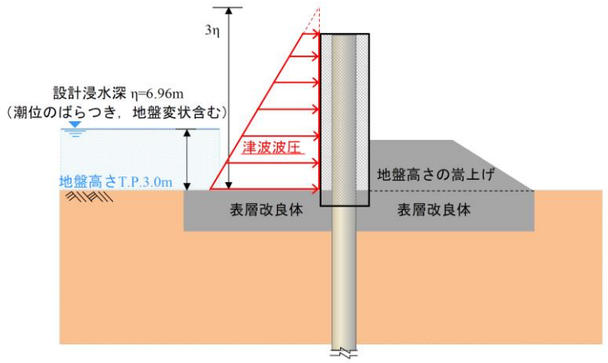
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第４７図（１）防波壁に作用する波圧分布（３号炉北側前面） 第４７図（２）防波壁に作用する波圧分布（１，２号炉前面） 第４７図（３）防波壁に作用する波圧分布（３号炉東側前面）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（参考）三次元津波シミュレーションによる津波の作用状況 三次元津波シミュレーションによる最大波到達時刻の津波の作用状況を第４８図に示す。  第４８図（１）津波の作用状況（３号炉北側前面最大波到達時刻）  第４８図（２）津波の作用状況（１，２号炉前面最大波到達時刻）  第４８図（３）津波の作用状況（３号炉東側前面最大波到達時刻）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

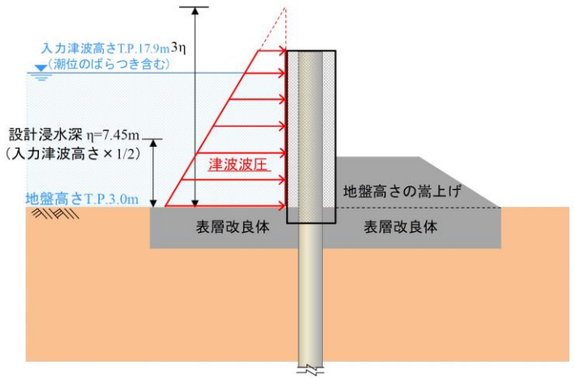
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（ｆ）津波波圧比較 3 号炉北側前面及び 1,2 号炉前面の敷地高以上及び敷地高以深における，三次元津波シミュレーション，断面二次元津波シミュレーション及び水理模型実験（3 号炉北側前面の敷地高以深を除く）により算定した波圧分布の比較結果を第４９図に示す。 複雑な地形を考慮した三次元的な流況を評価できる三次元津波シミュレーションの結果を踏まえても，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧と同等又は包絡されることを確認した。これらの結果より，島根原子力発電所の複雑な地形や三次元的な流況による影響は認められないため，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる敷地高以上の津波波圧は妥当であると判断した。   第４９図　敷地高以上及び敷地高以深における波圧分布比較	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
3.　津波波圧算定式適用に対する考え方 (1)　防潮堤及び防潮扉 防潮堤及び防潮扉位置図を第 20 図に示す。 防潮堤がないモデルで実施した水理模型実験においては，防潮堤通過位置におけるフルード数が 1.0 を下回っており，水理模型実験結果及び分散波理論に基づく断面二次元津波シミュレーション解析結果から，設計用津波波圧は朝倉式①に基づき算定する。 朝倉式①に用いるη（設計浸水深）については，水理模型実験結果，断面二次元津波シミュレーション解析結果，平面二次元津波シミュレーション解析から求められた浸水深及び入力津波高さと地盤高さとの差の 1／2 を用いて朝倉式①により算出した波圧分布を比較した。第 21 図及び第 22 図に津波荷重の作用イメージ図を，第 23 図に最大波圧分布の比較を示す。 比較の結果，朝倉式①に用いるη（設計浸水深）については，入力津波高さと地盤高さとの差の 1／2 を用いるものとする。  第 20 図　防潮堤及び防潮扉位置図	３．津波波圧算定式適用に対する考え方 （１）津波波圧の確認結果と考察 女川原子力発電所の防潮堤の設計で考慮する津波波圧に関して，非線形分散波理論に基づいた数値流体解析（断面二次元津波シミュレーション解析）及び水理模型実験により検討を行った。確認結果の概要及び考察を表８～表 10 に示す。 基準津波の発生に伴い，女川防潮堤には水位上昇型の津波が作用し，波圧分布としてはおおむね静水圧程度となることを確認した。また，津波波圧評価における不確かさとして，敷地法面の形状変化の影響，基準津波（水位上昇側）と異なる特性の津波の影響，周期の異なる津波の影響，波高の異なる津波の影響を考慮して検討した結果，いずれのケースにおいても分裂波や衝撃圧が発生せず，津波波圧への影響が小さいことを確認した。 女川原子力発電所の基準津波の第１波は，周辺地形からの回り込みや反射の影響をほとんど受けずに策定位置から直線的に到達し，波の重なり合いによる二段型波形が特徴（図 30）となっている。基準津波を対象とした数値流体解析結果の考察として，二段型波形全体としての津波の半周期は約 10～20 分と長いことに起因し，水面全体が緩やかに上昇するような津波が作用し，分裂波や衝撃圧が発生せずに，防潮堤に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなったことが要因と考えられる（図 17～図 19）。 また，模擬津波を対象とした水理模型実験結果の考察として，二段型津波（半周期 20 分）と単峰型津波（半周期５分）の結果を比較（表９）すると，実験結果のばらつきはあるが，周期（波長）の短い単峰型津波の方が流速及びフルード数が大きくなる傾向が確認できる。一般的には流速が大きくなると津波波圧への影響が大きくなるが，女川サイトの特徴として防潮堤を高台上に設置していることから，防潮堤に作用する津波としては浸水深（水位）の大きい条件となるため，浸水深の大きさによってフルード数の上昇が抑えられ，流速の大きい単峰型津波を含めた全てのケースでフルード数が１以下の穏やかな流れ（常流）となり，分裂波や衝撃圧が発生せずに，防潮堤に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなったと考えられる。 また，津波水位の大きさで比較した場合，水位条件の大小に	４．既往の津波波圧算定式との比較 （１）検討概要 既往の津波波圧算定式の妥当性を確認するため，水理模型実験，断面二次元及び三次元津波シミュレーションによる波圧と比較検討する。なお，津波波圧の算定に当たっては，波圧検討用津波（１５ｍ津波）を用いる。 島根原子力発電所の防波壁の位置図を第５０図に，断面図を第５１図に示す。  第５０図　防波壁位置図  第５１図（１）　防波壁（多重鋼管杭式擁壁）断面図  第５１図（２）　防波壁（波返重力擁壁）断面図	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



第 21 図　津波荷重の作用イメージ
（平面二次元津波シミュレーション解析結果）



第 22 図　津波荷重の作用イメージ図（入力津波×1/2）

よって流速及びフルード数が大きく変動するような傾向は確認されない。上記と同様，全てのケースでフルード数が 1 以下の穏やかな流れ（常流）となったことに起因して，分裂波や衝撃圧が発生せずに，防潮堤に作用する津波がおおむね静水圧と小さくなったと考えられる。

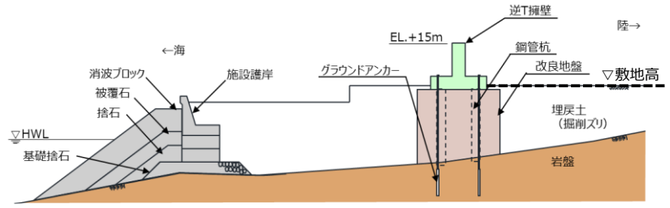
以上の結果を踏まえ，ソリトン分裂波による津波波圧への有意な影響がないこと，フルード数が 1 以下となること，津波波圧の水深係数が 3 以下となることから，波形特性の不確かさを考慮しても防潮堤に作用する津波波圧は朝倉式①に包含されることを確認した。なお，盛土堤防を模擬したモデルでの解析は行っていないが，鋼管式鉛直壁よりも津波遡上に伴う減勢効果が大きくなることから，盛土堤防においても水深係数は 3 以下となると考えられる。

表 8　津波波圧の確認結果

確認方法	確認結果
数値流体解析	✓ 女川防潮堤（鋼管式鉛直壁）を模擬した数値流体解析により，基準津波の特性や津波波圧等を確認した。 ✓ 防潮堤の近傍で津波のソリトン分裂は確認されず，防潮堤前面位置でのフルード数は1以下となった。 ✓ 基準津波の作用により，津波の衝撃圧は発生せず，持続圧が作用した。また，防潮堤に作用する波圧分布は単直線型となり，おおむね静水圧となった。 ✓ 護岸からの通過波浸水深を基準に無次元化した場合の水深係数は3以下となった。なお，盛土堤防を模擬したモデルでの解析は行っていないが，鋼管式鉛直壁よりも津波遡上に伴う減勢効果が大きくなることから，盛土堤防においても水深係数は3以下となると考えられる。 ✓ 防潮堤に作用する津波波圧は朝倉式①に包含されることを確認した。
水理模型実験	✓ 女川防潮堤（鋼管式鉛直壁）を模擬した水理模型実験により，津波の波形特性（周期，波高）の違いが津波波圧等に与える影響を確認した。 ✓ 防潮堤の近傍で津波のソリトン分裂は確認されず，防潮堤前面位置でのフルード数は1以下となった。 ✓ 津波の波形特性（周期，波高）の違いに関わらず，津波の衝撃圧は発生せず，持続圧が作用した。また，防潮堤に作用する波圧分布はいずれも単直線型となった。 ✓ 護岸からの通過波浸水深を基準に無次元化した場合の水深係数は3以下となった。なお，盛土堤防を模擬したモデルでの実験は行っていないが，鋼管式鉛直壁よりも津波遡上に伴う減勢効果が大きくなることから，盛土堤防においても水深係数は3以下となると考えられる。 ✓ 防潮堤に作用する津波波圧は朝倉式①に包含されることを確認した。

表 9　水理模型実験による流速・フルード数の整理

波条件	目標津波水位【O.P.】	二段型津波（半周期 20 分）		単峰型津波（半周期 5 分）	
		流速	フルード数 Fr=v/√(g·h)	流速	フルード数 Fr=v/√(g·h)
WAVE001, WAVE101	＋17.0m	0.2m/s	0.071	4.7m/s	0.839
WAVE002, WAVE102	＋25.0m	5.4m/s	0.704	8.0m/s	0.843
WAVE004, WAVE104	＋32.5m	4.9m/s	0.450	9.1m/s	0.826
WAVE005, WAVE105	＋35.0m	7.4m/s	0.623	9.3m/s	0.780
WAVE003, WAVE103	＋36.0m	8.0m/s	0.738	7.9m/s	0.612
WAVE006, WAVE106	＋37.5m	7.6m/s	0.603	9.2m/s	0.726

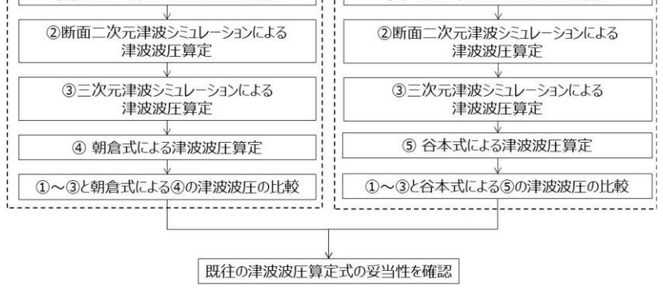


第５１図（３）　防波壁（逆Ｔ擁壁）断面図

（２）津波波圧検討フロー

既往の津波波圧算定式は，第５２図に示すフローにて妥当性を確認する。

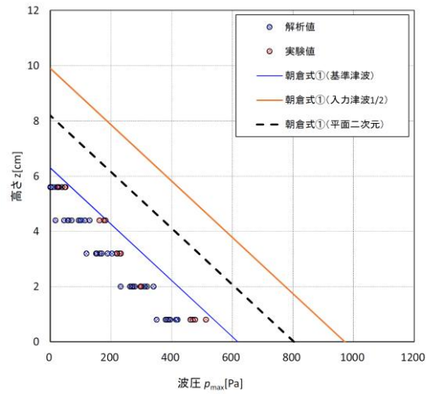
水理模型実験，断面二次元及び三次元津波シミュレーションにより防波壁及び施設護岸に作用する波圧を直接算定し，朝倉式（敷地高以上）及び谷本式（敷地高以深）により算定した津波波圧と比較する。



第５２図　検討フロー

備考
・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



第 23 図　最大波圧分布の比較

(2)貯留堰

ａ．　貯留堰に適用する津波波圧算定式

貯留堰の鳥瞰図を第 24 図に，断面図を第 25 図に示す。貯留堰は，鋼管矢板を連結した構造であり，引き波時に海底面から突出した鋼管矢板頂部（T.P.－4.9m）において海水を貯留する。

このため，貯留堰に有意な津波波力が作用するのは，引き波により海水貯留堰が海面から露出し，その後，押し波が貯留堰に作用してから越流するまでの間に限定される。

「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局）」（平成 27 年 12 月一部改訂）によると，津波が構造物を越流する場合の津波荷重の算定については，若干越流している状態に静水圧差による算定式を適用する場合は，それより水位の低い越流直前の状態の方が高い波力となる可能性があるので，両者を比較して高い方を採用する必要があるとしている。

このため，貯留堰における津波波力としては，越流直前の波力及び越流時の静水圧差のうち保守的なものを適用することとする。

表 10 津波波圧確認結果の全体概要と考察

検討ケース	不確かさ考慮の目的	検討方法	確認結果				考察
			分裂波の発生	衝撃圧の発生	波圧分布の形状	津波波圧の水深係数	
基準津波（水位上昇側）	－【基本ケース】	数値流体解析	発生しない（非分裂）	発生しない（持続圧）	静水圧型（単純線分布）	2.19	津波の半周期が約 10～20 分と長いため，水面全体が緩やかに上昇するような津波が作用し，分裂波や衝撃圧が発生せずに，防潮壁に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなったものと考えられる。
基準津波（水位上昇側）	敷地波面の形状変化の影響確認（波状化等による変状の可能性を考慮）	数値流体解析	発生しない（非分裂）	発生しない（持続圧）	静水圧型（単純線分布）	ケース1：2.19 ケース2：2.17 ケース3：2.20	津波の半周期が約 10～20 分と長いため，水面全体が緩やかに上昇するような津波が作用し，面並構造とした場合でも分裂波や衝撃圧が発生せずに，防潮壁に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなったことで，波面形状の変化の影響がほとんど現れなかったものと考えられる。
基準津波（水位下降側）	基本ケースと異なる特性の津波の影響確認	数値流体解析	発生しない（非分裂）	発生しない（持続圧）	静水圧型（単純線分布）	2.34	津波の半周期が約 12 分と長いため，水面全体が緩やかに上昇するような津波が作用し，基本ケースと異なりに段型波形の一段目の波形が二段目よりも高い津波とした場合でも分裂波や衝撃圧が発生せずに，防潮壁に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなり，波形特性の変化の影響がほとんど現れなかったものと考えられる。
模擬津波（半周期：5 分，20 分）	周期の異なる津波の影響確認（基準津波の第 1 波の周期特性を考慮）	水深模型実験	発生しない（非分裂）	発生しない（持続圧）	静水圧型（単純線分布）	5 分：2.12～2.31 20 分：2.22～2.39 （実験結果の平均値で整理）	周期の短い単純型津波の方が流速及びフルード数が大きくなる傾向が確認されたが，高さ上の防潮壁に作用する津波としては水位の大きい条件となるため，いずれの実験結果でもフルード数が 1 以下の緩やかな流れ（常流）となり，分裂波や衝撃圧が発生せずに，防潮壁に作用する津波波圧がおおむね静水圧と小さくなったものと考えられる。 また，波形等の条件の違いや実験結果のばらつきの影響も含まれているが，水深係数が数値流体解析の結果（2.17～2.34）と同程度となったことを踏まえると，検討の信頼性が高いと考えられる。
模擬津波（津波高さ：O.P.+17.0m～O.P.+31.5m）	波高の異なる津波の影響確認（防潮壁越波の可能性まで網羅的に考慮）	水深模型実験	発生しない（非分裂）	発生しない（持続圧）	静水圧型（単純線分布）	17.0m：2.18～2.39 25.0m：2.12～2.33 32.5m：2.21～2.34 35.0m：2.27～2.37 36.0m：2.22～2.34 37.5m：2.21～2.31 （実験結果の平均値で整理）	O.P.+17.0m ケースではばらつきが大きいが，全体としては水位条件の大小によって流速及びフルード数が大きく変動するような傾向は確認されない，いずれの実験結果でもフルード数が 1 以下の緩やかな流れ（常流）となり，分裂波や衝撃圧が発生せずに，防潮壁に作用する津波がおおむね静水圧と小さくなったものと考えられる。 また，波形等の条件の違いや実験結果のばらつきの影響も含まれているが，水深係数が数値流体解析の結果（2.17～2.34）と同程度となったことを踏まえると，検討の信頼性が高いと考えられる。

（３）朝倉式による津波波圧算定

朝倉式は，津波の通過波の浸水深に応じて波圧を算定する式であり，「通過波の浸水深」を最大浸水深（入力津波高さ－敷地標高）の 1/2 と保守的に仮定して※津波波圧を算定する。

朝倉式の概念図を第５３図に，朝倉式における津波波圧の考え方を第５４図に示す。

朝倉式

$q_z = \rho g (a\eta - z)$

ここに，

q_z：津波波圧（kN/m²）

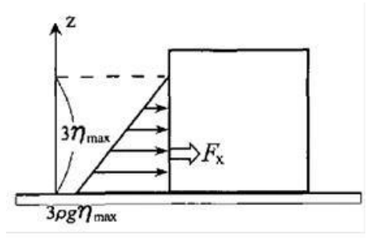
η　：浸水深（通過波の浸水深＝最大浸水深の 1/2）(m)

z　：当該部分の地盤面からの高さ(m)

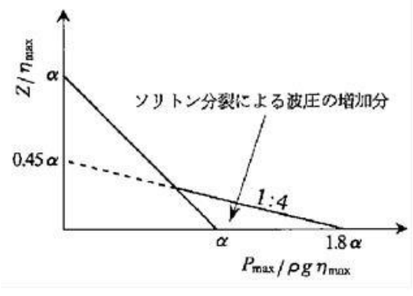
（0≦ｚ≦ａｈ）

a　：水深係数（最大：3）

ρg：海水の単位体積重量（kN/m³）



非分裂波の場合の津波水平波圧



分裂波の無次元最大波圧分布

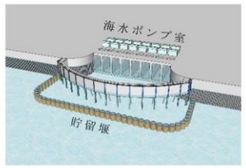
第５３図　朝倉式の概念図

・設計方針の相違

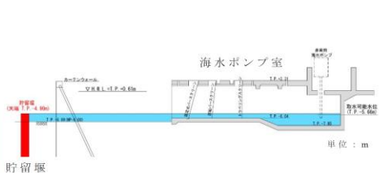
【東海第二，女川2】

設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



第 24 図　貯留堰鳥瞰図



第 25 図　貯留堰断面図

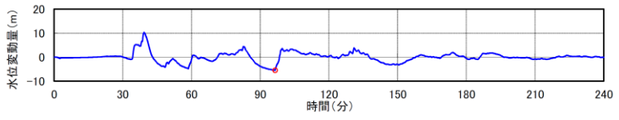
ｂ．　越流直前の津波波力の設定方針

引き波時における貯留堰前面の時刻歴水位を第26図に示す。

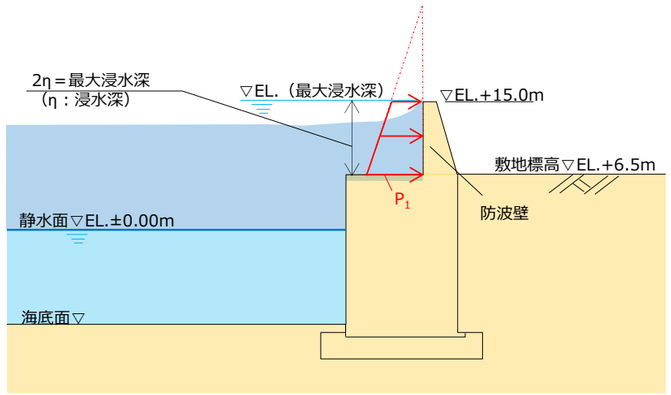
貯留堰前面の水位は若干残るものの保守的に海底面が露出したと仮定し，その後の押し波を遡上波と考え津波波力を設定する。

具体的には，津波高さは貯留堰に作用する津波波力が保守的になるように貯留堰前面の海底面（設計用海底面標高 T.P.－7.39m）まで水位が低下した後に到達する津波を考慮することとし，貯留堰に津波が越流する直前の状態として貯留堰天端（T.P.－4.9m）までを想定する。

津波波力は，「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」の考え方に従って，津波高さの 3 倍の高さまで静水圧荷重を考慮する。津波波力の作用イメージを第27図に示す。



第 26 図　貯留堰周りにおける引き波水位の時刻歴図



第５４図　朝倉式における津波波圧の考え方

※朝倉式による津波波圧算定（参考）

朝倉式で用いる「通過波の浸水深」と，入力津波高さから敷地標高を引いた「最大浸水深の 1/2」について，水理模型実験から比較した結果を第２４表及び第２５表に示す。

・３号炉の水理模型実験

ケース③：防波壁がある場合の最大浸水深ｈの 1/2

ケース④：防波壁位置の通過波の浸水深

第２４表　保守的な浸水深η の水理模型実験による確認結果

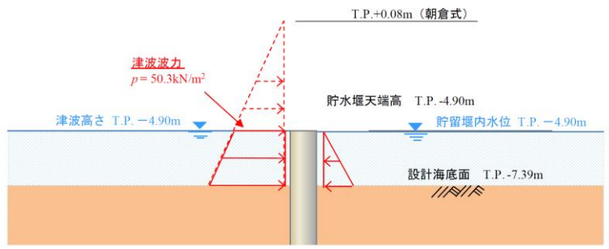
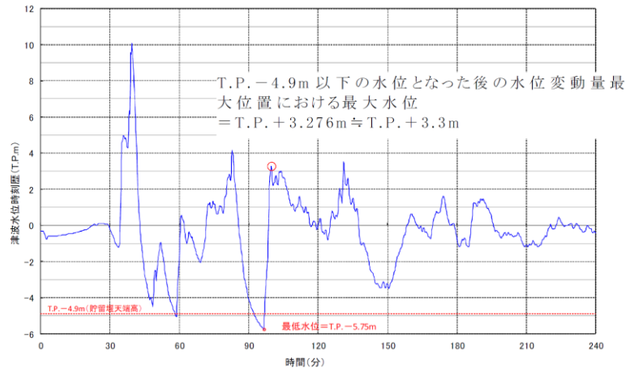
（３号炉）

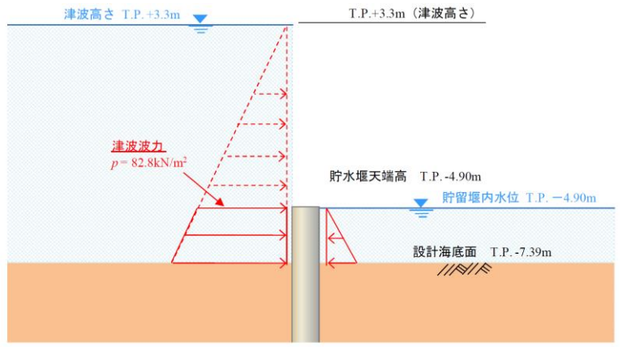
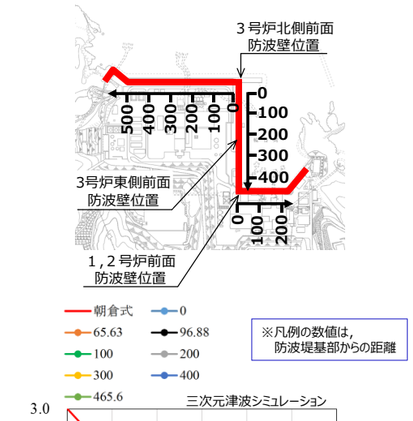
実験ケース	最大浸水深ｈ	h/2	浸水深η
ケース③	8.397m	4.199m	4.199m （最大浸水深の1/2）
ケース④	—	—	3.643m （通過波の浸水深）

・設計方針の相違

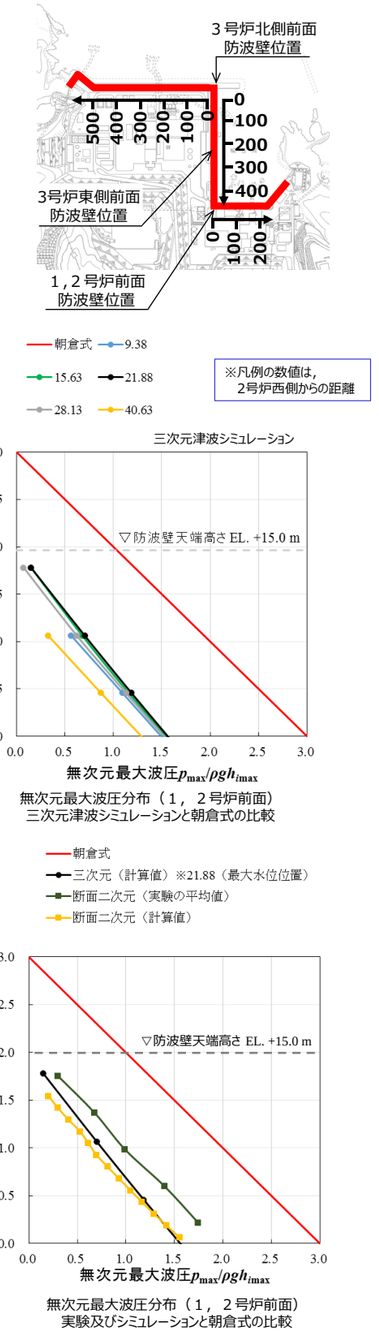
【東海第二，女川2】

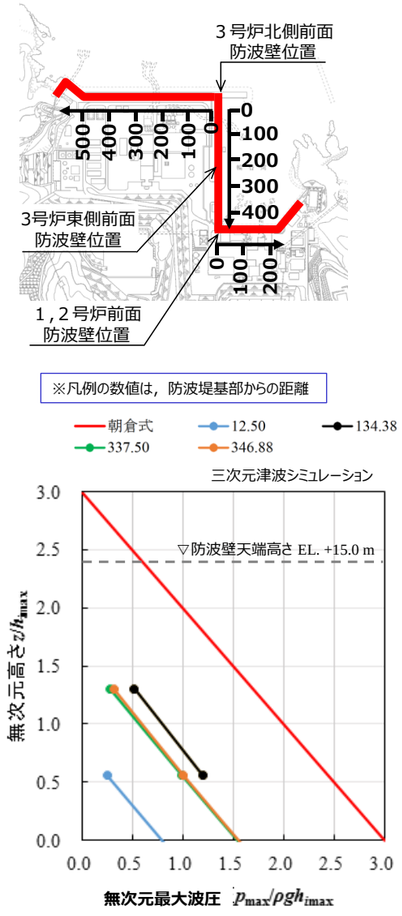
設計方針の相違による記載内容の相違

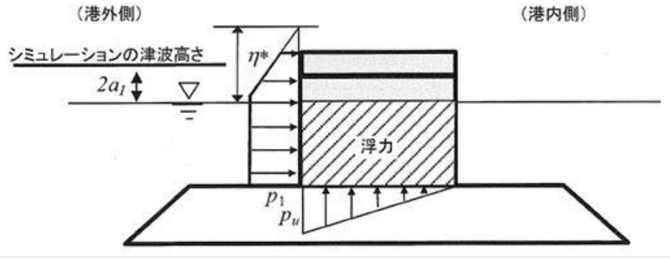
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
 第 27 図　津波波力の作用イメージ図 ｃ．　越流時の津波波力の設定方針 引き波後に到達する津波が貯留堰を越流する際，貯留堰の内外での水位差はつきにくいが，保守的に引き波水位とその後の押し波水位の差が最も大きくなるものを選定し，津波波力を算定した。 津波高さとしては貯留堰天端からの越流を考慮して，「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局）」（平成 27 年 12 月一部改訂）による静水圧差による算定式を参考に設定する。 貯留堰位置における水位差が最大となる箇所の時刻歴水位波形を第 28 図に，津波波力の作用イメージを第 29 図に示す。  第 28 図　貯留堰の内外の水位差が最大となる時刻歴水位波形図		・１，２号炉の水理模型実験 ケース⑧：防波壁がある場合の最大浸水深ｈの 1/2 ケース⑨：防波壁位置の通過波の浸水深 第２５表　保守的な浸水深η の水理模型実験による確認結果 （１，２号炉） | 実験ケース	最大浸水深ｈ	h/2	浸水深η
ケース⑧	6.511m	3.256m	3.256m （最大浸水深の1/2）
ケース⑨	—	—	2.015m （通過波の浸水深）	 上記より，「最大浸水深の 1/2」が「通過波の浸水深」より保守的な値となることを確認した。 （４）津波波圧の比較 朝倉式（敷地高以上） ３号炉北側前面の敷地高以上における，朝倉式により算定した波圧分布と水理模型実験，断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布の比較結果を第５５図に示す。 水理模型実験，断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションによる波圧分布は，朝倉式による波圧分布に包絡されることを確認した。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

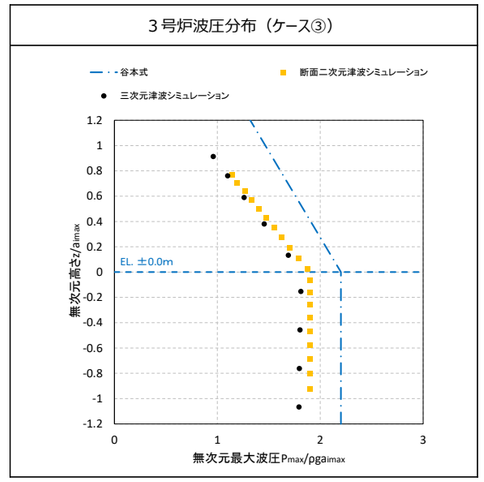
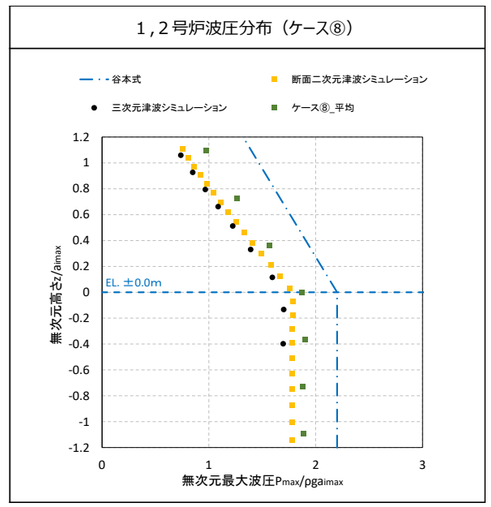
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
 第 29 図　津波波力の作用イメージ図 d．　まとめ 貯留堰における津波波力について，越流直前の波力及び越流時の静水圧差について検討した。この結果，越流時の静水圧差の方が越流直前の波力を上回る結果となった。このため，貯留堰における津波波力として，保守的に越流時の静水圧差を考慮することとする。		 第５５図　無次元最大波圧分布（３号炉北側前面）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		１，２号炉前面の敷地高以上における，朝倉式により算定した波圧分布と水理模型実験，断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布の比較結果を第５６図に示す。 水理模型実験，断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションによる波圧分布は，朝倉式による波圧分布に包絡されることを確認した。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

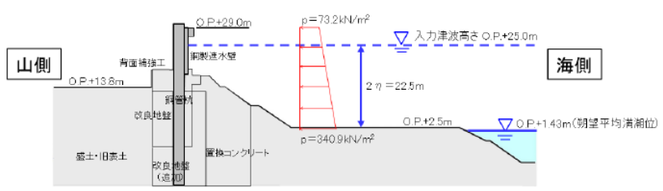
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 無次元最大波圧分布（１，２号炉前面） 三次元津波シミュレーションと朝倉式の比較 無次元最大波圧分布（１，２号炉前面） 実験及びシミュレーションと朝倉式の比較 第５６図　無次元最大波圧分布（１，２号炉前面）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

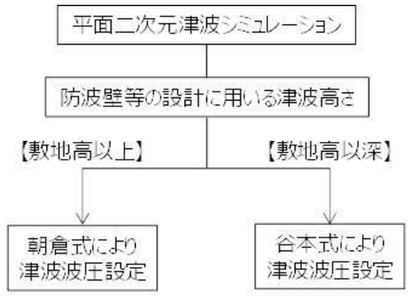
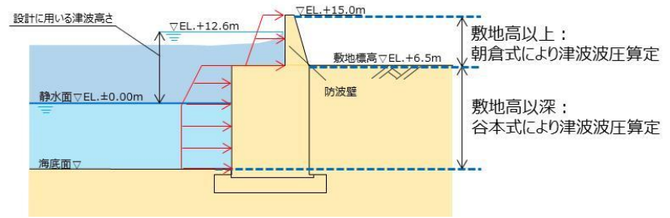
東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		３号炉東側前面の敷地高以上における，朝倉式により算定した波圧分布と三次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布の比較結果を第５７図に参考として示す。 三次元津波シミュレーションによる波圧分布は，朝倉式による波圧分布に包絡されることを確認した。  第５７図　無次元最大波圧分布（３号炉東側前面）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（５）谷本式による津波波圧算定 谷本式は，構造物前面の津波高さ（津波シミュレーション）に応じて波圧を算定する式である。谷本式を以下に示す。 なお，谷本式で使用する入射津波の静水面上の高さ（２a_I）は，各津波シミュレーションにより抽出された護岸前面の最高水位を使用する。谷本式による波圧分布を第５８図に示す。 【谷本式】 $\eta^*=3.0a_I$ $P_1=2.2\rho_0 g a_I$ $Pu=P_1$ ここに， η^*　：静水面上の波圧作用高さ（m） a_I　：入射津波の静水面上の高さ（振幅）（m） $\rho_0 g$　：海水の単位体積重量（kN/m^3） Pu　：直立壁前面下端における揚圧力※（kN/m^2） ※島根原子力発電所の防波壁は，岩盤又は改良地盤により支持されており十分に止水性があるため揚圧力は考慮しない。  第５８図　谷本式による波圧分布 （背面水位が押し波時に静水面より下がらない場合） ・島根原子力発電所の防波壁背後は敷地であるため，港湾外の波圧を算定した図を引用した。 ・なお，「背面水位が押し波時に静水面より下がる場合」でも港外側に作用する津波波圧は同じである。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（６）津波波圧の比較 谷本式（敷地高以深） 敷地高以深における断面二次元津波シミュレーション，三次元津波シミュレーション，水理模型実験（１，２号炉），既往の算定式（谷本式）により算定した波圧分布を第５９図に示す。 ３号炉及び１，２号炉の波圧分布の比較結果より，谷本式による波圧分布が全ての波圧を包絡することを確認できたため，敷地高以深の津波波圧算定には谷本式を用いる。   第５９図　断面二次元津波シミュレーション，三次元津波シミュレーション，水理模型実験（１，２号炉），既往の算定式（谷本式）により算定した波圧分布	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（７）まとめ 津波は波浪に比べて周期が長いことから，その波力は水位の上昇による静水圧として評価される場合が多い。しかし，実際には流れに伴う動的な影響や作用の継続時間による影響が考えられ，精度よく波力を評価するためには，水理模型実験等を行うことが望ましいため，水理模型実験，断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションを実施した。 敷地高以上（防波壁前面）においては，敷地標高や遡上水深等により津波波圧への影響が大きいことから，朝倉式に用いる通過波の浸水深において，最大浸水深（津波高さ－敷地高さ）×1/2 を用いることで，水理模型実験，断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションにより算定される波圧に対して保守性を確保している。 敷地高以深（護岸前面）においては，水理模型実験，断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションの結果，いずれもばらつきの小さい線形の波圧分布となり，これらの実験や解析手法の差異による波圧分布に有意な差異はない。また，３号炉の水理模型実験では，敷地高以深の波圧を測定できていないが，護岸前面で緩やかな水位上昇を示しており，１，２号炉の津波シミュレーション及び水理模型実験と同様な波圧分布になると考えられることから，いずれも谷本式により算定される波圧分布に包絡されると判断した。以上のことから，津波波圧を谷本式で評価することの保守性を確認した。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所　２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	（２）防潮堤の設計で考慮する津波波圧の設定 基準津波を対象とした津波波圧の確認結果及び不確かさを考慮した検討結果を踏まえ，保守的な設計を行う観点から，図 36 のとおり朝倉式①を参照して防潮堤の設計波圧として設定する。なお，朝倉式は津波の通過波の浸水深に応じて波圧を算定する式であり，通過波の浸水深を入力津波水深（最大浸水深）の 1/2 と仮定して津波波圧を算定する。 $p=\rho \cdot g \cdot (\alpha \cdot \eta - z)$ ここで， p ：津波波圧(kN/m^2) ρ ：海水の密度（＝1.03 t/m^3） g ：重力加速度（＝9.80665 m/s^2） α ：水深係数（＝3） η ：浸水深（通過波の浸水深＝入力津波水深の 1/2）(m) z ：陸上地面を基準とした上向の正の座標（m）  図 36 津波波圧設定の考え方（鋼管式鉛直式の断面図） 【参考文献】 1) 朝倉良介・岩瀬浩二・池谷 毅・高尾 誠・金戸俊道・藤井直樹・大森政則（2000）：護岸を越流した津波による波力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 47 巻，pp. 911 － 915. 2) 石田暢生・森谷暢生・東喜三郎・鳥山拓也・中村英孝（2016）：防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数について，NRA 技術報告，NTEC-2016-4001. 3) 気象庁（2011）：災害時地震・津波速報 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震，災害時自然現象報告書 2011 年第 1 号. 4) 榊山 勉（2012）：陸上遡上津波の伝播と構造物に作用する津波波圧に関する研究，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. 68，No. 2，pp. 771 － 775.	５．設計で考慮する津波波圧の設定 水理模型実験の結果，科学的根拠に基づきソリトン分裂波や砕波が発生しないことを確認した。また，津波波圧については，敷地高以上の波圧分布は直線型となり，敷地高以深の波圧分布については海水位までは直線型，静水面以深では一定となり，津波波圧への有意な影響がないことを確認した。 断面二次元津波シミュレーション解析の結果，水理模型実験を再現でき，時刻歴波形，水位分布及び水面勾配からソリトン分裂波や砕波が発生しないことを確認した。また，波圧分布についても水理模型実験と同様に津波波圧への有意な影響はないことを確認した。 三次元津波シミュレーション解析の結果，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる波圧分布と同等，又は包絡されることを確認した。この結果より，島根原子力発電所の複雑な地形や三次元的な流況による影響は認められないため，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧は妥当であると判断した。 水理模型実験及び津波シミュレーション結果による津波波圧は，既往の津波波圧算定式による津波波圧に包絡されることを確認した。 上記検討結果を踏まえ，防波壁等の設計で考慮する津波波圧を以下のとおり設定する。 ・敷地高以上については，平面二次元津波シミュレーション解析で設定した入力津波高さに基づき，朝倉式により津波波圧を設定し，敷地高以深については，平面二次元津波シミュレーション解析で設定した入力津波高さに基づき，谷本式により津波波圧を設定する。 ・防波壁及び防波壁通路防波扉の設計用津波波圧の算定に用いる津波高さは，平面二次元シミュレーション結果による入力津波高さ（EL.+11.9m）に潮位のばらつきを考慮した「EL.＋12.6m」を用いる。 津波波圧設定フローを第６０図に，波圧算定イメージ（３号炉前面）を第６１図に示す。	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

東海第二発電所（2018.9.12 版）	女川原子力発電所 ２号炉（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	5）池谷毅・秋山義信・岩前伸幸（2013）：陸上構造物に作用する津波持続波圧に関する水理学的考察，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.69，No.2，pp.816 - 820.	 第６０図　津波波圧設定フロー  第６１図　波圧算定イメージ（３号炉前面）	・設計方針の相違 【東海第二，女川2】 設計方針の相違による記載内容の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 27 浸水防護重点化範囲内に設置する海域と接続する低耐震クラス機器及び配管の津波流入防止対策について １．概要 内郭防護においては，海域と接続する低耐震クラス（浸水防止機能を除く）の機器及び配管が地震により損傷して保有水が溢水するとともに，損傷箇所を介して津波が流入する事象を想定する。 ここでは，地震による配管損傷後に津波が襲来した場合の浸水防護重点化範囲への直接的な津波の流入に対する対策について説明する。 ２．海域と接続する配管 海域と接続する低耐震クラスの機器及び配管が設置される浸水防護重点化範囲としてタービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア），取水槽循環水ポンプエリア及び取水槽海水ポンプエリアがある。 浸水防護重点化範囲であるタービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア），取水槽循環水ポンプエリア及び取水槽海水ポンプエリアに設置される海域と接続する低耐震クラスの機器及び配管を表 1，図１に示す。なお，海域と接続する機器及び配管については，外郭防護１の「取水路・放水路等の経路からの津波の流入防止」において耐震Ｓクラスの機器及び配管も含め特定しており，それらの機器及び配管と同じである。 これらの機器及び配管については，地震により損傷した場合には，その後襲来する津波が，損傷箇所を介し浸水防護重点化範囲内に直接流入することから，基準地震動 Ss による地震力に対してバウンダリ機能を保持する等の設計とする。	・評価条件の相違 【柏崎 6/7，東海第二】 島根２号炉は，浸水防護重点化範囲内に海域と接続する低耐震クラスの機器及び配管を設置することによる流入防止対策を説明

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表１　海域と接続する基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持する等の設計とする機器及び配管

海域と接続する低耐震クラスの機器及び配管を設置する浸水防護重点化範囲	左記に設置する低耐震クラスの機器及び配管	耐震クラス※
タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）	タービン補機海水系配管	Ｃクラス
	原子炉補機海水系配管（放水配管）	Ｃクラス
	高圧炉心スプレイ補機海水系配管（放水配管）	Ｃクラス
	液体廃棄物処理系配管	Ｃクラス
取水槽循環水ポンプエリア	循環水ポンプ及び配管	Ｃクラス
	タービン補機海水系配管	Ｃクラス
取水槽海水ポンプエリア	タービン補機海水ポンプ及び配管	Ｃクラス
	除じんポンプ及び配管	Ｃクラス

※　浸水防止機能を除く

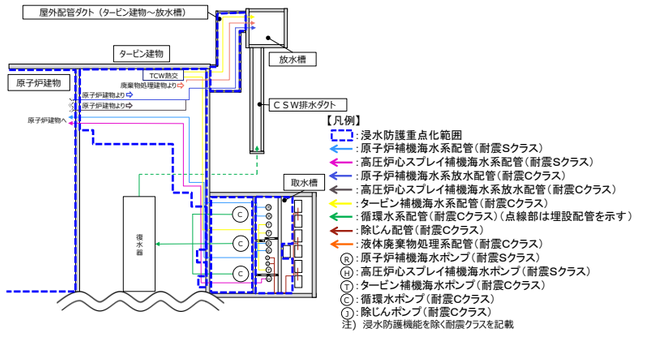


図１　浸水防護重点化範囲内に設置する海域と接続する低耐震クラスの機器及び配管の設置概要

３．津波流入防止対策

循環水系は，基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持する設計とし，津波の流入を防止する。

タービン補機海水系は，インターロックによりポンプ出口弁を閉止し，ポンプ及びポンプからポンプ出口弁までの配管

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		を基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持するとともに，出口側配管の逆止弁及び逆止弁から放水槽までの配管を基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持することにより津波の流入を防止する（図２参照）。海域活断層に想定される地震による津波襲来に係る時系列を図３に，日本海東縁部に想定される地震による津波襲来に係る時系列を図４に示す。 　また，インターロックによるポンプ出口弁の閉止については，津波襲来前に確実に閉止するため，多重化・多様化を図る。 　液体廃棄物処理系については，出口側配管の逆止弁及び逆止弁から放水槽までの配管を基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持することにより津波の流入を防止する。 　原子炉補機海水系配管（放水配管）及び高圧炉心スプレイ補機海水系配管（放水配管）については，基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持する設計とし，津波の流入を防止する。 　除じん系については，基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持する設計とし，津波の流入を防止する。 　この結果，浸水防護重点化範囲であるタービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア），取水槽循環水ポンプエリア，取水槽海水ポンプエリアにおいて，循環水系，原子炉補機海水系，高圧炉心スプレイ補機海水系及び除じん系の機器及び配管は地震により破損することなく，タービン補機海水系，液体廃棄物処理系については，地震により配管が損傷した後に，津波が襲来した場合でも，タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア），取水槽循環水ポンプエリア及び取水槽海水ポンプエリアに流入しない。対策及び取・放水路からの流入防止結果を表２に，対策概要図を図５に示す。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

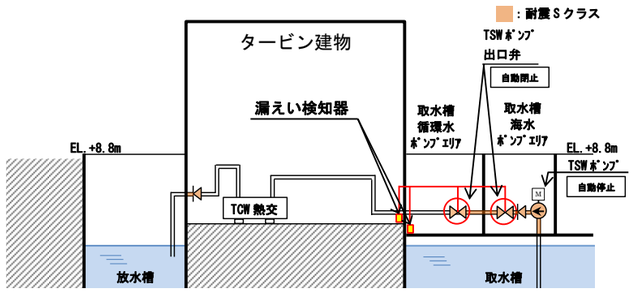


図２　タービン補機海水系　インターロック概要図

時系列	▼地震(海域活断層) ▼溢水発生 約１分	▼海域活断層から想定される地震による津波襲来 約２分
タービン補機海水系	インターロックによるポンプ停止及び弁閉止	津波流入なし

図３　海域活断層から想定される地震による津波襲来に係る時系列

時系列	▼地震(敷地近傍) ▼溢水発生	▼地震後点検 約１分　１日	▼日本海東縁部に想定される地震による津波襲来
タービン補機海水系	インターロックによるポンプ停止及び弁閉止		津波流入なし

図４　日本海東縁部に想定される地震による津波襲来に係る時系列

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表２　海域と接続する基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持する等の設計とする配管に対する対策

浸水防護重点化範囲	機器・配管	対策	流入防止結果	
			取水路	放水路
タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）	タービン補機海水系配管	・インターロックによる電動弁閉止 ・逆止弁閉止 ・基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持	○ （インターロックによる隔離，バウンダリ機能を保持）	○ （逆止弁による隔離，バウンダリ機能を保持）
	液体廃棄物処理系配管	・逆止弁閉止 ・基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持	－ （接続なし）	○ （逆止弁による隔離，バウンダリ機能を保持）
	原子炉補機海水系配管（放水配管）	・基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持	○ （バウンダリ機能を保持）	○ （バウンダリ機能を保持）
	高圧炉心スプレイ補機海水系配管（放水配管）	・基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持	○ （バウンダリ機能保持）	○ （バウンダリ機能を保持）
取水槽循環水ポンプエリア	循環水ポンプ及び配管	・基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持	○ （バウンダリ機能を保持）	○ （バウンダリ機能を保持）
	タービン補機海水系配管	・インターロックによる電動弁閉止 ・逆止弁閉止 ・基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持	○ （インターロックによる隔離，バウンダリ機能を保持）	○ （逆止弁による隔離，バウンダリ機能を保持）
取水槽海水ポンプエリア	タービン補機海水ポンプ及び配管	・基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持 ・逆止弁閉止	○ （バウンダリ機能を保持）	○ （逆止弁による隔離，バウンダリ機能を保持）
	除じんポンプ及び配管	・基準地震動Ｓｓによる地震力に対してバウンダリ機能を保持	○ （バウンダリ機能を保持）	－ （接続なし）

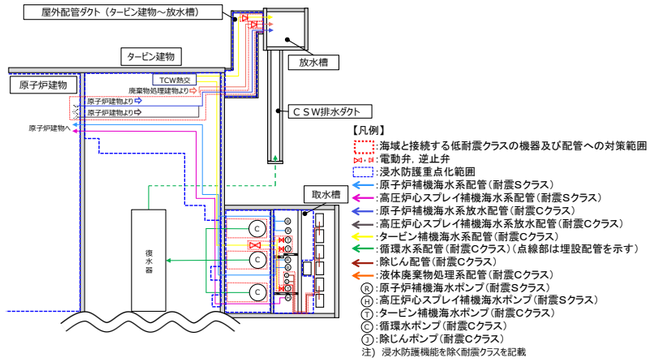


図５　浸水防護重点化範囲内に設置する海域と接続する低耐震クラスの機器及び配管への対策概要図

実線・・設備運用又は体制等の相違（設計方針の相違）
波線・・記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 28 タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震 S クラスの設備に対する浸水影響について 1．概要 耐震 S クラスの設備を内包する建物及び区画として，原子炉建物，タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア），廃棄物処理建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア），制御室建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア），取水槽海水ポンプエリア，取水槽循環水ポンプエリア及び屋外配管ダクト（Ｂ－ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物，タービン建物～排気筒，タービン建物～放水槽）並びにＡ，Ｂ－非常用ディーゼル発電機（燃料移送系），高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）及び排気筒を設置するエリアがあり，これらの範囲を浸水防護重点化範囲と設定している。 このうち，タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアについては，海域と接続する低耐震クラスの機器及び配管であるタービン補機海水系等を設置しており，地震時には配管等の破損による保有水の溢水及び破損箇所を介した津波の流入を想定する範囲となる。 そのため，タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Ｓクラスの設備について，地震・津波時の浸水状況を考慮した浸水に対して，同区画に設置される津波防護対象設備の浸水による機能喪失要因の網羅的な抽出を踏まえ，浸水による影響がないことを確認する。タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Ｓクラスの設備を表 1 に，その配置を図１に示す。 なお，タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Ｓクラスの配管に，電動弁等の浸水により機能喪失する設備は設置していない。	・設備の配置条件の相違【柏崎 6/7，東海第二】 島根２号炉はタービン建物等に非常用海水系配管等の津波防護対象設備を設置していることによる影響評価を実施

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表１　タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Ｓクラスの設備

設置区画	設備	
タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）	原子炉補機海水系	配管・手動弁
		ケーブル
	高圧炉心スプレイ補機海水系	配管・手動弁
		ケーブル
	非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）	配管・手動弁
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）	配管・手動弁
		ケーブル
	非常用ガス処理系	配管・手動弁
取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系	配管・手動弁（ストレーナ含む）
		ケーブル
	高圧炉心スプレイ補機海水系	配管・手動弁（ストレーナ含む）
		ケーブル

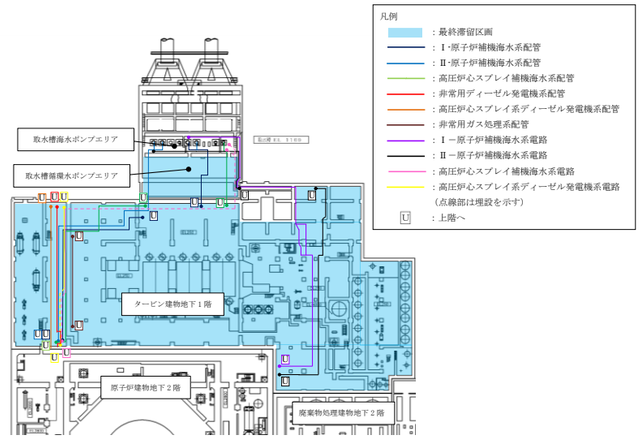


図１　タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Ｓクラスの設備の配置

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

2. 耐震Ｓクラスの設備に対する浸水による機能喪失要因

抽出された耐震Ｓクラスの設備の浸水による影響有無を評価するため，機能喪失要因を抽出した。

タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアにおける地震・津波時の浸水状況を踏まえた範囲に設置する耐震Ｓクラスの設備に対する浸水による機能喪失要因を表２に示す。津波流入により生じる漂流物による配管等の損傷の可能性については，タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに津波を流入させない対策(添付資料 27 参照)を実施することから，当該エリアに津波の流入はなく，漂流物は生じない。

表２　耐震Ｓクラスの設備に対する浸水による機能喪失要因

設備	設置区画	系統	機能喪失要因	
			水圧による損傷	電気接続部の没水
配管・手動弁（ストレーナ含む）	タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）	原子炉補機海水系	地震・津波時の浸水による水頭圧（外圧）により，配管の構造的損傷の可能性がある。	－
		高圧炉心スプレイ補機海水系		
		非常用ガス処理系		
		非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）		
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）		
	取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系		
		高圧炉心スプレイ補機海水系		
ケーブル	タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）	原子炉補機海水系	地震・津波時の浸水による水頭圧（外圧）により，ケーブルの構造的損傷の可能性がある。	地震・津波時の浸水が電気接続部に接することで，機能喪失する可能性がある。
		高圧炉心スプレイ補機海水系		
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）		
	取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系		
		高圧炉心スプレイ補機海水系		

3. 機能喪失要因に対する評価

地震・津波時の浸水状況を踏まえ，抽出された機能喪失要因に対する評価を実施した。

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		(1)　水圧による損傷に対する評価及びケーブルの電気接続部の没水に対する評価 　タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）に設置される耐震Ｓクラスの設備の水圧による損傷に対する評価及びケーブルの電気接続部に対する評価については，「第９条　溢水による損傷の防止等　9.4　タービン建物に設置されている防護対象設備について」において説明しており，地震・津波時の浸水による水圧に対して機能喪失しないこと，また電気接続部がないことを確認している。同様に，取水槽循環水ポンプエリアに設置される耐震Ｓクラスの設備の水圧による損傷に対する評価については，「第９条　溢水による損傷の防止等　添付資料１　機能喪失判定の考え方と選定された溢水防護対象設備について」において説明しており，地震・津波時の浸水による水圧に対して機能喪失しないことを確認している。具体的な内容を図２，図３に示す。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

(2) 配管及びケーブルの溢水影響について

a. 評価条件について

9.1 項及び 9.2 項の評価より，タービン建物における最大の溢水水位 EL5.9m に相当する水頭圧を外圧条件とした。

b. 評価結果

(a) 配管

没水時の外圧に対する健全性評価の例を表 9-20 に示す。なお，弁は配管に比べ肉厚であるため，配管の評価に包含される。配管の製造最小厚さから外圧に対する許容圧力を算出し，没水時の外圧に対する健全性を確認した。

(b) ケーブル

ケーブルはシース（難燃性特殊耐熱ビニル）で覆った構造であり，非常時の環境条件（静水圧換算：18m 以上）を考慮した設計であるため，没水時の外圧により機能喪失しない。また，海水に対する影響については，海水による浸水試験（試験時間：200 時間）を実施し，外観及び絶縁抵抗に影響がないことを確認している。なお，没水するケーブルについては溢水により機能を喪失する接続部（端子部）がないことを確認した。

表 9-20　タービン建物に敷設される配管の外圧に対する許容圧力

系統	原子炉補機海水系配管	高圧炉心スプレイ補機海水系配管	非常用ディーゼル発電機系配管	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系配管	非常用ガス処理系配管
外径 Do[mm]	711.2	267.4	60.5	60.5	406.4
板厚 t[mm]	9.5	9.3	5.5	5.5	9.5
製造上最小厚さ ts[mm]	8.5	8.13	4.81	4.81	8.31
付録材料図 表 Part7 により定まる値 B	9.7	55	110	110	34
材質	SM41C	STPT42	STPT42	STPT42	STPT42
水頭圧[MPa]	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
許容圧力[MPa]※	0.15	2.22	11.6	11.6	0.92
許容圧力＞水頭圧判定	○	○	○	○	○

※　「発電用原子力設備規格 設計・建設規格　（JSME S NC1-2005/2007）」「PPC-3411 直管（2）外圧を受ける直管」を準用した以下の式を用い，製造上の最小厚さから許容圧力を算定した値

$$t_s = \frac{3P_eD_0}{4B}$$

P_e：許容圧力［MPa］
t_s：製造上の最小厚さ［mm］
D_0：管の外径［mm］
B：付録材料図 表 Part7 により定まる値

9 条-別添 1-9-21

図２　タービン建物（耐震Ｓクラスの設備を設置するエリア）に設置される耐震Ｓクラスの設備の水圧による損傷に対する評価及びケーブルの電気接続部に対する評価

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

2.3 溢水影響評価の対象外とする理由

(1) 「①溢水により機能を喪失しない」による対象外

溢水により機能を喪失しないとした防護対象設備について，没水時の健全性を評価した。表 2-4 に示すように，各建物の最大階高（当該床から上階床までの階高さのうち最大となる値）に相当する水頭圧を外圧条件とした。

表２－４　各建物の外圧条件

建物	水頭圧[m]	最大階高
原子炉建物	8	3 階～4 階
廃棄物処理建物	7	2 階～3 階
取水槽	10	床～防水壁天端

a. 配管及び弁

配管及び弁の没水時の外圧に対する健全性評価の例を表 2-5 に示す。

「発電用原子力設備規格 設計・建設規格　JSME S NC1 2005/2007」に基づき算出した機器の外圧に対する許容圧力が溢水水位による外圧を上回るため，健全性を維持できる。なお，弁は配管に比べ肉厚であるため，配管の評価に包含される。

表 2-5　配管の没水時の外圧による影響評価結果（代表例）

建物	原子炉建物	廃棄物処理建物	取水槽
代表配管※1	700A-RSW-7A	200A-RCW-61A	700A-RSW-2A
外径 Do[mm]	711.2	216.3	711.2
板厚 t[mm]	9.5	8.2	9.5
製造上最小厚さ ts[mm]	8.5	7.17	8.5
付録材料図 表 Part7 により定まる値 B	15.9	89.5	16.6
材質	SM41C	STPT42	SM41C
許容圧力[MPa]※2	0.25	3.95	0.26
水頭圧[MPa]	0.08	0.07	0.10
許容圧力＞水頭圧判定	○	○	○

※1　評価を実施するにあたり，各建物の対象配管のうち，保守的に外径(Do)/板厚(t)が最大となる配管を代表として選定した。なお，評価では内圧は大気圧とした。

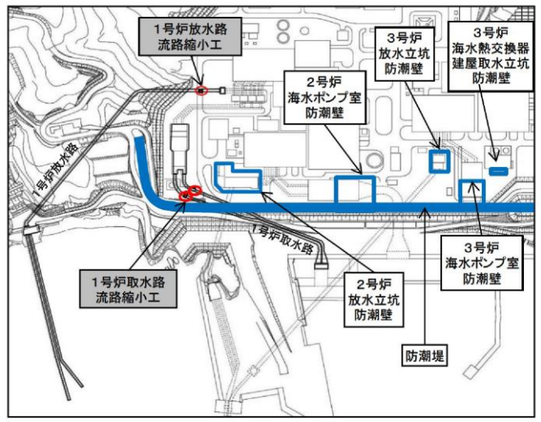
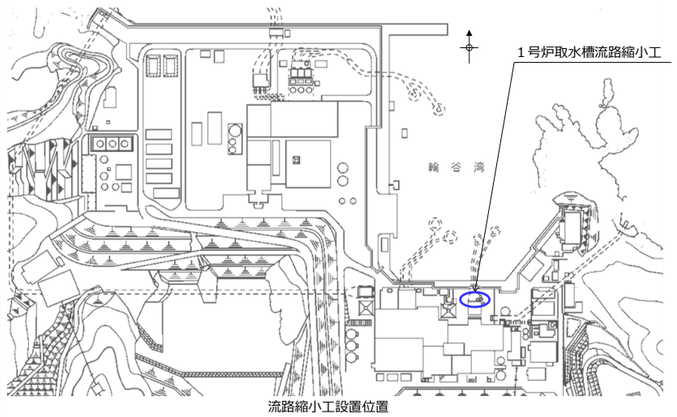
※2　「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME S NC1-2005/2007） PPC-3411 直管 (2) 外圧を受ける直管」を準用した以下の式を用い，製造上最小厚さから許容圧力を算定した値

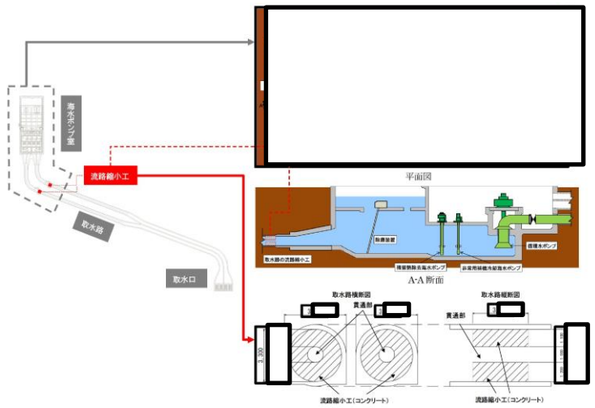
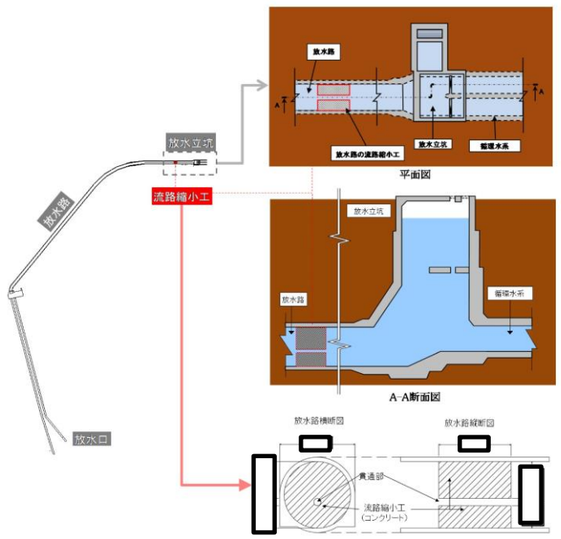
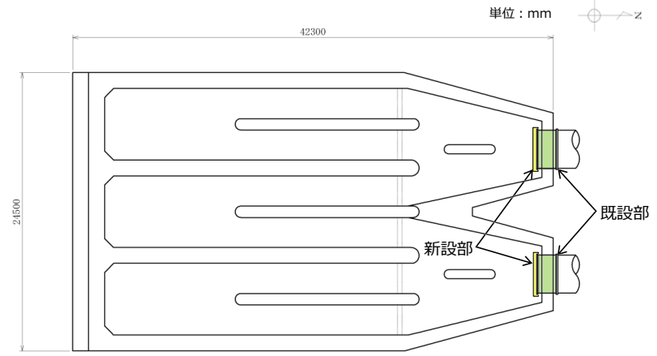
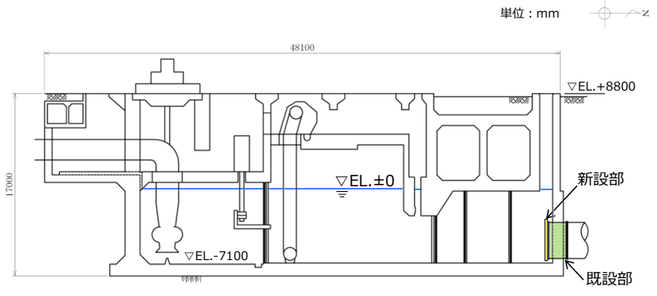
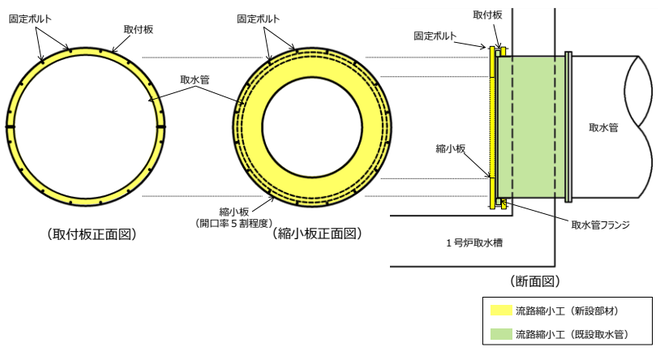
$$t_S = \frac{3P_eD_0}{4B}$$

P_e：許容圧力[MPa]
t_s：製造上の最小厚さ[mm]
D_0：管の外径[mm]
B：付録材料図 表 Part7 により定まる値

図３　取水槽循環水ポンプエリアに設置される耐震Ｓクラスの設備の水圧による損傷に対する評価

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	添付資料28	添付資料29	・対象施設の相違 【柏崎 6/7】 島根２号炉と比較対象施設が柏崎 6/7 号炉に無い（以下，女川 2 と比較）
	１号炉取放水路流路縮小工について	１号炉取水槽流路縮小工について	・対象施設の相違 島根２号炉では，流路縮小工を１号炉取水槽内に設置する。（以下，①の相違）
	１．はじめに １号炉取放水路に設置する取放水路流路縮小工（以下「流路縮小工」という。）は，１号炉海水ポンプ室及び１号炉放水立坑から津波が溢水し２号炉が損傷することを防止するために必要な設備であり，２号炉申請の中で津波防護施設として整理している。流路縮小工の設置位置を図１に示す。	１．はじめに １号炉取水槽流路縮小工（以下，「流路縮小工」と記す）は，１号炉取水路を遡上する津波に対して，１号炉取水槽から敷地への津波の到達，流入を防止するために設置することから，２号炉申請の中で津波防護施設として整理している。流路縮小工の設置位置を図１に示す。	・対象施設の相違 ①の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 図１　流路縮小工設置位置 ２．流路縮小工設置による１号炉への影響について （１）流路縮小工の構造概要 ａ．取水路の流路縮小工（図２参照） （ａ）取水路の流路縮小工は，取水路の海水ポンプ室側直線部に設置する。 （ｂ）取水路の流路縮小工は，取水路からの敷地への津波の流入を防止するために設置し，１号炉の補機冷却海水ポンプ（常用系・非常用系）に必要な海水を取水するため，貫通部（φ1.0m×2 条）を設ける。 ｂ．放水路の流路縮小工（図３参照） （ａ）放水路の流路縮小工は，放水路の放水立坑側に設置する。 （ｂ）放水路の流路縮小工は，放水路からの敷地への津波の流入を防止するために設置し，１号炉の補機冷却海水ポンプ（常用系・非常用系）からの放水を流下するため，貫通部（φ0.5m×1 条）を設ける。	 図１　流路縮小工設置位置 ２．流路縮小工設置による１号炉への影響について （１）流路縮小工の構造概要 a．流路縮小工の構造（図２参照） （ａ）既設部 流路縮小工の既設部は，鋼製の取水管とする。 （ｂ）新設部 流路縮小工の新設部は，開口率５割程度とした縮小板，取付板及び固定ボルトで構成する鋼製の構造物とし，取水管端部に設置する。 新設部材の設置は，取水管フランジの両側に取り付けた縮小板と取付板を固定ボルトで固定する。	・対象施設の相違 ①の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 図２ 取水路の流路縮小工の構造概要 （水位は津波時のイメージ）  図３ 放水路の流路縮小工の構造概要 （水位は津波時のイメージ）	 平面図  縦断図  流路縮小工拡大イメージ図 図２　１号炉取水槽流路縮小工の構造例	・対象施設の相違 ①の相違

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>（２）流路縮小工設置による1 号炉取水機能・放水機能への影響について
ａ．１号炉取水機能への影響について

（ａ）補機冷却海水ポンプ（常用系・非常用系）の取水性評価

取水路への流路縮小工設置により増加する損失水頭は約0.01～0.02ｍであり，海水ポンプ室水位は僅かに低下するものの，ポンプの取水可能最低水位から十分余裕があることから，プラント停止状態における常用海水系の取水機能及び事故時における非常用海水系の取水機能への影響はない（表１，２参照）。

表１ 流路縮小工設置による1 号炉取水機能（常用系）への影響
<table>
<tr><th>流路縮小工</th><th>流量
(m^3/s)</th><th>水路断面積
(m^2)</th><th>流速
(m/s)</th><th>取水口
水位(m)</th><th>海水ポンプ室
水位※4 (m)</th><th>ポンプ取水可能
最低水位 (m)</th></tr>
<tr><td>設置前</td><td rowspan="2">0.53※1</td><td>15.09
（φ3.1※2×2 条）</td><td>0.04※3</td><td rowspan="2">O.P.-0.14</td><td>O.P.-0.15</td><td rowspan="2">O.P.-2.43</td></tr>
<tr><td>設置後</td><td>1.57
（φ1.0×2 条）</td><td>0.34※3</td><td>O.P.-0.16</td></tr>
</table>
※１ 原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の流量（960 m^3/h×2 台）
※２ 貝付着代10cm を考慮
※３ 取水路については，流路縮小工設置後は，設置前のプラント通常運転時と同様，流速は小さいことなどから，通水性に問題はない。
※４ 取水路の流路縮小工における局所損失（急拡，急縮）及び摩擦損失を考慮（「参考２」図２参照）</td>
<td>（２）流路縮小工設置による１号炉取水機能への影響について
ａ．１号炉取水機能への影響について
１ 号炉に貯蔵中の使用済燃料の冷却は十分進んでおり，崩壊熱による発熱量は小さいため，使用済燃料プールの冷却が停止しても，その水温の上昇は緩やかな状況であるため，ここでは流路縮小工設置による原子炉補機海水ポンプへの取水性について評価した。

（ａ）原子炉補機海水ポンプの取水性評価

流路縮小工設置後は，１号炉循環水ポンプは全台停止する運用とすることから，表１に示すとおり，流速が小さくなり，損失水頭は低下するため，流路縮小工設置により取水槽内の水位が低下することはなく，原子炉補機海水ポンプの取水機能への影響はない。</td>
<td>・対象施設の相違
①の相違

・運用の相違
島根１号炉は，使用済燃料の冷却が十分進んでいる旨記載

・評価条件の相違
島根１号炉ではプール冷却のため原子炉補機海水ポンプを評価対象とする（以下，②の相違）
・運用及び評価結果の相違

・評価条件の相違
②の相違</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th><th>女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）</th><th>島根原子力発電所　２号炉</th><th>備考</th></tr>
<tr>
<td></td>
<td>
表２ 流路縮小工設置による1 号炉取水機能（非常用系）への影響
<table>
<tr><th>流路縮小工</th><th>流量
(m³/s)</th><th>水路断面積
(m²)</th><th>流速
(m/s)</th><th>取水口
水位(m)</th><th>海水ポンプ室
水位※4 (m)</th><th>ポンプ取水可能
最低水位 (m)</th></tr>
<tr><td>設置前</td><td rowspan="2">0.84※1</td><td>15.09
(φ3.1※2×2 条)</td><td>0.06※3</td><td rowspan="2">O.P.-0.14</td><td>O.P.-0.15</td><td rowspan="2">O.P.-7.2</td></tr>
<tr><td>設置後</td><td>1.57
(φ1.0×2 条)</td><td>0.54※3</td><td>O.P.-0.17</td></tr>
</table>
※１ 残留熱除去海水ポンプ運転時の流量（545 m³/h×4 台）＋非常用補機冷却海水ポンプ運転時の流量（390 m³/h＋450 m³/h）
※２ 貝付着代10cm を考慮
※３ 取水路については，流路縮小工設置後は，設置前のプラント通常運転時と同様，流速は小さいことなどから，通水性に問題はない。
※４ 取水路の流路縮小工における局所損失（急拡，急縮）及び摩擦損失を考慮（「参考２」図２参照）。

（ｂ）津波襲来時の海水確保について
基準津波の引き波時の水位低下に対して，補機冷却海水ポンプの運転に必要な海水を確保する必要があることから，流路縮小工設置後の水路内貯留量について検討した。
基準津波による引き波時において，海水面が取水路の流路縮小工開口部下端（O.P.-4.55m）を下回る時間は約５分（244 秒）である。また，3.11 地震の余効変動による約0.3m の隆起を考慮した場合の流路縮小工開口部下端を下回る時間は255 秒，今後も余効変動が継続することを想定し3.11 地震の広域的な地殻変動の解消により約１m 隆起したとしても流路縮小工開口部下端を下回る時間は292 秒である。
なお，津波に伴う水位変動により水路内に海水が繰り返し流入・流出するが，取水口前面水位が最も低くなる第１波引き波時の地震発生後45 分～70 分のうち取水路の流路縮小工開口部下端を下回る時間を保守的にすべて足し合わせると362 秒である。また，3.11 地震の余効変動による約0.3m の隆起を考慮した場合の流路縮小工開口部下端を下回る時間は393 秒，3.11 地震の広域的な地殻変動の解消により約１m 隆起したとしても流路縮小工開口部下端を下回る時間は539 秒である（図５参照）。
</td>
<td>
表１　流路縮小工設置による１号炉取水機能への影響
<table>
<tr><th>流路縮小工</th><th>循環水ポンプ状態</th><th>流量(m3/s)</th><th>水路断面積(m²)</th><th>流速(m/s)</th></tr>
<tr><td>設置前</td><td>ポンプ運転時</td><td>28</td><td>約 17.63</td><td>約 1.59</td></tr>
<tr><td>設置後</td><td>ポンプ停止時</td><td>1</td><td>約 8.81</td><td>約 0.11</td></tr>
</table>
</td>
<td>・評価内容の相違
島根１号炉における使用済燃料の冷却は十分進んでおり，使用済燃料プールの冷却に対し，一時的な引き波の影響は軽微</td>
</tr>
</table>

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

これに対し，補機冷却海水ポンプが15 分間取水するための貯留量（2,155 m^3）以上を確保する設計とする※。１号炉取水路～海水ポンプ室縦断図を図４に示す。表３のとおり流路縮小工設置後の水路内貯留量は2,600m^3 であり，基準津波の引き波時に補機冷却海水ポンプの運転に必要な海水を確保できることを確認した。

※　設計確認値（2,155 m^3）＝海水ポンプの運転による容量（755m^3）
＋デッドストック分（1,400m^3）

・海水ポンプの運転による容量：755m^3（15 分の運転を想定）
（残留熱除去海水ポンプ４台（545m^3/h/台）
非常用補機冷却海水ポンプ２台（A 系：390m^3/h/台，B 系：450m^3/h/台））

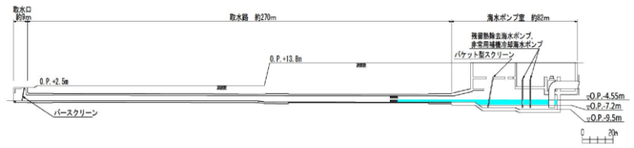
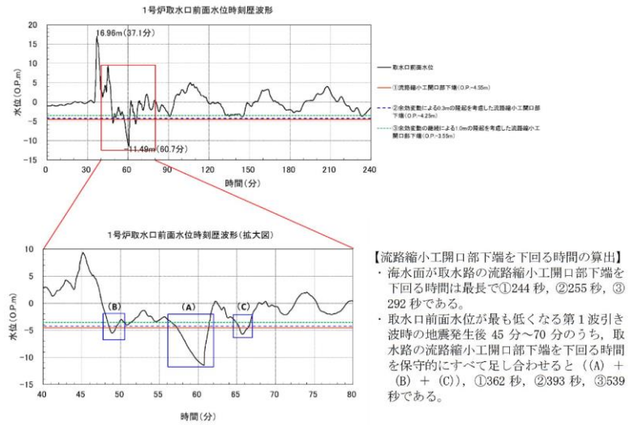


図４　１号炉取水路～海水ポンプ室縦断図



【流路縮小工開口部下端を下回る時間の算出】
・海水面が取水路の流路縮小工開口部下端を下回る時間は最長で①244 秒，②255 秒，③292 秒である。
・取水口前面水位が最も低くなる第１波引き波時の地震発生後 45 分～70 分のうち，取水路の流路縮小工開口部下端を下回る時間を保守的にすべて足し合わせると（(A) ＋ (B) ＋ (C)），①362 秒，②393 秒，③539 秒である。

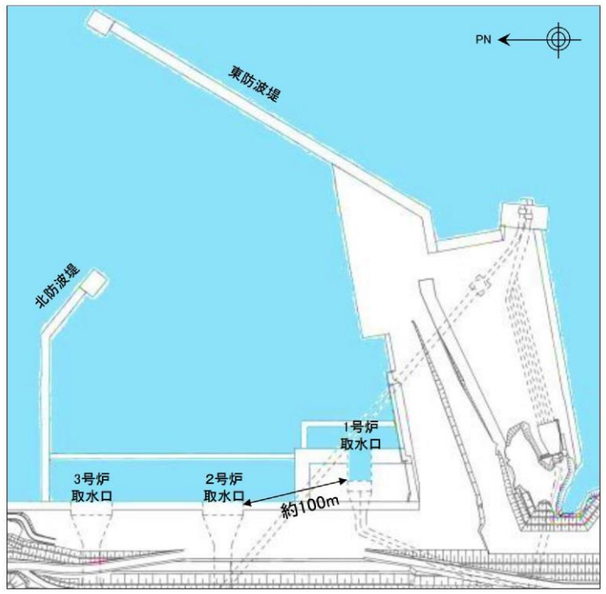
図５　１号炉取水口前面における基準津波による水位時刻歴波形（水位下降側）

表３　１号炉取水路～海水ポンプ室内貯留量

	水路内貯留量				海水ポンプ室内貯留量	合計
	水路長	流積※	貯留量	計		
A 系	30.07m	2.37 m^2	71.3m^3	162.5m^3	2,464.3m^3	2,600m^3 (2,626.8m^3)
B 系	38.16m	2.39 m^2	91.2m^3			

※　海側の最小となる流積にて算出（水路勾配により敷地側のほうが流積が大きくなるが，保守的に計算）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	（ｃ）漂流物による閉塞の可能性評価 基準津波に伴って生じた漂流物が１号炉取水口に到達して，１号炉取水口及び取水路の流路縮小工を閉塞させる可能性について評価した。 図６に示すとおり，１号炉取水口は２号炉取水口と同じ発電所の港湾内に位置し，離隔は100m 程度であるため，１号炉取水口が閉塞する可能性の検討において考慮すべき漂流物は，２号炉取水口が閉塞する可能性で考慮した漂流物と同様と考えることができる。 「別添資料１　2.5(2)津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認」において，上記と同様に２号炉取水口が閉塞する可能性を評価しており，２号炉取水口前面に到達する可能性がある施設・設備として，発電所敷地内からは，車両，カーテンウォールPC 板，キュービクル類，角落し，３号炉放水口モニタリング架台及びがれき（壁材等）を考慮し，発電所敷地外からは，車両，コンテナ・ユニットハウス，小型船舶，油槽所のタンク及びがれき（壁材，木片，廃プラスチック類等）を考慮したが，２号炉取水口の取水面積との比較や形状，水面を浮遊することから，いずれも２号炉取水口を閉塞することはないと評価している。 １号炉取水口は，２号炉取水口と取水口形状が異なるものの，考慮すべき漂流物のうち投影面積が最大となる施設・設備は車両（約15.2m×約3m）であるのに対して，１号炉取水口の取水面積（6m×4m，4 口）はこの車両の投影面積よりも十分に大きいことから，１号炉取水口を閉塞することはない（図７）。		・評価内容の相違 島根１号炉における使用済燃料の冷却は十分進んでおり，使用済燃料プールの冷却に対し，一時的な漂流物の影響は軽微

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 図６　１号炉取水口と２号炉取水口の位置関係 図７　１号炉取水口概要図 １号炉取水口には，呑み口（6m×4m）から約3m 奥（取水路側）に固定式バースクリーン（鋼製，目開き：200mm，高さ方向の鋼材間隔:約500mm）が設置されている（写真１）。そのため，同スクリーンの開口面積よりも小さい漂流物が取水路へ流入する可能性があるが，取水路の流路縮小工の貫通部はφ1,000mmであるため，固定式バースクリーンを通過した小さい漂流物により取水路の流路縮小工が閉塞する可能性はない。		

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	また，固定式バースクリーンは溶接接合した構造となっており，仮に変形するようなことがあっても，個々の鋼材が分離し漂流物化することや大きな開口が生じることは考えにくい。 以上より，取水路の流路縮小工が漂流物によって閉塞する可能性はない。 なお，東北地方太平洋沖地震に伴う津波によって，発電所港湾内にがれき等の漂流物が到達していたが，各号炉の取水性への影響はなく，その後に作業船等により撤去している。この実績を踏まえ，津波襲来後には必要に応じて漂流物を撤去する方針としていることから，補機冷却海水ポンプの取水は可能である。  写真１　１号炉取水口固定式バースクリーン		
	（ｄ）海生生物の付着による閉塞の可能性 「火力原子力発電所土木構造物の設計−増補改訂版−（電力土木技術協会）」によると，暗渠水路における貝等の付着代は0～200㎜ に対し，１号炉取水路の至近３回の定期点検時における調査結果では，貝等の付着厚さは平均で5～20㎜，最大で90㎜ となっている（表４）。 取水路に設置する流路縮小工の貫通部はφ1,000㎜ であり，断面縮小に伴い当該区間の流速が増大することにより，流路縮小工設置前より当該区間には海生生物が付着しにくくなる。仮に設置前と同等程度付着したとしても，貫通部は貝付着厚さに比べて十分大きいことから，付着によ	（ｂ）海生生物の付着による閉塞の可能性 １号炉取水槽の流路縮小工の開口部は，１箇所あたり直径約2.4m であり，これまでの取水設備の点検結果から，海生生物の付着代は最大で 5㎝ 程度であることを確認していることから，海生生物の付着による閉塞の可能性はない。	・点検結果の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	る閉塞の可能性はない。 なお，流路縮小工設置後においても定期的な点検と清掃を行う。 以上より，海生生物による流路縮小工の閉塞の可能性はない。 表４　１号炉取水路における貝付着実績 （流路縮小工設置前） 点検時期 / 貝付着厚さ（平均 / 最大） H20.5～H20.10：20mm / 70mm H26.8～H26.11：5mm / 30mm H28.9～H29.2：10mm / 90mm ｂ．１号炉放水機能への影響について （ａ）補機冷却海水ポンプ（常用系・非常用系）運転時の排水時溢水評価 放水路への流路縮小工設置による流路抵抗の増加により，プラント停止状態における常用海水系運転時における放水立坑水位が約0.64ｍ上昇し，0.P.+2.08ｍとなるものの，放水立坑高さの0.P.+14.0ｍより低いことから，１号炉放水立坑から敷地への溢水は生じない（表５参照）。流路縮小工設置による抵抗増分に関する検討について，「参考１」に示す。 表５　流路縮小工設置による1 号炉放水機能（常用系）への影響 流路縮小工 / 流量（m^3/s） / 水路断面積（m^2） / 流速（m/s） / 放水口水位(m) / 放水立坑水位※4（m） / 放水立坑高さ（m） 設置前：0.53※1 / 15.2（φ4.4※2×1条） / 0.03※3 / 0.P.+1.43 / 0.P.+1.44 / 0.P.+14.0 設置後：0.53※1 / 0.20（φ0.5×1条） / 2.65※3 / 0.P.+1.43 / 0.P.+2.08 / 0.P.+14.0 ※１　原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の流量（960 m^3/h×2 台） ※２　貝付着代 10cm を考慮 ※３　放水路については，「建設省河川砂防基準(案)同解説　設計編［Ⅰ］」で定める一般的な設計流速（常時 2～5 m/s 程度）であることから，通水性に問題はない。 ※４　放水路の流路縮小工における局所損失（急拡，急縮）及び摩擦損失を考慮（「参考２」図２参照）。	なお，流路縮小工設置後においても定期的な点検と清掃を行う。 以上より，海生生物による流路縮小工の閉塞の可能性はない。	・対象施設の相違 ①の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

プラント事故時における非常用海水系運転時における放水立坑水位は，0.P.+2.97ｍとなるものの，放水立坑高さの0.P.+14.0ｍより低いことから，１号炉放水立坑から敷地への溢水は生じない（表６参照）

表６　流路縮小工設置による1 号炉放水機能（非常用系）への影響

流路縮小工	流量 (m^3/s)	水路断面積 (m^2)	流速 (m/s)	放水口水位(m)	放水立坑水位※4 (m)	放水立坑高さ (m)
設置前	0.84※1	15.2 （φ4.4※2×1 条）	0.06※3	0.P.+1.43	0.P.+1.44	0.P.+14.0
設置後		0.20 （φ0.5×1 条）	4.20※3		0.P.+2.97	

※１　残留熱除去海水ポンプ運転時の流量（545 m^3/h×4 台）＋非常用補機冷却海水ポンプ運転時の流量（390 m^3/h＋450 m^3/h）

※２　貝付着代 10cm を考慮

※３　放水路については，「建設省河川砂防基準(案)同解説　設計編［Ｉ］」で定める一般的な設計流速（常時 2～5 m/s 程度）であることから，通水性に問題はない。

※４　放水路の流路縮小工における局所損失（急拡，急縮）及び摩擦損失を考慮（「参考２」図２参照）。

（ｂ）補機冷却海水ポンプ（常用系）運転時の排水性評価

放水路への流路縮小工設置後のプラント停止状態における放水立坑水位0.P.+2.08ｍは，原子炉補機冷却海水ポンプの放水高さ0.P.+4.6ｍより低いことから，ポンプの排水機能（ポンプ性能）への影響はない（図８参照）。なお，津波時における排水性に関しては，取水側及び放水側の水位が上昇するため，ポンプ排水性への影響はない。

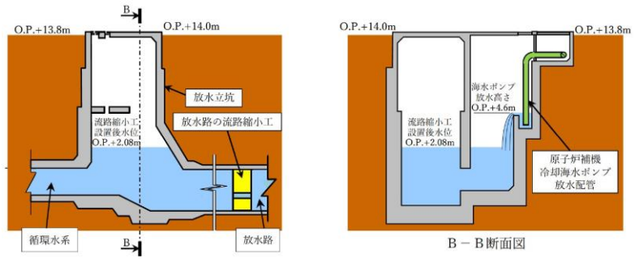
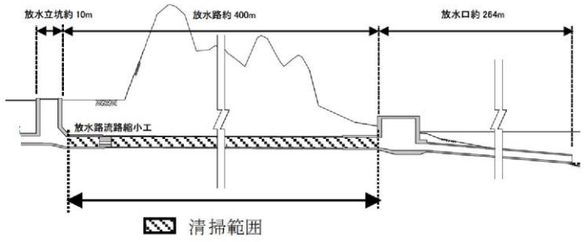


図８　放水立坑内の原子炉補機冷却海水ポンプ放出配管位置

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	（３）原子炉施設保安規定への影響 流路縮小工設置による1 号炉停止状態における保安管理に関する事項として，原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）上の影響について以下のとおりまとめた。 ａ．１ 号炉停止状態の保安確保における該当条文 （ａ）第27 条（計測および制御設備）： ・中間領域モニタ（動作不能でないことを毎日1 回確認） ・中性子源領域モニタ（計数率が3cps 以上であることを毎日1 回確認） ・原子炉建屋隔離系計装（原子炉建屋原子炉棟内での照射された燃料に係る作業時に動作不能でないことを指示により確認） ・中央制御室非常用換気空調系計装（原子炉建屋原子炉棟内での照射された燃料に係る作業時に動作不能でないことを指示により確認） （ｂ）第36 条（原子炉停止時冷却系その2）： ・原子炉停止時冷却系が停止した場合においても，原子炉冷却材温度を100℃未満に保つことができること （ｃ）第40 条（非常用炉心冷却系その2）： ・非常用炉心冷却系2 系列または非常用炉心冷却系1 系列および復水補給水系1 系列 ・ただし，原子炉内から全燃料が取り出され，かつプールゲートが閉の場合本条文は適用しない （ｄ）第49 条（原子炉建屋）： ・原子炉建屋原子炉等の機能が健全であること（原子炉建屋原子炉棟内での照射された燃料に係る作業時において） （ｅ）第51 条（非常用ガス処理系）： ・2 系列が動作可能であること（原子炉建屋原子炉棟内での照射された燃料に係る作業時において） （ｆ）第56 条（使用済燃料プールの水位・水温）： ・使用済燃料プールの水位がオーバーフロー水位付近にあること ・使用済燃料プールの水温が65℃以下 （ｇ）第58 条（中央制御室非常用換気空調系）：	（３）原子炉施設保安規定への影響 流路縮小工設置による1 号炉における保安管理に関する事項として，原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）上の影響について以下のとおりまとめた。 ａ．１ 号炉の保安確保における該当条文 （ａ）第143 条（使用済燃料プールの水位および水温） ・使用済燃料プールの水位がオーバーフロー水位付近にあること ・使用済燃料プールの水温が65℃以下	・運用の相違 島根１号炉は廃止措置段階であり，対象条文が相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	・2 系列が動作可能であること（原子炉建屋原子炉棟内での照射された燃料に係る作業時において） （ｈ）第60 条（外部電源その2）： ・外部電源1 系列が動作可能であること （ｉ）第62 条（非常用ディーゼル発電機その2）： ・非常用交流高圧母線に接続する非常用ディーゼル発電機を含め2 台の非常用発電設備が動作可能であること （ｊ）第63 条（非常用ディーゼル発電機燃料油等）： ・非常用ディーゼル発電機に対し必要量確保されていること （ｋ）第65 条（直流電源その2）： ・直流電源が動作可能であること （ｌ）第67 条（所内電源系統その2）： ・第27 条，第35 条，第36 条および第40 条で要求される設備の維持に必要な非常用交流高圧電源母線，直流電源母線および原子炉保護系母線が受電されていること		
	ｂ．保安規定上直接影響がある条文 上記ａ．の該当条文の結果から流路縮小工設置に伴い関連する条文は以下のとおり。 （ａ）第56 条（使用済燃料プールの水位・水温）： ・使用済燃料プールの冷却水として，原子炉補機冷却系を使用しているため （ｂ）第62 条（非常用ディーゼル発電機その2）： ・非常用ディーゼル発電機の冷却水として非常用補機冷却海水系を使用しているため	ｂ．保安規定上直接影響がある条文 上記ａ．の該当条文の結果から流路縮小工設置に伴い関連する条文は以下のとおり。 （ａ）第143 条（使用済燃料プールの水位および水温） ・使用済燃料プールの冷却水として，原子炉補機冷却系を使用しており，流路縮小工の設置により通水面積が小さくなるため，関連する条文として抽出した。	
	ｃ．保安規定上の影響 上記ａ．及びｂ．の結果から流路縮小工設置後においても，海水系（原子炉補機冷却海水系，非常用補機冷却海水系）に必要な流量は確保されていることから，保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。	ｃ．保安規定上の影響 （２）の結果から流路縮小工設置後においても，海水系（原子炉補機冷却海水系）に必要な流量は確保されていることから，保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。	・評価条件の相違 ②の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	３．流路縮小工の保守管理について 流路縮小工については，津波防護施設としての機能及び1号炉取水機能・放水機能を維持していくため，別途定める保全計画に基づき，適切に管理していく。具体的には，取水路については定期的な抜水による点検・清掃等を実施する。また放水路については定期的な抜水，ダイバー，水中カメラ等を用いた点検・清掃等を実施することにより，流路縮小工部の変状の有無等を確認し，変状等が確認された場合には，詳細な調査等を行うこととする。	３．流路縮小工の保守管理について 流路縮小工については，津波防護施設としての機能及び１号炉取水機能を維持していくため，別途定める保全計画に基づき，適切に管理していく。 具体的には，流路縮小工の縮小板・取付板は腐食代を確保するとともに，縮小板・取付板・固定ボルトは腐食防止のため塗装を行う。固定ボルト及び固定ボルト近傍部材の腐食による固定ボルトの脱落を防止するため，固定ボルトの径を大きくする，本数を増やす等の対応を実施することとし，対応方法は詳細設計段階において決定する。また，潜水士により取水槽内の定期的な点検・清掃を行い，縮小板や固定ボルト等の流路縮小工の各部位を確認する。固定ボルトに塗装の劣化や腐食等の傾向が確認された場合には，当該ボルトを交換する。	・対象施設の相違 ①の相違 ・保守管理方針の相違 島根１号炉は腐食に対する保守管理方針を記載している
	４．放水路の貝付着の有無が入力津波に与える影響について １号炉放水路は，１系統のみで抜水点検できない構造であることから，「貝付着あり」を基本条件としているが，流路縮小工設置時に施工区間の清掃を実施することから，当該区間を「貝付着なし」とした場合の入力津波への影響について検討した。清掃範囲を図９に示す。影響検討については，入力津波の設定と同様に一次元不定流の管路解析を実施した。管路解析の主な解析条件を表７に，解析結果を表８に示す。管路解析の結果，「貝付着なし」とした場合の評価水位は僅かに高くなるものの，入力津波水位に与える影響はないことを確認した。  図９　放水路の流路縮小工施工時の清掃範囲 表７　管路解析の主な解析条件		・対象施設の相違 ①の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

項目	解析条件※
検討対象津波	基準津波（水位上昇側）
地震による地形変化	防波堤：あり 護岸付近の敷地の沈下：なし（現地形）
潮位条件	朔望平均満潮位：0.P.＋1.43m 潮位のばらつき：＋0.16m
地殻変動	沈降を考慮（＋0.72m）
管路状態	貝付着：清掃区間のみ貝代なし スクリーン損失：なし

※　１号炉放水路入力津波決定ケース

表８　貝付着の有無が入力津波に与える影響

貝付着状況	放水口前面最高水位	放水立坑水位	入力津波高さ	１号炉放水立坑高さ
貝付着なし	0.P.＋18.70m	0.P.＋11.80m	0.P.＋11.8m	0.P.＋14.0m
貝付着あり		0.P.＋11.79m	0.P.＋11.8m	

５．流路縮小工（取水路）の最小開口径について

流路縮小工は，１号炉取放水路から敷地への津波の流入を防止することに加え，１号炉の補機冷却海水ポンプの取水機能に影響を与えないことが求められる。

津波の流入防止の観点からは，流路縮小工の開口径（貫通部の大きさ）を小さく設定した方が，流路抵抗の増大により津波の水位上昇が抑制されるため効果的である。一方，開口径の縮小は，海水ポンプ室の水位低下に伴い補機冷却海水ポンプの取水機能に影響を与える。

このため，取水路における流路縮小工の最小開口径は，補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位（0.P.-2.43m）を指標として，海水ポンプ室水位がこれを下回らないよう検討した。検討の結果，開口径φ0.3mとしても，海水ポンプ室水位（0.P.-1.56m）であり，取水可能最低水位を上回ることを確認している。

よって，流路縮小工（取水路）の開口径（φ1.0m）は，取水性に対して十分な裕度を持った開口径である（「参考２」参照）。

４．流路縮小工（取水槽）の開口面積について

流路縮小工は，１号炉取水路から敷地への津波の流入を防止することに加え，１号炉の補機冷却海水ポンプの取水機能に影響を与えないことが求められる。

管路計算の結果を踏まえて，流路縮小工の開口面積を4.4m^{2}とする構造としている。（２）ａ．（ａ）に示す通り，循環水ポンプを停止運用とすることにより，原子炉補機海水ポンプの必要流量に対し，十分な開口面積を確保している。

・対象施設の相違
①の相違

・設備の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	６．流路縮小工部の異常の検知性について 流路縮小工部が閉塞する可能性はないと評価しているものの，仮に閉塞を仮定した場合の検知性について検討する。 （１）取水路側流路縮小工が閉塞した場合の検知性 取水路側で閉塞した場合，海水ポンプ室入口水位が低下傾向を示すため，中央制御室においてその兆候が確認できる。また，水位の低下が継続した場合は，「海水ポンプ（A）または（B）室入口水位 低」の警報が中央制御室で発報することから，保安規定に紐づくＱＭＳ文書「警報処理運転手順書」に基づき対応が可能である。 （２）放水路側流路縮小工が閉塞した場合の検知性 放水路側で閉塞した場合，流路縮小の上流側である放水立坑の水位が上昇し，反対に下流側である放水口側の水位は低下する（外洋の水位による）ことになるため，以下により検知が可能であり，いずれの事象においても，中央制御室での警報確認後，保安規定に紐づくＱＭＳ文書「警報処理運転手順書」に基づき対応が可能である。 ａ．流路縮小工下流側にある，排水路試料採取設備異常が発生する。 ｂ．放水立坑水位の上昇により，補機冷却海水ポンプ（常用系）の排水性が確保できなくなることから，補機冷却海水ポンプ（常用系）の過負荷トリップや冷却水の温度「高」等の異常が発生する。なお，この場合でも放水立坑水位は最高でも0.P.+13m程度であり，敷地へ溢水することはない。	５．流路縮小工部の異常の検知性について 流路縮小工部が閉塞する可能性はないと評価しているものの，仮に閉塞を仮定した場合の検知性について検討する。 流路縮小工が閉塞した場合，取水槽水位が低下傾向を示すため，「取水槽水位低」の警報が中央制御室において発報することにより検知可能であり，保安規定に紐づくＱＭＳ文書「設備別運転要領書　別冊　警報発生時の措置」に基づき対応が可能である。	・対象施設の相違 ①の相違
	７．まとめ 流路縮小工を設置することによる影響について，以下のとおり確認した。 （１）１号炉取水機能への影響	６．まとめ 流路縮小工を設置することによる影響について，以下のとおり確認した。 （１）１号炉取水機能への影響 1号炉に貯蔵中の使用済燃料の冷却は十分進んでおり，崩壊熱による発熱量は小さいため，使用済燃料プールの冷却が停止しても，その水温の上昇は緩やかな状況であることを踏まえ，流路縮小工の設置による取水機能への影響を以下のとおり確認した。	・運用の相違 島根１号炉は，使用済燃料の冷却が十分進んでいる旨記載

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	a．プラント停止状態における常用海水系の取水機能及び事故時における非常用海水系の取水機能への影響はない。 b．基準津波による水位の低下に対して冷却に必要な海水が確保される。 c．漂流物による流路縮小工部の閉塞の可能性はない。 d．海生生物による流路縮小工部の閉塞の可能性はない。	a．非常用海水系の取水機能への影響はない。 b．海生生物による流路縮小工部の閉塞の可能性はない。	・評価条件の相違 ②の相違 ・評価内容の相違 島根１号炉における使用済燃料の冷却は十分進んでおり，使用済燃料プールの冷却に対して一時的な引き波・漂流物の影響は軽微 ・対象施設の相違 ①の相違
	（２）１号炉放水機能への影響 a．１号炉放水立坑から敷地への溢水は生じない。 b．補機冷却海水ポンプ（常用系）の排水機能への影響はない。		
	（３）流路縮小工設置後においても，海水系（原子炉補機冷却海水系，非常用補機冷却海水系）に必要な流量は確保されていることから，保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。	（２）流路縮小工設置後においても，原子炉補機冷却海水系に必要な流量は確保されていることから，保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。	・評価条件の相違 ②の相違
	（４）流路縮小工については，津波防護施設としての機能及び1号炉取水機能・放水機能を維持していくため，別途定める保全計画に基づき，適切に管理していく。	（３）流路縮小工については，津波防護施設としての機能及び1号炉取水機能を維持していくため，別途定める保全計画に基づき，適切に管理していく。	・対象施設の相違 ①の相違
	（５）流路縮小工（取水路）の開口径をφ0.3ｍとしても補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位を上回り，流路縮小工（取水路）の開口径（φ1.0ｍ）は，取水性に対して十分な裕度を持った開口径である。	（４）流路縮小工の開口面積（4.4m^2）は，原子炉補機冷却海水ポンプの必要流量から十分な開口面積である。	
	（６）流路縮小工部が閉塞する可能性はないと評価しているものの，仮に閉塞を仮定した場合の検知性について評価し，中央制御室で異常を検知（警報の確認）した後，保安規定に紐づくＱＭＳ文書「警報処理運転手順書」に基づき対応が可能であることを確認した。	（５）流路縮小工部が閉塞する可能性はないと評価しているものの，仮に閉塞を仮定した場合の検知性について評価し，中央制御室で異常を検知（警報の確認）した後，保安規定に紐づくＱＭＳ文書「設備別運転要領書　別冊　警報発生時の措置」に基づき対応が可能であることを確認した。	
	参考１　取放水路流路縮小工（1 号炉放水路）設置に伴い増加する抵抗（損失）について 参考２　流路縮小工の開口径設定の考え方 参考３　流路縮小工の津波時の流速による構造成立性		

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	参考４　流路縮小工の設置に伴う放水立坑の水位について，貝付着等の保守的な条件を考慮した場合の２号炉の安全性等への影響 参考５　流路縮小工の施工方針及び常時における津波防護機能維持の確認方法		

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	参考１ 取放水路流路縮小工（1 号炉放水路）設置に伴い増加する抵抗（損失）について 流路縮小工の設置に伴い，①急縮による抵抗（損失），②急拡による抵抗（損失），③摩擦による抵抗（損失）が働く。放水路を対象とした管路解析（補機冷却系運転時）から得られる流路縮小工内の流速（$U2$＝2.7m/s）を用いて，各抵抗（損失）を算定した結果を以下に示す。 **①急縮による抵抗（損失）** $h_{sc} = f_{sc}\frac{{U_2}^2}{2g} = 0.18(m)$ **②急拡による抵抗（損失）** $h_{se} = f_{se}\frac{{U_2}^2}{2g} = 0.36(m)$ **③摩擦による抵抗（損失）** $h_f = f\frac{L}{D}\frac{{U_2}^2}{2g} = 0.13(m)$ **①＋②＋③＝0.67m（管路解析による取放水路流路縮小工設置前後の放水立坑水位差0.64mと整合的である。）** 補機冷却系運転時の管路内の流速が遅いことから，その抵抗（損失）は小さいものとなっている。 表 各局所損失の算定式 **①急縮による抵抗（損失）** 急縮による損失水頭は下記のとおり。流路形状からf_{sc}=0.499と設定した。 $h_{sc} = f_{sc}\frac{{V_2}^2}{2g}$ ここに，h_{sc}：急縮による損失水頭 f_{sc}：急縮損失係数 V_2：急縮後の流速 **②急拡による抵抗（損失）** 急拡による損失水頭は下記のとおり。流路形状からf_{se}=0.974と設定した。 $h_{se} = f_{se}\frac{{V_1}^2}{2g}$ ここに，h_{se}：急拡による損失水頭 f_{se}：急拡損失係数 V_1：急拡前の流速 **③摩擦による抵抗（損失）** $h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$, $f = \frac{124.5n^2}{D^{1/3}}$ ここに，h_f：摩擦による損失水頭　L：管路の長さ f：摩擦損失係数　D：管の直径 V：平均流速　n：マニングの粗度係数（0.015）		・結果の相違 流路縮小工設置により循環水ポンプ停止運用とするため，流速が小さくなり，抵抗も小さくなる

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	参考２ 流路縮小工の開口径設定の考え方 流路縮小工に求められる要求事項及び開口径の設定に関する留意点を以下に示す。また，開口径の設定の流れを図１に，流路縮小工設置による抵抗（損失）の概念図を図２に，開口径の大小による機能への影響を表１に示す。 （１）流路縮小工に求められる要求事項 【取放水路から敷地への津波の流入防止】 ① 基準津波による水位の上昇高さが施設高さを上回らないこと（構造成立性を含む）。 【津波時における非常用海水冷却系の取水機能】 ② 基準津波による水位の低下に対して冷却に必要な海水が確保（貯留）できること。 ③ 基準津波による水位の低下に対して取水機能が確保できること（補機冷却海水ポンプの取水機能維持）。 【非津波時における取水・放水機能※】 ④ 非津波時の取水機能が確保できること（補機冷却海水ポンプの取水機能維持）。 ⑤ 非津波時の放水機能が確保できること（放水立坑から溢水しないこと，補機冷却海水ポンプの放水機能維持）。 ※ 通水性の確保を前提とする。 （２）開口径の設定に関する留意点 ① 基準津波による水位の上昇高さが施設高さ以下となる，十分な抵抗（損失）が得られる開口径であること（水位上昇側の観点）。 ② 流路縮小工設置に伴う抵抗（損失）の増加が，津波時及び非津波時の取水機能（補機冷却海水ポンプの機能保持）に影響を及ぼさない開口径とすること（水位下降側の観点）。 ③ 非津波時の放水機能が確保できる開口径を有していること。		・資料構成の相違 島根２号炉では，後述する参考２において，角落とし付近にて開口率を３割とすることで溢水防止対策の成立性の見通しが確認できたことを示している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

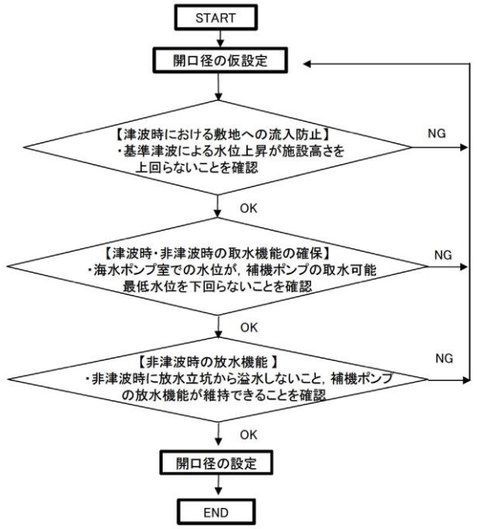


図１　開口径の設定の流れ

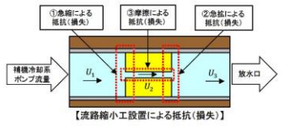


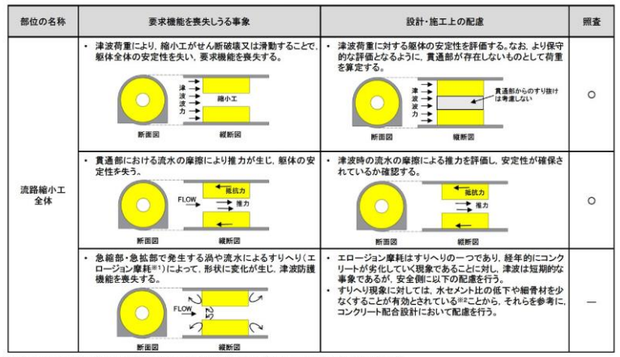
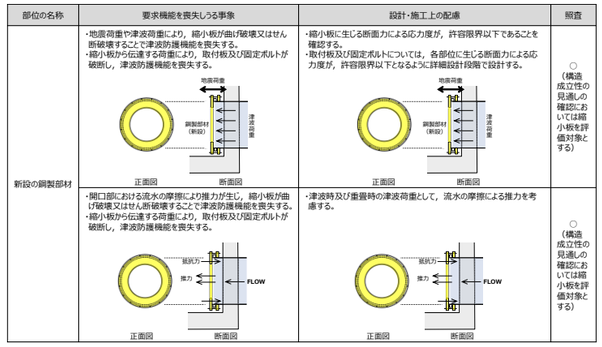
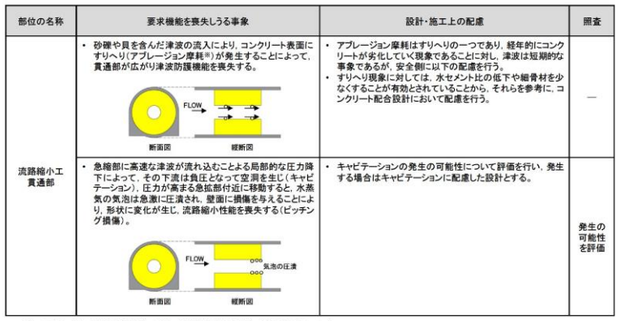
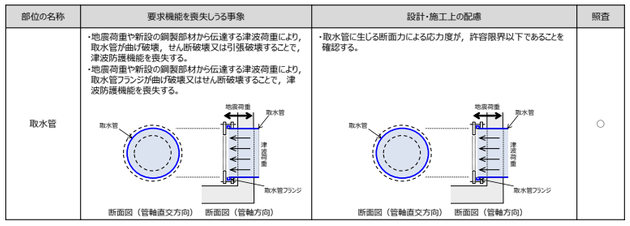
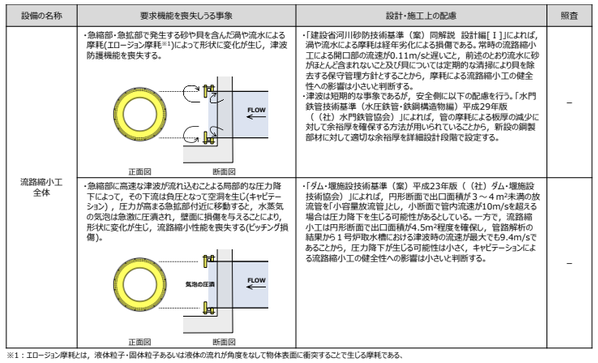
図２　流路縮小工設置による抵抗
（損失）の概念図

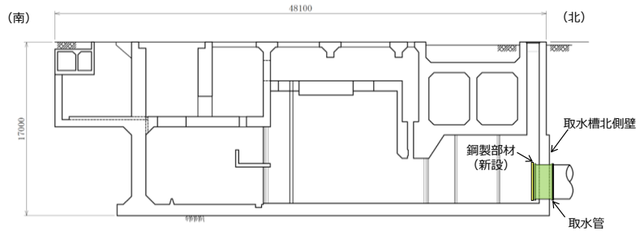
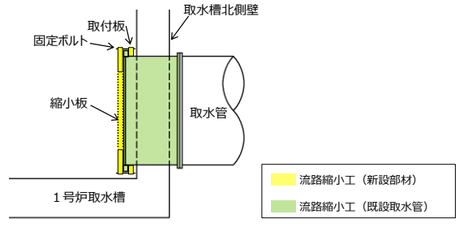
表１　開口径の大小による機能への影響

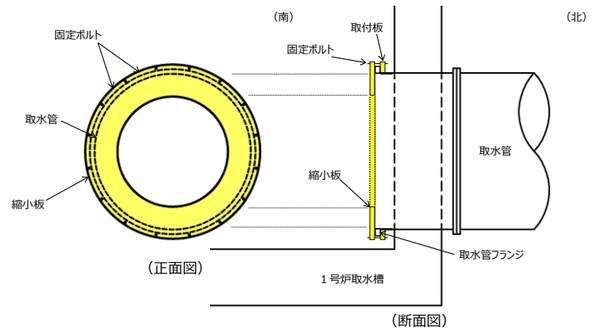
機能	開口径を大きくした場合	開口径を小さくした場合
敷地への津波の流入防止	抵抗（損失）減少： 水位上昇	抵抗（損失）増加： 水位上昇を抑制
取水機能	抵抗（損失）減少： 水位上昇（海水ポンプ室）	抵抗（損失）増加： 水位下降（海水ポンプ室）
放水機能	抵抗（損失）減少： 水位上昇を抑制（放水立坑）	抵抗（損失）増加： 水位上昇（放水立坑）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	参考３ 流路縮小工の津波時の流速による構造成立性 津波時流速が作用した場合において，構造成立性に関する既往知見について整理するとともに，それを踏まえ流路縮小工の各部位が損傷し要求機能を喪失しうる事象（例えば，津波による作用水圧や貫通部の高流速により躯体安定性が確保できない，すりへりや負圧により損傷する）を抽出し，これらの損傷モードの発生可能性を評価する。これを踏まえ，構造成立性を示す。 （１）構造成立性に関する既往知見の整理 流路縮小工の各部位が損傷し要求機能を喪失しうる事象の抽出にあたり，既往知見を整理した結果を以下に示す。 ・ 流路縮小工は，補機冷却海水ポンプ流量の通水が可能な貫通部を確保しつつ，断面をコンクリートで閉塞する構造である。「土地改良事業計画設計基準 設計[ダム] 技術書[コンクリートダム編]（H15.4，農林水産省）」によれば，作用水圧に対して閉塞工がせん断破壊，滑動，円板としての曲げに対する安定性の観点から，必要閉塞工長を設定することとされている。また，同様に「多目的ダムの建設－平成１７年版 第６巻 施工編（（財）ダム技術センター）」では，作用水圧に対して確実な止水を行うため，プラグ※そのものが水圧によって破壊しないこと，プラグが抜けないことが求められるとしている。 ※ プラグとは，水路トンネルを閉塞するコンクリートのことである。 ・ 津波時には，流路縮小工貫通部を高流速の津波が通過する。	参考１ １号炉取水槽流路縮小工の構造成立性 １号炉取水槽流路縮小工（以下，「流路縮小工」と記す）は津波防護施設であることから，基準地震動Ｓｓによる地震荷重や基準津波による津波荷重に対し，構成する部材がおおむね弾性域内に収まるよう設計する。 ここでは，地震荷重や流水圧等の津波荷重により流路縮小工を構成する部材が曲げやせん断等により損傷する以外に，津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見について整理するとともに，それを踏まえ，流路縮小工の各部位が損傷して要求機能を喪失しうる事象（例えば，津波による作用水圧や縮小部の流速により躯体安定性が確保できない等）を整理する。これらの損傷モードの発生可能性を評価し，設計・施工上の配慮事項を整理した上で，構造成立性を示す。 （１）津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見の整理 流路縮小工の各部位が損傷して要求機能を喪失しうる事象の抽出にあたり，津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見を整理した結果を以下に示す。 ・津波時には，流路縮小工による開口部を高流速の津波が通	・対象施設の相違 ①の相違 ・資料構成の相違 島根２号炉の流路縮小工では，地震荷重や津波荷重に対する設計方針や構造成立性の見通しについて，津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する知見も踏まえて示している（以下，③の相違） ・資料構成の相違 ③の相違 ・対象施設の相違 ①の相違 ・対象施設の相違 ①の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	「水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）平成29 年版（（社）水門鉄管協会）」によれば，水圧鉄管の固定台（アンカーブロック）の設計において，考慮すべき外力として，管の重量（管傾斜による推力）や湾曲部に作用する遠心力等に加え，管内流水の摩擦による推力が挙げられる。	過する。「水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）平成 29 年版（（社）水門鉄管協会）」によれば，水圧鉄管の固定台（アンカーブロック）の設計において，考慮すべき外力として，管の重量（管傾斜による推力）や湾曲部に作用する遠心力等に加え，管内流水の摩擦による推力が挙げられる。	
	・ 津波時には，流路縮小工貫通部を高流速の津波が通過する。「建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編［Ｉ］」によれば，ダムの放水設備について，流水に接する構造物の表面は，流水による洗堀や摩耗の軽減に配慮して設計するとともに，流速が大きい場合には，流水やキャビテーションによる摩耗や浸食の対策を考える必要があり，施工上生じたコンクリート面の不整や段差がキャビテーションの原因となることも予想されるとしている。	・津波時には，流路縮小工による開口部を高流速の津波が通過する。「建設省河川砂防技術基準（案）同解説　設計編［Ｉ］」によれば，ダムの放水設備について，流水に接する構造物の表面は，流水による洗掘や摩耗の軽減に配慮して設計するとともに，流速が大きい場合には，渦や流水による摩耗や浸食の対策を考える必要があるとしている。島根２号炉の津波時に流入する海水については，参考資料に示すとおり，輪谷湾の底質は岩及び砂礫で構成されており，島根２号炉の基準津波における砂移動の検討結果から取水口及び取水槽付近の砂の最大堆積厚さが小さく，砂の流入は少ないことから，海水に含まれる砂等による影響は小さいと判断する。	・対象施設の相違 ①の相違 ・対象施設の相違 ①　相違
	・ 津波時には，流路縮小工前後及び貫通部に砂礫を含んだ海水の流れが生じる。「コンクリート診断技術［基礎編］’19 日本コンクリート工学会」によれば，ダムや水路などの水路構造物は，流水に砂礫を含むとすりへりによる損傷が増大するとされている。		・対象施設の相違 ①の相違
	・ 流路縮小工は，流路断面が縮小されることから，流路縮小工前面と貫通部の間で津波流速の変化が生じる。「コンクリート診断技術［基礎編］’19 日本コンクリート工学会」によれば，凹凸や急激な屈曲をもつコンクリート表面に沿って高速の水が流れる場合などに局部的な圧力低下が加わると，その下流は負圧となって空洞を生じ，水の流れが圧力の高いところに移動すると水蒸気の気泡は急激に圧潰され壁面に大きな衝撃を与えて，ピッチング損傷を与えるとされている。	・流路縮小工は，流路断面が縮小されることから，流路縮小工前面と流路縮小工による開口部の間で津波流速の変化が生じる。「ダム・堰施設技術基準（案）平成 23 年版（(社)ダム・堰施設技術協会)」によれば，高流速の水が流れる放流管内では，管路の湾曲や壁面の凹凸によって局所的に圧力降下が生じ，その下流は負圧となって空洞を生じ，水の流れが圧力の高いところに移動すると水蒸気の気泡は急激に圧潰され壁面に著しい損傷を与えるとしている。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	（２）要求機能を喪失しうる事象の抽出 前述を踏まえ，流路縮小工各部位が損傷し要求機能を喪失しうる事象を抽出し，これに対する設計・施工上の配慮を整理した。表１及び表２に整理結果を示す。	（２）要求機能を喪失しうる事象の抽出 前述を踏まえ，流路縮小工各部位が損傷により要求機能を喪失しうる事象を抽出し，これに対する設計・施工上の配慮を整理した。表１～表３に整理結果を示す。	・対象施設の相違 ①の相違
	表１　津波時の流速により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項（流路縮小工全体）  ※1　エロージョン摩耗とは，液体粒子・固体粒子あるいは液体の流れが角度をなしてコンクリートに衝突することで生じる摩耗である。 ※2　土地改良事業計画設計基準及び運用・解説（平成20年3月）農林水産省農村振興局整備設計課監修，本書では，「水セメント比を小さくしたσck＝50N/mm²程度の富配合コンクリートで耐摩耗性，耐衝撃性とも優れている。細骨材は少なくすることによって更に効果がある」とされている。	表１　地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項（新設の鋼製部材） 	
	表２　津波時の流速により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項（流路縮小工貫通部）  ※　アブレージョン摩耗とは砂等がコンクリート表面を転がったり滑ったりすることで，コンクリートを損失させる摩耗である。 すりへりの原因として砂礫等によるアブレージョン摩耗が想定され三段階で進行する。 ①コンクリート表面に近いモルタル層がすりへる。②モルタル層がすりへった後，粗骨材が露出し粗骨材自体がすりへる。③粗骨材が剥離する。	表２　地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項（取水管） 	・対象施設の相違 ①の相違
		表３　津波時流速により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項（流路縮小工全体）  ※1：エロージョン摩耗とは，液体粒子・固体粒子あるいは液体の流れが角度をなして物体表面に衝突することで生じる摩耗である。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	（３）流路縮小工全体の構造成立性 津波時における流路縮小工全体の構造成立性について，国や地方自治体等のダムの水路閉塞において，多数の実績を有する「土地改良事業計画設計基準 設計[ダム] 技術書[コンクリートダム編]（H15.4，農林水産省）」の評価手法（次頁に示す）に基づき，評価を行った。 同基準によれば，打設面のせん断強さからの必要閉塞長さ，滑動に対する必要閉塞長さ，周辺が固定の円板としての必要閉塞長さの３つの観点から，これを全て満足するように，必要閉塞長を算定することとされている。 評価の結果，以下のとおり，流路縮小工は，津波時に作用する外力に対して十分な安定性を有していることを確認した。	（３）流路縮小工全体の構造成立性の見通しの確認 ａ．概要及び評価方針 流路縮小工全体の構造成立性の見通しについて以下に示す。 流路縮小工は，津波防護施設であり，津波時及び地震時において開口面積を確保する必要があるため，部材が降伏しないことが求められる。流路縮小工は開口率５割程度とした縮小板，取付板及び固定ボルトで構成する鋼製部材を取水管端部に設置し，取水管は取水槽北側壁を貫通して設置していることから，取水槽北側壁が間接支持部材となり，部材が終局状態に至らないことが求められる。 なお，流路縮小工は鋼材で構成することから，部材の許容限界は「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（(社）日本建築学会，2005 改定)」に基づき設定し，取水槽北側壁は鉄筋コンクリート部材で構成されていることから，部材の許容限界は「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005)」に基づき設定する。 以上のことから，構造成立性の見通しの確認における，各部位に必要な性能に係る許容限界は，表４に示すとおり設定する。  縦断図  流路縮小工拡大イメージ図 図１　流路縮小工及び流路縮小工を間接支持する部材	・資料構成の相違 ③の相違（島根２号炉の（３）章における相違理由は，以下，同様）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		表４　構造成立性の見通しの確認における要求機能に応じた許容限界 <table><tr><th rowspan="2">評価対象設備（部位）</th><th rowspan="2">要求性能に対する目標性能</th><th colspan="3">許容限界</th><th rowspan="2">適用基準</th></tr><tr><th>曲げ</th><th>せん断</th><th>引張</th></tr><tr><td>流路縮小工（縮小板）</td><td>部材が降伏しない</td><td>許容応力度</td><td>許容応力度</td><td>－</td><td>鋼構造設計規準</td></tr><tr><td>流路縮小工（取水管）</td><td>部材が降伏しない</td><td>許容応力度</td><td>許容応力度</td><td>許容応力度</td><td>鋼構造設計規準</td></tr></table> ｂ．縮小板のモデル化方針 流路縮小工の縮小板は，図２に示すとおり，取水管端部のフランジを挟んで取付板とボルト接合し，鋼製部材が地震荷重や津波荷重により一体的に応答するモードとなることから，有孔円の固定板としてモデル化する。  図２　縮小板のモデル化方針 ｃ．荷重組合せ 流路縮小工の設計においては，以下のとおり，常時荷重，地震荷重及び津波荷重を適切に組合せて設計を行う。 ①地震時：常時荷重＋地震荷重 ②津波時：常時荷重＋津波荷重 ③重畳時：常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 また，設計に当たっては，その他自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料20参照）。	
	ａ．荷重条件 津波時荷重として，津波時の静水圧※１，流水圧※２，及び流水の摩擦による推力※３を考慮する。 ※１　取放水口前面の最大津波水位から算定（取水口前面：0.P.+20.78m，放水路前面：　0.P.+20.02m ）。 ※２　「漂流物対策施設設計ガイドライン（H26.3 沿岸	ｄ．荷重条件 流路縮小工の設計において考慮する荷重は，以下のように設定する。 （ａ）常時荷重 自重を考慮する。 （ｂ）地震荷重	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	技術センター・寒地港湾技術研究センター）」及び「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会）」に基づく評価式により算定。津波時流速は，管路解析による流路縮小工前面及び背面の最大流速に基づき保守的に10m/s と設定（取水路2.7m/s，放水路6.5m/s）（満管時のみを対象） ※３ 貫通部内の津波時流速によって貫通部に生じる摩擦による推力を水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）平成29 年版（（社）水門鉄管協会）に基づく評価式により算定。津波時流速は，管路解析による流路縮小工貫通部の最大流速に基づき保守的に20m/s と設定（取水路13.0m/s，放水路14.3m/s）（満管時のみを対象）	基準地震動Ｓｓを考慮する。なお，構造成立性の見通しの確認においては，取水槽底版の水平方向１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを用いる。 （ｃ）津波荷重 津波時の静水圧，流水圧及び流水の摩擦による推力を考慮する。 静水圧は，津波時及び重畳時において，以下の管路計算により算定された流路縮小工の上流側と下流側の水位差から算定し，上流側と下流側の水位差が最大となる時の水位差から求める。なお，重畳時は管路計算における流路縮小工上流側の水位が最大となる時の水位差からも算定する。 ・津波時（対象：日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波１，２，３，５，及び６）） 流路縮小工上流側ＥＬ．＋7.51m，流路縮小工下流側ＥＬ．－0.75m ・重畳時（対象：海域活断層から想定される地震による津波（基準津波４）） 流路縮小工上流側ＥＬ．＋1.64m，流路縮小工下流側ＥＬ．＋1.63m 流水圧は，流路縮小工が水中の部材で構成されることから，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会）」に基づく評価式により算定する。なお，津波の流速は，管路計算による流路縮小工地点の最大流速に基づき保守的に，津波時は 9.5m/s，重畳時は 5.5m/s と設定する。 流水の摩擦による推力は，「水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）平成 29 年版（(社）水門鉄管協会)」に基づく評価式により算定する。 （ｄ）余震荷重 海域活断層から想定される地震による津波荷重に組み合わせる余震荷重として，弾性設計用地震動Ｓｄによる荷重を設定する（添付資料 22 参照)。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

b．評価結果

評価結果を表３に示す。また，津波時の荷重作用イメージを図１に示す。

なお，評価式の概要を「c．評価式」に，評価結果の詳細を「d．算定結果」に示す。

表３ 評価結果

STEP	項目	取水路	放水路
①荷重算定※	P1：静水圧（津波水位）	267.9kN/m²	265.5kN/m²
	P2：流水圧（縮小工全面に作用する流体力）	103.5kN/m²	103.5kN/m²
	P3：推力（貫通部の流水の摩擦により生じる推力）	21.4kN/m²	77.3kN/m²
②必要長算定	L1：打設面のせん断強さからの必要閉塞長さ	0.66m	0.95m
	L2：滑動に対する必要閉塞長さ	0.66m	0.95m
	L3：周辺が固定の円板としての必要閉塞長さ	2.19m	3.26m
	（A）必要長（MAX(L1,L2,L3)）	2.19m	3.26m
③判定	（B）流路縮小工の長さL	3.50m	5.00m
	（B）＞（A）・・・OK	OK	OK

※ P1,P2 の算定にあたっては，流路縮小工には貫通部があるが，表１の設計・施工上の配慮に示すとおり，保守的に開口が無いものとみなし，縮小工全体に荷重が作用することとして評価する（P3 については貫通部のみに作用）。また，縮小工の敷地側には内水がないものとして評価する。

e．評価方法

（a）地震時

地震時の検討では，基準地震動Ｓｓに対する地震応答解析を実施し，部材の発生応力度が許容限界を超えないことを確認する。

地震時の縮小板に作用する水平方向荷重イメージは図３に示すとおりであり，動水圧は以下の Westergaard 式から算定する。

・動水圧（Westergaard 式）

（Westergaard 式）

$$p_w = \frac{7}{8} \times c \times \gamma_w \times \sqrt{(h \times y)} \times Kh$$

ここに，

p_w　：動水圧(tf/m²)

Kh　：水平震度

c　：補正係数

L/h＜1.5 の場合：c=L/(1.5h)

L/h≧1.5 の場合：c=1.0

L　：水路幅(m)

γ_w　：内水の単位体積重量(tf/m³)

h　：水深(m)

y　：水面から動水圧を求める点までの深さ(m)

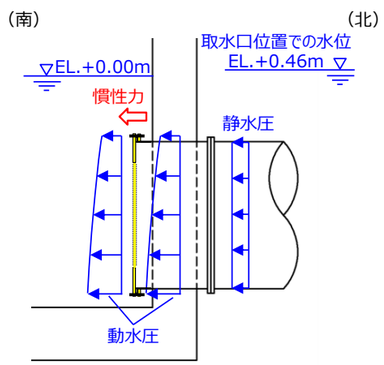
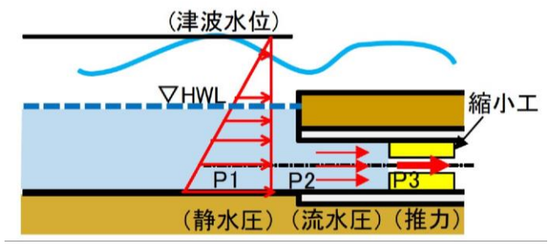
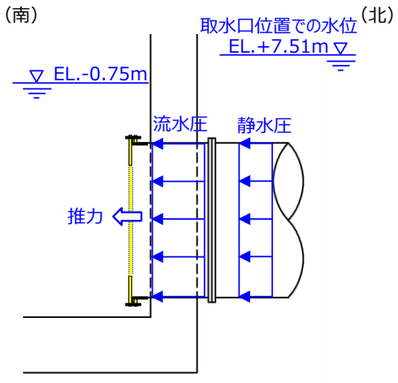


図３　地震時の流路縮小工の縮小板に作用する水平方向荷重イメージ

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（ｂ）津波時 津波時の検討では，入力津波による津波荷重を作用させ，部材の発生応力度が許容限界を超えないことを確認する。 津波時の縮小板に作用する水平方向荷重イメージは図４に示すとおりであり，流水圧及び流水の摩擦による推力は下式から算定する。 ・流体力 $F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_0 A U^2$ F_D：流体力(kN)，C_D：抗力係数（保守的に最大値 2.01 とする） ρ_0：水の密度（海水 $1.03t/m^3$） A：流れの方向の物体の投影面積（m^2），U：流速（m/s） ・推力 $P = \frac{2fQ^2}{g\pi D^3} L$ P：流水の摩擦による推力（kN） f：流水の摩擦抵抗係数　(=0.2D$^{-1/3}$) L：貫通部長さ（m），Q：流量（m^3/s），D：貫通部直径（m）	
	 図１　津波時の荷重作用イメージ※ ※ P1,P2 の算定にあたっては，流路縮小工には貫通部があるが，表１の設計・施工上の配慮に示すとおり，保守的に開口が無いものとみなし，縮小工全体に荷重が作用することとして評価する（P3 については貫通部のみに作用）。また，縮小工の敷地側には内水がないものとして評価する。	 図４　津波時の流路縮小工の縮小板に作用する水平方向荷重イメージ	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

（ｃ）重畳時

重畳時の検討では，余震荷重及び津波荷重を作用させ，部材の発生応力度が許容限界を超えないことを確認する。

重畳時の縮小板に作用する水平方向荷重イメージは図５に示すとおりであり，構造成立性の見通しの確認では，流路縮小工に作用する荷重が大きい，管路計算による流路縮小工上流側の水位が最大となる時の静水圧及び動水圧を考慮する。

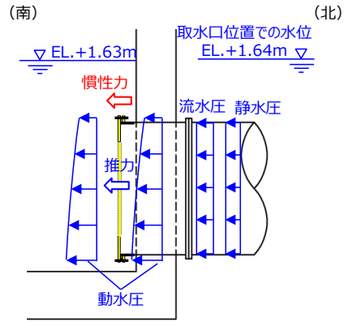


図５　重畳時の流路縮小工の縮小板に作用する水平方向荷重イメージ

（ｄ）作用荷重を踏まえた構造成立性の見通しの確認における検討ケースの絞り込み

流路縮小工の縮小板に作用する地震時，津波時及び重畳時の荷重について，水平方向の荷重を比較すると，表５に示すとおり，津波時の作用荷重が大きいことから，構造成立性の見通しの確認においては，津波時について評価を行うとともに，南北方向を評価対象断面に設定する。

表５　地震時，津波時及び重畳時における流路縮小工の縮小板に作用する水平方向荷重比較

流路縮小工縮小板概算重量	地震時					津波時			重畳時						荷重評価
	設計震度	荷重内訳			荷重合計	荷重内訳		荷重合計	設計震度	荷重内訳				荷重合計	
		水平慣性力	動水圧	静水圧		静水圧	流水圧※			水平慣性力	動水圧	静水圧	流水圧※		
25kN	Kh=0.71	18 kN	634 kN	34 kN	686 kN	609 kN	682 kN	1291 kN	Kh=0.36	9 kN	391 kN	1 kN	229 kN	630 kN	重畳時＜地震時＜津波時

※流水の摩擦による揚力は，津波時で0.06kN，重畳時で0.02kNであり，流水圧等に比べて十分小さいことから，流水圧に含めて整理した。

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

c．評価式

評価式を以下に示す。

(a)　安定性の確保のために必要な長さ

・せん断に対する安定性から求まる必要長さＬ１

a　打設面のせん断強さからの必要閉塞長 L（図-11.5-2）

$$L=\alpha\frac{P\cdot A}{\tau\cdot L_a} \quad \cdots\cdots (11.5\text{-}1)$$

ここに P：水圧（kPa）
A：水圧を受ける断面積（m²）
τ：コンクリートと岩盤との接触面のせん断強さ（kN/m²）
L_a：付着の周長（m）
α：安全率（4以上）

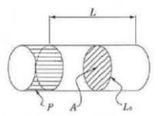


図-11.5-2　プラグ部のせん断強さ

「土地改良事業計画設計基準　設計[ダム]　技術書[コンクリートダム編]（H15.4，農林水産省）」
「11.5　閉塞工の設計」より抜粋（一部加筆）

・滑動に対する安定性から求まる必要長さＬ２

b　滑動に対する必要閉塞長 L

プラグコンクリートに作用する水圧（H）に対して、プラグコンクリートと周辺コンクリート壁の間の付着力とプラグコンクリートの自重による摩擦力が抵抗して安定する。

$$L=n\cdot\frac{H}{CA'+fN} \quad \cdots\cdots (11.5\text{-}2)$$

ここに、L：必要閉塞長（m）
n：せん断摩擦安全率4以上
H：作用水圧　$H=P\cdot A$
P：水圧（kPa）
A：水圧を受ける面積　$A=\frac{\pi D^2}{4}$（m²）
D：プラグコンクリート直径（m）
C：付着力（kN/m²）
A'：プラグコンクリートが周辺コンクリート壁と接する全面積（m²）
$A'=L_a\cdot L$
L_a：プラグコンクリートが周辺コンクリート壁と接する周長（m）
f：岩盤のせん断抵抗係数＝$\tan\phi'$
N：プラグコンクリートが周辺コンクリート壁に接する面に作用する鉛直な力（kN）

ここで N はプラグの自重によって生じプラグ下半断面に作用する。
図-11.5-3に示すようにプラグコンクリート最下端より中心角 θ の壁面に作用する鉛直応力成分（σ）は、

$$\sigma=\frac{W}{D}\cos^2\theta$$

$$N=2L\int_0^{\pi/2}\sigma\,d\theta=\frac{\pi LW}{2D}$$

$$\therefore fN=f\frac{\pi LW}{2D}$$

ただし、W：単位長さ当たりプラグコンクリート重量（N/m）
よって、全抵抗力は、

$$CA'+f\cdot N=L\left(C\cdot\pi\cdot D+f\cdot\frac{\pi W}{2D}\right)$$

$$\therefore L=n\frac{H}{C\cdot\pi\cdot D+f\cdot\frac{\pi W}{2D}}$$

$$=n\cdot\frac{H}{\pi}\cdot\frac{2D}{2CD^2+fW} \quad \cdots\cdots (11.5\text{-}3)$$

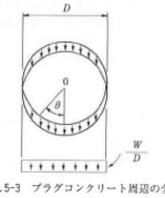


図-11.5-3　プラグコンクリート周辺の全抵抗力

「土地改良事業計画設計基準　設計[ダム]　技術書[コンクリートダム編]（H15.4，農林水産省）」
「11.5　閉塞工の設計」より抜粋（一部加筆）

f．評価式

評価式を以下に示す。

（a）流路縮小工（縮小板）

・曲げに対する評価式

縮小板に生じる曲げ応力度を下式から算定し，表６に示す鋼材の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma=\frac{M}{Z}$$

ここに，　σ：曲げ応力度
M：曲げモーメント
Z：断面係数

表６　曲げに対する短期許容応力度

使用材料	短期許容応力度（N/mm²）
	曲げ
SS400（板厚t≦40mm）	235

・せん断に対する評価式

縮小板に生じるせん断応力度を下式から算定し，表７に示す短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\tau=\frac{Q}{A}$$

ここに，　τ：せん断応力度
Q：せん断力
A：断面積

表７　せん断に対する短期許容応力度

使用材料	短期許容応力度（N/mm²）
	せん断
SS400（板厚t≦40mm）	135

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

・曲げに対する安定性から求まる必要長さＬ３

c　周辺が固定の円板としての必要閉塞長 L（図-11.5-4）

ここに、a：閉塞部半径

M_r：円周方向モーメント

M_t：半径方向モーメント

等分布荷重載荷の周辺固定の円形板とすれば、

$$M_r=\frac{P^2}{16}\left[(3+\nu)\left\{1-\left(\frac{r}{a}\right)^2\right\}-2\right]$$

$$M_t=\frac{P^2}{16}\left[(1+3\nu)\left\{1-\left(\frac{r}{a}\right)^2\right\}-2\nu\right]$$

ここに、ν：コンクリートのポアソン比 $\frac{1}{m}=0.2$

したがって周辺においては、

$$M_r=\frac{P^2}{8},\quad M_t=M_r\cdot\nu$$

ここで、円周方向のモーメントについて検討するとコンクリート板の断面係数は

$$W=\frac{bL^2}{6}$$

したがって $\sigma=\frac{3}{4}\cdot\frac{P^2}{bL^2}$

ここに、b：単位幅（m）

L：コンクリート板の厚（m）

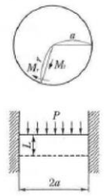


図-11.5-4　周辺固定円盤の必要閉塞長

コンクリートの許容曲げ引張強度を σ' とすれば、必要閉塞長 L は、

$$L=\alpha\frac{a}{2}\sqrt{\frac{3P}{\sigma'}} \quad \cdots\cdots (11.5\text{-}4)$$

ここに、α：安全率

「土地改良事業計画設計基準　設計[ダム]　技術書[コンクリートダム編]（H15.4，農林水産省）」

「11.5　閉塞工の設計」より抜粋（一部加筆）

（b）　作用水圧の算定

・流水圧

$$F_D=\frac{1}{2}C_D\rho_0 AU^2$$

F_D：流体力(kN)，C_D：抗力係数（保守的に最大値 2.01 とする）

ρ_0：水の密度（海水 $1.03t/m^3$）

A：流れの方向の物体の投影面積（m^2），U：流速（m/s）

・推力

$$P=\frac{2fQ^2}{g\pi D^3}L$$

P：流水の摩擦による推力（kN）

f：流水の摩擦抵抗係数（コンクリートの場合 $0.3/D^{1/3}$）

L：貫通部長さ（m），Q：流量（m^3/s），D：貫通部直径（m）

（ｂ）流路縮小工（取水管）

・引張に対する評価式

取水管に生じる引張応力度を下式から算定し，表８に示す短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_t=\frac{T}{A}$$

ここに，　σ_t：引張応力度

Ｔ：引張力

Ａ：断面積

表８　引張に対する短期許容応力度

使用材料	短期許容応力度 (N/mm²)
	引張
SS400（板厚t≦40mm）	235

ｇ．評価結果

評価結果を表９に示す。

流路縮小工は，地震荷重より大きい津波荷重に対して十分な安定性を有しており，構造成立性の見通しがあることを確認した。

なお，本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であることから，正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。

表９　流路縮小工に関する評価結果（津波時）

評価対象部位	仕様（案）	照査結果				
		照査項目	最大発生値 (N/mm²)	許容値 (N/mm²)	照査値（発生値）/（許容値）	判定 (照査値<1.00)
縮小板	SS400 (板厚 t=40mm)	曲げ	137	235	0.59	OK
		せん断	3	135	0.03	OK
取水管	SS400 (板厚 t=24mm)	引張	5	235	0.03	OK

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

（c）　評価に用いる物性値

分類	せん断強度（τ，C）	内部摩擦角（φ）	許容曲げ引張応力度（σ’）
岩盤（CH級）	1.58N/mm² ※1 (1,580kN/m²)	43° ※1	－
コンクリート	3.23N/mm² ※2 (3,230kN/m²)	0° ※3	0.37N/mm² ※4 (375kN/m²)

※1 解析用物性値（狐崎部層のCH級岩盤（砂岩，頁岩，ひん岩）の最小値を採用）
※2 コンクリート標準示方書（ダムコンクリート編 2013）の記載を参考に設定
（τ=1/5×fck’/γ，ここでfck’=21N/mm²（既設覆工コンクリート），γ=1.3）
※3 保守的に考慮しないこととする
※4 コンクリート標準示方書（構造性能照査編 2002，設計編 2012）に基づき設定
（σ’=1/7×ftk×1.5，ここでftk=0.23×fck’$^{2/3}$ N/mm²）

d. 算定結果

評価結果を以下に示す。

なお，L1 及びL2 の算定にあたっては，縮小工と既設覆工コンクリート間でのせん断を想定した場合に加え，既設覆工コンクリートと周辺岩盤間でのせん断を想定した場合の2 ケースで算定し，必要長が大きい方の算定結果を採用する。

（a）　Ｌ１の算定結果

①　縮小工と既設覆工コンクリート間でのせん断を想定した場合

（取水路）

$$L1 = \alpha\frac{P\cdot A}{\tau\cdot L_0} = \alpha\frac{P_1\cdot A_1 + P_2\cdot A_1 + P_3\cdot A_2}{\tau\cdot L_0}$$

$$= 4\times\frac{267.9\times 8.55 + 103.5\times 8.55 + 21.4\times 0.79}{3{,}230\times 10.37} = 0.38m$$

ここに，A_1：縮小工の断面積

$$= \frac{\pi\times {D_1}^2}{4} = \frac{\pi\times 3.3^2}{4} = 8.55m^2 \quad ※貫通部は非考慮$$

A_2：貫通部の断面積

$$= \frac{\pi\times {D_2}^2}{4} = \frac{\pi\times 1.0^2}{4} = 0.79m^2$$

$\tau = 3{,}230kN/m^2$（コンクリート）

$L_0 = \pi\times D_1 = \pi\times 3.3 = 10.37m$

（D_1：縮小工直径$3.3m$，D_2：貫通部直径$1.0m$）

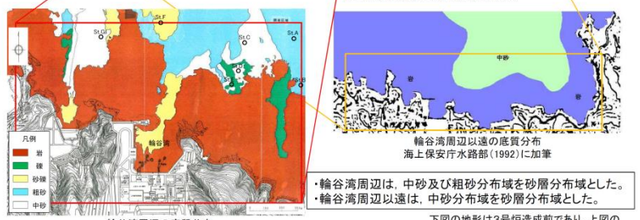
（参考１）基準津波に伴う取水槽及び取水口周辺の砂移動評価

参考に，島根２号炉における基準津波に伴う取水槽及び取水口周辺の砂移動評価について以下に示す。

・砂移動解析領域における初期砂層分布は，輪谷湾周辺は当社による底質調査結果，輪谷湾周辺以遠は海上保安庁水路部(1992)[8]による底質調査結果を参照し設定した。



砂移動解析領域における初期砂層分布



輪谷湾周辺の底質分布

輪谷湾周辺以遠の底質分布
海上保安庁水路部(1992)に加筆

・輪谷湾周辺は，中砂及び粗砂分布域を砂層分布域とした。
・輪谷湾周辺以遠は，中砂分布域を砂層分布域とした。

下図の地形は3号炉造成前であり，上図の現在の地形とは土地形状が異なる。

・基準津波を評価対象として，砂移動の数値シミュレーションを実施した結果のうち，取水口位置における最大堆積厚さを下表に示す。

基準津波	波源	防波堤の有無	砂移動モデル	浮遊砂上限濃度	取水口堆積層厚さ(m)※1 2号炉取水口（東）	2号炉取水口（西）	評価結果図 堆積深さ分布図等	時刻歴波形
基準津波1	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討（鳥取県(2012)）	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P9	P25
				5%	0.00	0.00	P9	P26
			高橋ほか(1999)	1%	0.02[0.020]	0.02[0.011]	P10	P27
		無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P11	P28
				5%	0.00	0.00	P11	P29
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P12	P30
基準津波2	地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ350km）	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P13	P31
				5%	0.00	0.00	P13	P32
			高橋ほか(1999)	1%	0.01	0.00	P14	P33
基準津波3	地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ350km）	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P15	P34
				5%	0.00	0.00	P15	P35
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P16	P36
基準津波4	土木学会に基づく検討（F-Ⅱ～F-Ⅴ断層）	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P17	P37
				5%	0.00	0.00	P17	P38
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P18	P39
		無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P19	P40
				5%	0.00	0.00	P19	P41
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P20	P42
基準津波5	地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ350km）	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P21	P43
				5%	0.00	0.00	P21	P44
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P22	P45
基準津波6	地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ350km）	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P23	P46
				5%	0.00	0.00	P23	P47
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P24	P48

※1 計算結果は小数第3位で切り上げて示す。

・取水口位置における最大堆積厚さは，基準津波1での高橋ほか(1999)の浮遊砂上限濃度1%の2号炉取水口（東）において0.02mであり，海底面から取水口呑口下端までの高さ(5.50m)※2に対して十分に小さく，取水への影響はないことを確認した。

※2 海底面：T.P.-18.00m，取水口呑口下端：T.P.-12.50m

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	（放水路） $L1 = \alpha\frac{P \cdot A}{\tau \cdot L_0} = \alpha\frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{\tau \cdot L_0}$ $= 4 \times \frac{265.5 \times 16.62 + 103.5 \times 16.62 + 77.3 \times 0.20}{3{,}230 \times 14.45} = 0.53m$ ここに，A_1：縮小工の断面積 $= \frac{\pi \times {D_1}^2}{4} = \frac{\pi \times 4.6^2}{4} = 16.62m^2$　※貫通部は非考慮 A_2：貫通部の断面積 $= \frac{\pi \times {D_2}^2}{4} = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.20m^2$ $\tau = 3{,}230kN/m^2$（コンクリートの値を採用） $L_0 = \pi \cdot D_1 = \pi \times 4.6 = 14.45m$ （D_1：縮小工直径 4.6m，D_2：貫通部直径 0.5m）	・基準津波を評価対象として，高橋ほか（1999）の手法に基づき数値シミュレーションを実施し，取水槽における砂の堆積厚さを算定した。  ・取水槽における最大堆積厚さは，基準津波１（水位下降側）で0.02mとなり，取水槽底面から補機海水ポンプ下端までの高さ（0.50m）※2に対して十分に小さく，取水への影響はないことを確認した。 ※2 取水槽底面高さ：T.P.-9.80m，補機海水ポンプ下端：T.P.-9.30m	
	② 既設覆工コンクリートと周辺岩盤間でのせん断を想定した場合 （取水路） $L1 = \alpha\frac{P \cdot A}{\tau \cdot L_0} = \alpha\frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{\tau \cdot L_0}$ $= 4 \times \frac{267.9 \times 8.55 + 103.5 \times 8.55 + 21.4 \times 0.79}{1{,}580 \times 12.25} = 0.66m$ ここに，A_1：縮小工の断面積 $= \frac{\pi \times {D_1}^2}{4} = \frac{\pi \times 3.3^2}{4} = 8.55m^2$　※貫通部は非考慮 A_2：貫通部の断面積 $= \frac{\pi \times {D_2}^2}{4} = \frac{\pi \times 1.0^2}{4} = 0.79m^2$ $\tau = 1{,}580kN/m^2$（強度の小さい岩盤の値を採用） $L_0 = \pi \times D_3 = \pi \times 3.9 = 12.25m$ （D_1：縮小工直径 3.3m，D_2：貫通部直径 1.0m， D_3：既設覆工コンクリート外径 3.9m） （放水路） $L1 = \alpha\frac{P \cdot A}{\tau \cdot L_0} = \alpha\frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{\tau \cdot L_0}$ $= 4 \times \frac{265.5 \times 16.62 + 103.5 \times 16.62 + 77.3 \times 0.20}{1{,}580 \times 16.34} = 0.95m$ ここに，A_1：縮小工の断面積 $= \frac{\pi \times {D_1}^2}{4} = \frac{\pi \times 4.6^2}{4} = 16.62m^2$　※貫通部は非考慮 A_2：貫通部の断面積	（参考２）港湾基準における流水圧の適用性について 流路縮小工に作用する津波による流水圧は，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会）」に基づく評価式により算定する。 同基準によると，「水中又は水面付近の部材及び施設に作用する流れによる力は，流速の 2 乗に比例する力であり，流れの方向に作用する抗力がある」としている。また，「流れによる抗力は，粘性による表面抵抗と圧力による形状抵抗の和として表され，抗力係数は物体の形状，粗度，流れの方向，レイノルズ数などによって異なり，レイノルズ数が 10^3 程度より大きい場合は，物体の形状に応じて 0.2～2.01 の値を標準値として用いることができる」としている。 流路縮小工は水中に設置する構造物であること，管路計算による流路縮小工地点の最大流速発生時における縮小板付近のレイノルズ数が 10^6～10^7 のオーダーであることから，流路縮小工は同基準における流水圧の適用性があると判断する。 なお，流水圧の算定に当たっては，保守的に抗力係数の最大値である 2.01 を採用する。	

波源	上昇側・下降側	防波堤の有無	ポンプ運転状況	砂移動モデル	浮遊砂上限濃度	取水槽における砂の堆積厚さ(m)※1	評価結果図 時刻歴波形
基準津波1	上昇側	有	運転	高橋ほか（1999）	1%	0.02[0.0161]	P53
			停止			0.00	P53
		無	運転			0.01	P54
			停止			0.00	P54
	下降側	有	運転			0.02[0.0162]	P55
			停止			0.00	P55
		無	運転			0.01	P56
			停止			0.00	P56
基準津波2	上昇側	有	運転			0.01	P57
			停止			0.00	P57
基準津波3	下降側	有	運転			0.01	P58
			停止			0.00	P58
基準津波4	下降側	有	運転			0.00	P59
			停止			0.00	P59
		無	運転			0.00	P60
			停止			0.00	P60
基準津波5	上昇側	無	運転			0.00	P61
			停止			0.00	P61
基準津波6	下降側	無	運転			0.00	P62
			停止			0.00	P62

※1 計算結果は小数第3位で切り上げて示す。

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

$$= \frac{\pi \times {D_2}^2}{4} = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.20m^2$$

$\tau = 1{,}580kN/m^2$ *（強度の小さい岩盤の値を採用）*

$L_0 = \pi \cdot D_3 = \pi \times 5.2 = 16.34m$

（D_1：縮小工直径 $4.6m$*，D_2：貫通部直径* $0.5m$*，*

D_3：既設覆工コンクリート外径 $5.2m$*）*

(b)　Ｌ２の算定結果

①　縮小工と既設覆工コンクリート間の滑動を想定した場合

（取水路）

$$L2 = n\frac{P \cdot A}{CA' + fN} = n \times \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{C \cdot \pi \cdot D_1 + \tan\varphi \cdot \frac{\pi \cdot W_1}{2D_1}}$$

$$= 4 \times \frac{267.9 \times 8.55 + 103.5 \times 8.55 + 21.4 \times 0.79}{3{,}230 \times \pi \times 3.3 + 0 \times \frac{\pi \cdot 110.3}{2 \times 3.3}} = 0.38m$$

ここに，A_1：*縮小工の断面積*

$$= \frac{\pi \times {D_1}^2}{4} = \frac{\pi \times 3.3^2}{4} = 8.55m^2$$　*※貫通部は非考慮*

A_2：*貫通部の断面積*

$$= \frac{\pi \times {D_2}^2}{4} = \frac{\pi \times 1.0^2}{4} = 0.79m^2$$

$C = 3{,}230kN/m^2$，$\varphi = 0°$　*（コンクリート）*

W_1：*縮小工の単位長さ当たりの重量*

$= \gamma' \cdot A_1 \cdot 1 = 12.9 \times 8.55 \times 1 = 110.3kN/m$

（D_1：縮小工直径 $3.3m$*，D_2：貫通部直径* $1.0m$*，*

γ'：*コンクリートの水中単位体積重量* $12.9kN/m^3$*）*

（放水路）

$$L2 = n \cdot \frac{P \cdot A}{C \cdot A' + f \cdot N} = n \times \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{C \cdot \pi \cdot D_1 + \tan\varphi \cdot \frac{\pi \cdot W_1}{2D_1}}$$

$$= 4 \times \frac{265.5 \times 16.62 + 103.5 \times 16.62 + 77.3 \times 0.20}{3{,}230 \times \pi \times 4.6 + 0 \times \frac{\pi \cdot 214.4}{2 \times 4.6}} = 0.53m$$

ここに，A_1：*縮小工の断面積*

$$= \frac{\pi \times {D_1}^2}{4} = \frac{\pi \times 4.6^2}{4} = 16.62m^2$$　*※貫通部は非考慮*

A_2：*貫通部の断面積*

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

$$= \frac{\pi \times {D_2}^2}{4} = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.20m^2$$

$C = 3{,}230kN/m^2$，$\varphi = 0°$　*（コンクリート）*

W_1：*縮小工の単位長さ当たりの重量*

$= \gamma' \cdot A_1 \cdot 1 = 12.9 \times 16.62 \times 1 = 214.4kN$

（D_1：*縮小工直径* $4.6m$，D_2：*貫通部直径* $0.5m$，

γ'：*コンクリートの水中単位体積重量* $12.9kN/m^3$*）*

② 既設覆工コンクリートと周辺岩盤間の滑動を想定した場合

（取水路）

$$L2 = n\frac{P \cdot A}{CA' + fN} = n \times \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{C \cdot \pi \cdot D_3 + \tan\varphi \cdot \frac{\pi \cdot W_2}{2D_3}}$$

$$= 4 \times \frac{267.9 \times 8.55 + 103.5 \times 8.55 + 21.4 \times 0.79}{1{,}580 \times \pi \times 3.9 + 0.93 \times \frac{\pi \cdot 154.2}{2 \times 3.9}} = 0.66m$$

ここに，A_1：*縮小工の断面積*

$$= \frac{\pi \times {D_1}^2}{4} = \frac{\pi \times 3.3^2}{4} = 8.55m^2$$　*※貫通部は非考慮*

A_2：*貫通部の断面積*

$$= \frac{\pi \times {D_3}^2}{4} = \frac{\pi \times 1.0^2}{4} = 0.79m^2$$

$C = 1{,}580kN/m^2$，$\varphi = 43°$　*（強度の小さい岩盤の値を採用）*

D_3：*既設覆工コンクリート外径* $3.9m$

W_2：*縮小工と既設覆工の単位長さ当たりの重量*

$= \gamma' \cdot A_3 \cdot 1 = 12.9 \times 11.95 \times 1 = 154.2kN/m$

（D_1：*縮小工直径* $3.3m$，D_2：*貫通部直径* $1.0m$，

γ'：*コンクリートの水中単位体積重量* $12.9kN/m^3$，

A_3：*縮小工＋既設覆工の断面積（貫通部は非考慮）*

$$= \frac{\pi \times {D_2}^2}{4} = \frac{\pi \times 3.9^2}{4} = 11.95m^2$$*）*

（放水路）

$$L2 = n\frac{P \cdot A}{CA' + fN} = n \times \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{C \cdot \pi \cdot D_3 + \tan\varphi \cdot \frac{\pi \cdot W_2}{2D_3}}$$

$$= 4 \times \frac{265.5 \times 16.62 + 103.5 \times 16.62 + 77.3 \times 0.20}{1{,}580 \times \pi \times 5.2 + 0.93 \times \frac{\pi \cdot 274.0}{2 \times 5.2}} = 0.95m$$

ここに，A_1：*縮小工の断面積*

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

$= \dfrac{\pi \times {D_1}^2}{4} = \dfrac{\pi \times 4.6^2}{4} = 16.62m^2$　※貫通部は非考慮

A_2：貫通部の断面積

$= \dfrac{\pi \times {D_2}^2}{4} = \dfrac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.20m^2$

$C = 1{,}580kN/m^2$，$\varphi = 43°$　（強度の小さい岩盤の値を採用）

D_3：既設覆工コンクリート外径 $5.2m$

W_2：縮小工と既設覆工の単位長さ当たりの重量

$= \gamma' \cdot A_3 \cdot 1 = 12.9 \times 21.24 \times 1 = 274.0kN/m$

（γ'：コンクリートの水中単位体積重量

A_3：縮小工＋既設覆工の断面積（貫通部は非考慮）

$= \dfrac{\pi \times {D_2}^2}{4} = \dfrac{\pi \times 5.2^2}{4} = 21.24m^2$）

（D_1：縮小工直径 $4.6m$，D_2：貫通部直径 $0.5m$）

(c)　Ｌ３の算定結果

（取水路）

$$L3 = \alpha\left(\frac{a}{2}\right)\sqrt{\frac{3P}{\sigma'}} = \alpha\left(\frac{a}{2}\right)\sqrt{\frac{3 \cdot (P_1 + P_2 + P_3)}{\sigma'}}$$

$$= 1.5 \times \left(\frac{1.65}{2}\right) \times \sqrt{\frac{3 \times (267.9 + 103.5 + 21.4)}{375}} = 2.19m$$

ここに，$\alpha = 1.5$　（保守的に 1.5 とする）

$a = \dfrac{D_1}{2} = \dfrac{3.3}{2} = 1.65m$　（D_1：縮小工直径 $3.3m$）

$\sigma' = 375kN/m^2$

（放水路）

$$L3 = \alpha\left(\frac{a}{2}\right)\sqrt{\frac{3P}{\sigma'}} = \alpha\left(\frac{a}{2}\right)\sqrt{\frac{3 \cdot (P_1 + P_2 + P_3)}{\sigma'}}$$

$$= 1.5 \times \left(\frac{2.30}{2}\right) \times \sqrt{\frac{3 \times (265.5 + 103.5 + 77.3)}{375}} = 3.26m$$

ここに，$\alpha = 1.5$　（保守的に 1.5 とする）

$a = \dfrac{D_1}{2} = \dfrac{4.6}{2} = 2.30m$　（D_1：縮小工直径 $4.6m$）

$\sigma' = 375kN/m^2$

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表４ 算定結果一覧

算定項目		取水路	放水路
L1：打設面のせん断強さからの必要閉塞長さ	①	0.38m	0.53m
	②	0.66m	0.95m
L2：滑動に対する必要閉塞長さ	①	0.38m	0.53m
	②	0.66m	0.95m
L3：周辺が固定の円板としての必要閉塞長さ		2.19m	3.26m

（①縮小工と既設覆工コンクリート間，②既設覆工コンクリートと周辺岩盤間）

（４）キャビテーションの発生の可能性に関する評価

ａ．キャビテーションに関する知見の整理

「コンクリート診断技術[基礎編]’19 日本コンクリート工学会」では，風化・劣化現象の一つとしてキャビテーションが挙げられ，経年的に劣化していくものとされており，徐々に欠損していく現象である。

「Cavitation Guide for Control Valves，NUREG/CR-6031，Tullis ら」によれば，キャビテーションは段階的に発達し，軽い間欠的なキャビテーションの発生領域を初生キャビテーションとしており，更に発達すると壁面等に損傷を及ぼす初生損傷キャビテーションと定義されている（図２）。

キャビテーションの発生有無は図３により算定されるキャビテーション係数により予測できるとされており※1，２，文献※３によるとキャビテーション現象の発生限界とされる初生キャビテーション係数（σｉ）を1.8 としている。

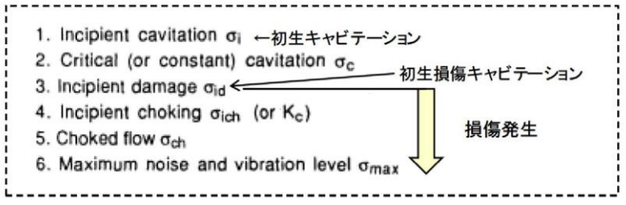


図２ キャビテーションの発達過程（文献※4による，一部加筆）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

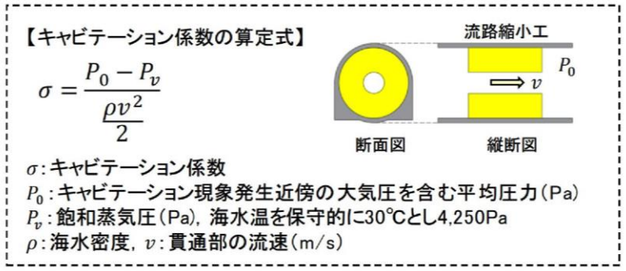


図３ キャビテーション係数の算定式

※１ 「応用水理工学，巻幡ら」
※２ 「水理公式集[昭和60 年版]，土木学会」
※３ 「Hydraulics Engineering， Hunter Rouse」
※４ 「Cavitation Guide for Control Valves，NUREG/CR-6031，Tullis ら」

ｂ．評価方針及び保守性確保の考え方

キャビテーションによる影響は経年的に劣化するものと分類されているが，津波時においても評価を行う。

キャビテーションの発生によって損傷が生じる可能性があるが，ここでは閾値を保守的に初生キャビテーション係数とする。

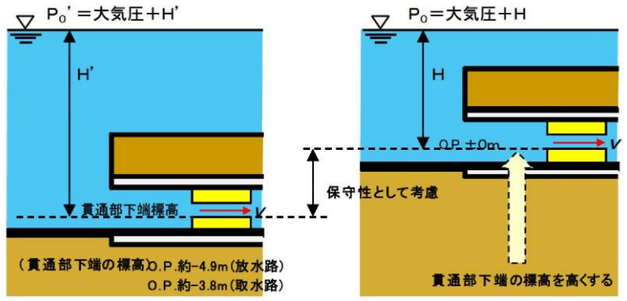
キャビテーション係数の算定においては，キャビテーション現象発生近傍の大気圧を含む平均圧力（P_0）や飽和蒸気圧（Pv）が支配的な要因の一つであることから，これらの不確実性を考慮し，保守的に設定する。

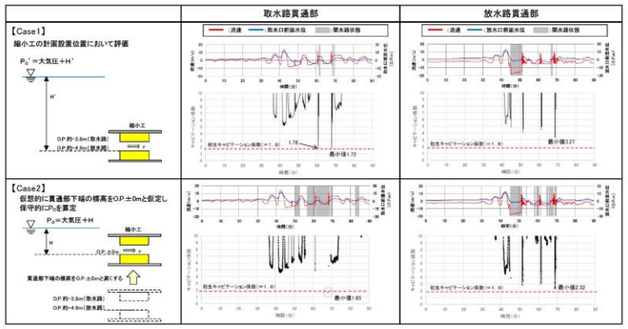
①大気圧を含む平均圧力算定における保守性

P_0は大気圧と貫通部下端からの上流側水深の合算によって算定されることから，図４のとおり貫通部下端の標高を仮想的に0.P.±0ｍと高く設定することにより，相対的に水深を小さくした場合を想定し，保守的にP_0を算定する。

②飽和蒸気圧の設定における保守性

女川海域よりも高い海水温度※として30℃（この場合の飽和蒸気圧4,250Pa）を設定する。

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	※女川３号環境影響調査書によると女川海域の海水温は最高でも22℃である。  図４　平均圧力P_0算定時における保守性の考え方 ｃ．キャビテーションの発生の可能性に関する評価 前述の評価方針に基づき，表５のとおりCase1 は「②飽和蒸気圧の設定における保守性」を考慮し，Case2 は更に「①大気圧を含む平均圧力算定における保守性」を考慮して，貫通部周辺のキャビテーション係数を評価した（満管状態となっている場合の評価）。 この結果，Case1，2 ともに取水路貫通部において初生キャビテーション係数1.8 を下回るものの，継続時間は極めて短時間であることから，キャビテーションにより流路縮小工の形状に変化を生じさせるような損傷は発生しないと考えられる。なお，常時におけるキャビテーション係数は取水路・放水路ともに10 以上であり，キャビテーションは発生しない。 以上のことから，キャビテーションにより流路縮小工の健全性に影響を及ぼさないことを確認した。		

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	表５　取水路貫通部及び放水路貫通部のキャビテーション係数評価結果  	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	参考４ 流路縮小工の設置に伴う放水立坑の水位について，貝付着等の保守的な条件を考慮した場合の２号炉の安全性等への影響 流路縮小工貫通部の貝付着は，プラント停止状態における放水立坑の水位評価に影響を与えることから，貫通部の流速等を踏まえた，貫通部への貝付着の可能性について検討した。 （１）文献調査 坂口ら※は，貝等の付着に影響する流速は，壁面付近での流速であり，平均流速が同一でも管径により壁面付近の流速が異なるため，付着限界流速の検討は，壁面付近の流速を対象としなければならないとしている。 また，図１に示す「発電所海水設備の汚損対策ハンドブック（火力原子力発電協会編）」によれば，流速は貝付着の重要な要因とされている。同ハンドブックでは，実験により，管路の流速と海生生物の付着との関係を調べており，壁面流速が１.0m/s 以上であれば，付着量は極めて少量で実用上はこの程度の流速でほとんど問題は生じないとされ，1.4m/s では付着しなかったとしている。 ※ 海水管内の流速と汚損生物付着との関係，化学工学，47(5)，316-318	参考２ １号炉取水管端部への流路縮小工設置による 入力津波高さ低減効果について １．１号炉取水施設の概要 １号炉取水管端部への流路縮小工の設置に伴い，取水槽内の水位を確認する。１号炉取水施設の平面図，断面図及び管路解析モデルについては添付資料６に示す。 ２．計算条件 計算条件については，添付資料６のとおりとする。 ３．計算結果 １号炉取水管端部への流路縮小工設置を考慮した管路計算の結果，最大の入力津波高さに外郭防護の裕度評価において参照する高さである0.64mを考慮しても，１号炉取水槽の天端高さであるＥＬ．＋8.8mを越えないことを確認した（表１参照）。 また，１号炉取水槽の浸水範囲を図１に，最大水位上昇量を示したケースの時刻歴波形を図２に示す。なお，対策前の取水槽の時刻歴波形を図３に示す。 表１　基準津波による取水槽水位の結果 １号炉取水槽の入力津波高さ　EL.（m） 波源 / 防波堤有無 / 貝付着有無 / 循環水ポンプ運転状況 / 対策後※（取水槽） / （参考）対策前（取水槽） 日本海東縁部 / 基準津波１ / 有り / 有り / 停止 / +6.3 / +7.2 日本海東縁部 / 基準津波１ / 有り / 無し / 停止 / +6.4 / +7.7 日本海東縁部 / 基準津波１ / 無し / 有り / 停止 / +6.8 / +8.2 日本海東縁部 / 基準津波１ / 無し / 無し / 停止 / +7.0 / +9.2 日本海東縁部 / 基準津波２ / 有り / 有り / 停止 / +6.0 / +6.8 日本海東縁部 / 基準津波２ / 有り / 無し / 停止 / +6.1 / +7.3 日本海東縁部 / 基準津波５ / 無し / 有り / 停止 / +6.4 / +7.6 日本海東縁部 / 基準津波５ / 無し / 無し / 停止 / +6.7 / +8.1 海域活断層 / 基準津波４ / 有り / 有り / 停止 / +2.7[+2.61] / +3.0 海域活断層 / 基準津波４ / 有り / 無し / 停止 / +2.7[+2.68] / +3.0 海域活断層 / 基準津波４ / 無し / 有り / 停止 / +2.5 / +3.4 海域活断層 / 基準津波４ / 無し / 無し / 停止 / +2.7[+2.67] / +3.8 海域活断層 / 海域活断層上昇側最大となるケース / 有り / 有り / 停止 / +2.5 / +2.6 海域活断層 / 海域活断層上昇側最大となるケース / 有り / 無し / 停止 / +2.5 / +2.6 海域活断層 / 海域活断層上昇側最大となるケース / 無し / 有り / 停止 / +2.5 / +3.2 海域活断層 / 海域活断層上昇側最大となるケース / 無し / 無し / 停止 / +2.6 / +3.5 ※下線部が最大水位上昇量の値	・記載の相違 島根１号炉では，流路縮小工設置に伴う水位の変化について記載

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

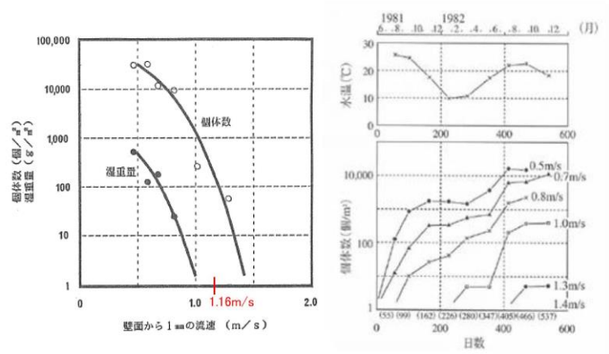


図１　生物付着と流速の関係
（発電所海水設備の汚損対策ハンドブック　p 156）

（２）貝付着の可能性

放水路貫通部の平均流速は2.65m/s（貫通部内径0.5m，補機冷却海水ポンプ流量0.53m³/s）であり，対数分布則（図２）に基づけば壁面流速は1.16m/s となる。文献によれば，壁面流速が1.16m/s の場合，付着した貝等の湿重量は１g/m²未満であることから，放水路貫通部は貝等の海生生物が付着しにくい環境であると考えられる。

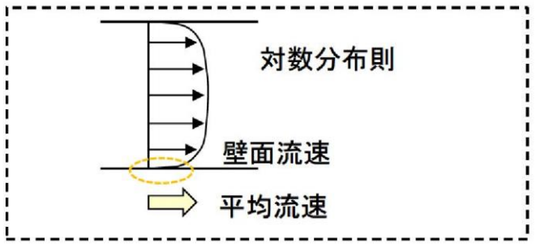


図２　対数分布則

（３）放水立坑の水位評価

貫通部は貝等の汚損生物が付着しにくい環境にあるが，保守的に貝付着を考慮した場合の放水立坑水位を算定し，敷地への溢水等への影響について検討した。

表１に貝付着を考慮した場合の放水立坑水位を示す。

貝付着厚さの設定にあたっては，貝付着の実績及び貝付

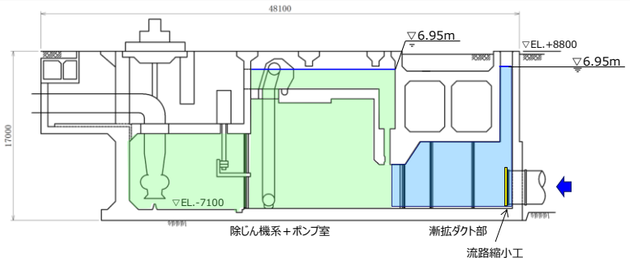


図１　１号炉取水槽流路縮小工による浸水範囲※

※　漸拡ダクト部，除じん機系＋ポンプ室の最大水位上昇量を図に示す。

（基準津波１　防波堤無し　貝無し）

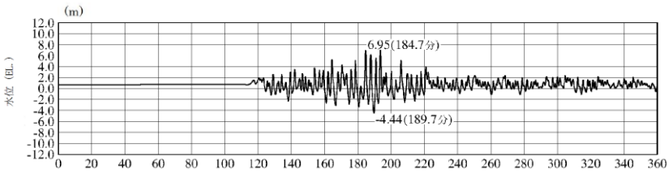


図２　時刻歴波形（基準津波１　防波堤無し　貝付着無し）

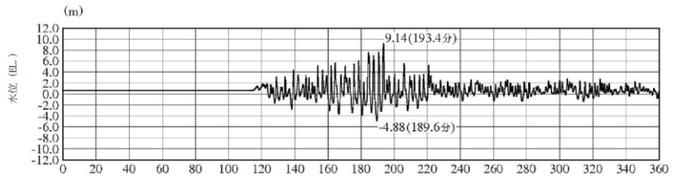


図３　対策前の取水槽の時刻歴波形
（基準津波１　防波堤無し　貝付着無し）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

着に関する既往文献等を踏まえ，貫通部内を一律全面的に貝付着代６cm※1に設定した。この場合，貝付着が無い場合に比べ放水立坑水位は約1.8m 上昇するが，放水立坑水位は0.P.+3.90m であり，放水立坑天端レベル（0.P.+14.0m）に対して十分な余裕があることを確認した。

以上のとおり，貫通部への貝付着等の保守的な条件を考慮しても，２号炉の安全性に影響がないことを確認した。

なお，貝等の貫通部への付着については，抜水点検やダイバー点検等で，変状有無を定期的に確認していく。

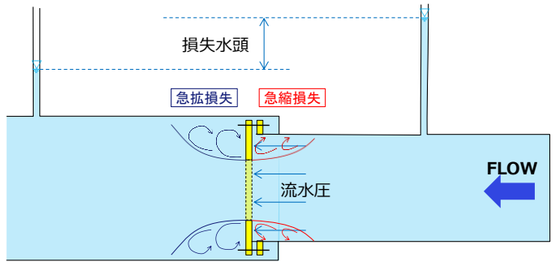
※１　貝付着の実績として，流速が放水路貫通部よりも遅く貝が付着しやすいと考えられる1 号炉取水路（流路縮小工設置前（壁面流速0.7m/s 程度））では平均0.5 cm～２cmである。一方，既往文献から貝が付着する限界の壁面流速は1.4m/s であり，貫通部の流速は貝付着厚さが６cmでこの流速を超える。さらに貫通部は，直線形状で延長が短いことから，流れの澱みにより局所的に貝付着が発生しにくい構造である。これらを踏まえ，保守的に貝付着厚さを６cmに設定した。

表１　貝付着を考慮した場合の放水立坑水位

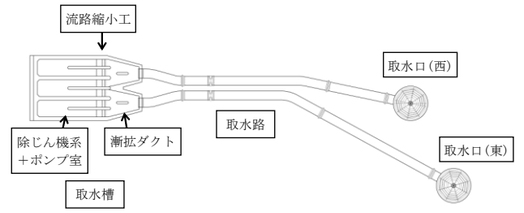
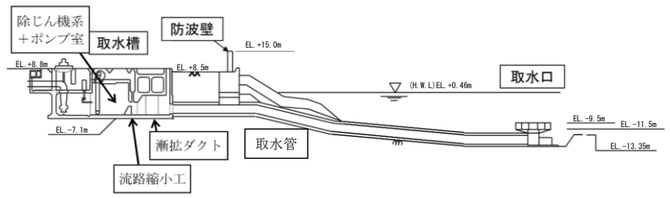
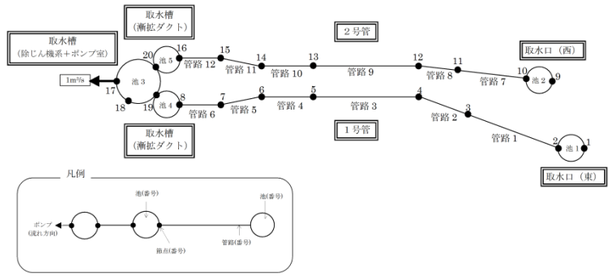
貝付着代※2	ポンプ流量（m³／s）	通水断面積（m²）	平均流速（m／s）	壁面流速（m／s）	放水立坑水位（m）	放水立坑天端レベル（m）	（参考）補機ポンプ出口レベル※3（m）
無し	0.53	0.20	2.65	1.16	O.P.+2.08	O.P.+14.0	O.P.+4.6
6cm		0.11	4.82	1.54	O.P.+3.90		

※2　貫通部内の貝付着代を示す。なお，貫通部以外の放水路内の貝付着代は取水路と同様に10cmとした。
（ 貫通部以外の取水路と放水路の流速は，ほぼ同等であるため取水路の貝の付着代実績（最大）に基づき設定）

※3　貝付着代6cmを考慮した場合の放水立坑水位はO.P.+3.90m であり，補機冷却海水ポンプの放水高さO.P.+4.6mを下回ることから，ポンプの排水性に影響を及ぼさない。なお，補機ポンプの出口レベルはO.P.+4.6mであるが，O.P.+12.0m程度の水位まで排水能力が確保されている。

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		参考３ １号炉取水槽に設置する流路縮小工に関する 水理模型実験の実施について １号炉取水槽に設置する流路縮小工について，生じる損失は火力・原子力発電所土木構造物の設計（電力土木技術協会），作用する流水圧は港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会）に基づき設定しており，当該損失及び流水圧の妥当性を詳細設計段階において水理模型実験により確認する。 模型実験における流れの状態は，津波による最大水位上昇時は満管状態の流れによるものであることから，実験においても満管状態の流れを想定する。 模型実験の相似則はフルード則を用い，縮尺の詳細については，実験装置の性能等を踏まえて設定する。模型実験の概要図を図１，実験条件の概要を表１に示す。  図１　模型実験概要図 表１　実験条件の概要 実験条件 / 内容 計測項目 / ・損失水頭 ・流水圧 流れ状態 / 管路流れ （満管状態の流れ） 相似則 / フルード則 模型縮尺 / 1/10 程度	・記載の相違 島根１号炉では，流路縮小工設置に関する水理模型実験について記載

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		参考４ １号炉取水槽内へ堰を設置した場合の 入力津波高さ低減効果について １．検討概要 １号炉取水槽への流路縮小工は，取水管端部に設置することとするが，当初選定していた取水槽内に堰を設置した場合の入力津波高さ低減効果を確認する。１号炉取水施設の平面図を図１，断面図を図２，管路計算モデルを図３に示す。 ２．計算条件 計算条件については，添付資料６のとおりとする。ただし，１号取水槽内へ流路縮小工を設置した場合の各損失は表１の損失水頭表のとおりとする。１号取水槽内の流路縮小工による損失を表２及び図４に示す。 ３．計算結果 １号炉取水槽内へ堰を設置した場合を考慮した管路計算の結果，最大の入力津波高さに外郭防護の裕度評価において参照する高さである 0.64m を考慮しても，１号炉取水槽の天端高さであるＥＬ.+8.8m を越えないことを確認した。（表１参照）１号炉取水槽の浸水範囲を図５に，最大水位上昇量を示したケースの時刻歴波形を図６に示す。なお，対策前の取水槽の時刻歴波形を図７に示す。 ４．結果の考察 １号取水槽へ堰を設置によることにより，図８に示すとおり，漸拡ダクト部の水位は堰を設置しない場合に比較し，一時的に水位が上昇し，その影響により，図９に示すとおり，取水槽への津波の流入量は減少することを確認した。除じん系＋ポンプ室及び漸拡ダクト部の最大水位は，取水槽への津波の流入量の減少及び堰の設置による損失から，堰を設置しない場合と比較し，低減することを確認した。 以上より，１号炉取水槽へ堰を設置した場合においても，漸拡ダクト部の取水槽ピットにて入力津波高さは許容値以下であり，取水槽ピット閉止板等の対策工を設置する必要はないことを確認	・記載の相違 島根１号炉では，取水槽内に堰を設置した場合の水位の変化について記載

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		した。  図１　平面図（1号炉取水施設）  図２　断面図（1 号炉取水施設）  図３　１号炉取水施設の管路計算モデル	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表１　１号炉取水施設の損失水頭表
（貝付着無し，循環水ポンプ停止時）

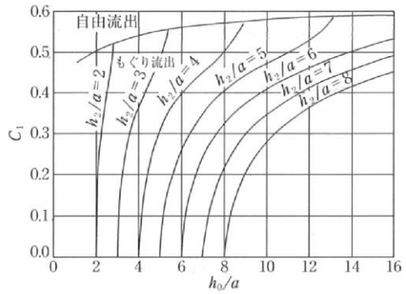
場所	流量 (m^3/s)	種類	係数	係数 1号管	係数 2号管	断面積 (m^2) 1号管	断面積 (m^2) 2号管	損失水頭 (m)※ 1号管	損失水頭 (m)※ 2号管	モデル化
取水口	0.500	流入	F	0.500	0.500	75.398	75.398	0.000	0.000	節点2,10
		急縮	F	0.480	0.480	12.566	12.566	0.000	0.000	節点2,10
		摩擦	粗度係数($m^{-1/3}\cdot s$)	0.014	0.014	12.566	12.566	0.000	0.000	節点2,10
			長さ(m)	2.600	2.600					
			径深(m)	1.000	1.000					
		屈折	F	0.986	0.986	12.566	12.566	0.000	0.000	節点2,10
		急縮	F	0.140	0.140	8.814	8.814	0.000	0.000	節点2,10
取水管	0.500	摩擦	粗度係数($m^{-1/3}\cdot s$)	0.014	0.014	8.814	8.814	0.000	0.000	管路1～6 管路7～12
			長さ(m)	127.075	102.915					
			径深(m)	0.838	0.838					
		曲がり	F_{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点3,11
			F_{s2}	0.279	0.319					
		曲がり	F_{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点4,12
			F_{s2}	0.571	0.366					
		曲がり	F_{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点5,13
			F_{s2}	0.412	0.379					
		曲がり	F_{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点6,14
			F_{s2}	0.413	0.413					
		曲がり	F_{b1}	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点7,15
			F_{s2}	0.413	0.413					
		急拡	F	0.543	0.543	8.814	8.814	0.000	0.000	節点8,16
取水槽	0.500	摩擦	粗度係数($m^{-1/3}\cdot s$)	0.015	0.015	41.667	41.667	0.000	0.000	節点8,16
			長さ(m)	9.100	9.100					
			径深(m)	1.682	1.682					
		摩擦	粗度係数($m^{-1/3}\cdot s$)	0.015	0.015	50.000	50.000	0.000	0.000	節点8,16
			長さ(m)	1.700	1.700					
			径深(m)	1.716	1.716					
		摩擦	粗度係数($m^{-1/3}\cdot s$)	0.015	0.015	31.250	31.250	0.000	0.000	節点8,16
			長さ(m)	1.000	1.000					
			径深(m)	0.805	0.805					
		摩擦	粗度係数($m^{-1/3}\cdot s$)	0.015	0.015	33.333	33.333	0.000	0.000	節点8,16
			長さ(m)	2.000	2.000					
			径深(m)	0.820	0.820					
		ピヤー	ピアの水平断面形状による係数	0.920	0.920	45.455	45.455	0.000	0.000	節点8,16
			ピア直前の水路幅(m)	6.859	6.859					
			水路幅からピア幅の総計を控除した幅(m)	6.059	6.059					
		漸拡	F_{ge}	0.280	0.280	33.500	33.500	0.000	0.000	節点8,16
			F_{se}	0.204	0.204					
		漸縮	F	0.020	0.020	42.557	42.557	0.000	0.000	節点8,16
		急縮	F	0.100	0.100	32.237	32.237	0.000	0.000	節点8,16
		漸拡	F_{ge}	0.200	0.200	32.237	32.237	0.000	0.000	節点8,16
			F_{se}	0.003	0.003					
		流出	F	1.000	1.000	34.185	34.185	0.000	0.000	節点8,16
流路縮小工	0.500	スルースゲート	上流水深(m) 注1)	4.360	4.360	9.540	9.540	0.009	0.009	節点19,20
			下流水深(m) 注1)	4.351	4.351					
			ゲート開度(m)	1.200	1.200					
			流出幅(m)	7.950	7.950					
			流量係数	0.006	0.006					
合計								0.009	0.009	

注1）流路縮小工の堤頂を基準　　※小数点以下4桁目を四捨五入で表示

表２　損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
スルースゲートによる流量公式	$Q = C_1 a B \sqrt{2gh_0}$	Q：流量(m^3/s) C_1：流量係数 a：ゲートの開き(m) B：流出幅(m) h_0：上流水深(m)	土木学会水理公式集（平成11年版） p.254-255 【図４参照】

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



C_1 ：流量係数
a ：ゲートの開き(m)
h_0 ：上流水深(m)
h_2 ：下流水深(m)

図４　スルースゲートによる流量係数
(土木学会水理公式集（平成 11 年版）p.255) 注

注）スルースゲートの流量公式 $Q=C_1aB\sqrt{2gh_0}$ により，流量 Q，ゲートの開き a，流出幅 B および上流水深 h_0 が既知の場合，流量係数 C_1 が決定される。さらに，図の関係から下流水深 h_2 が決定されるため，スルースゲートによる損失水頭 $\Delta h=h_0-h_2$ が算定される。

表３　基準津波による取水槽水位の結果

波源		防波堤有無	貝付着有無	循環水ポンプ運転状況	１号炉取水槽の入力津波高さ　EL.（m）			
					対策後※			（参考）対策前
					漸拡ダクト部		除じん機系＋ポンプ室（池３）	取水槽
					（東ルート）（池４）	（西ルート）（池５）		
日本海東縁部	基準津波１	有り	有り	停止	+6.6	+6.6	+6.5	+7.2
			無し	停止	+6.9	+6.9	+6.8	+7.7
		無し	有り	停止	+7.4	+7.4	+7.3	+8.2
			無し	停止	+7.9 [+7.86]	+7.8	+7.7 [+7.65]	+9.2
	基準津波２	有り	有り	停止	+6.2	+6.2	+6.1	+6.8
			無し	停止	+6.5	+6.4	+6.3	+7.3
	基準津波５	無し	有り	停止	+5.4	+5.3	+5.3	+7.6
			無し	停止	+7.3	+7.2	+7.1	+8.1
海域活断層	基準津波４	有り	有り	停止	+2.7	+2.7	+2.7	+3.0
			無し	停止	+2.7	+2.6	+2.6	+3.0
		無し	有り	停止	+2.9	+2.9	+2.9	+3.4
			無し	停止	+3.1	+3.1	+3.1	+3.8
	海域活断層上昇側最大となるケース	有り	有り	停止	+2.4	+2.4	+2.4	+2.6
			無し	停止	+2.4	+2.3	+2.3	+2.6
		無し	有り	停止	+2.8	+2.8	+2.8	+3.2
			無し	停止	+3.0	+2.9	+2.9	+3.5

※下線部が最大水位上昇量の値

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

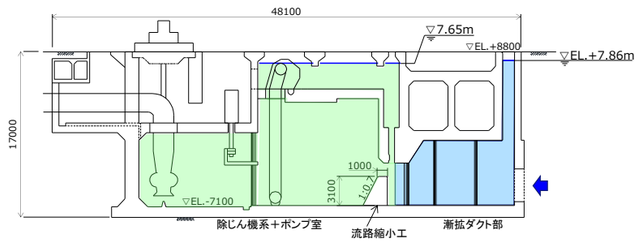
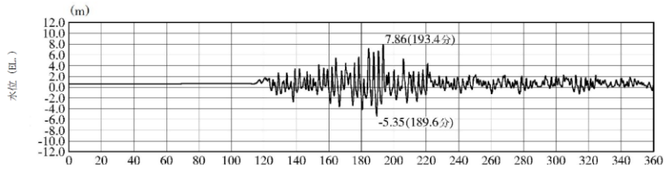
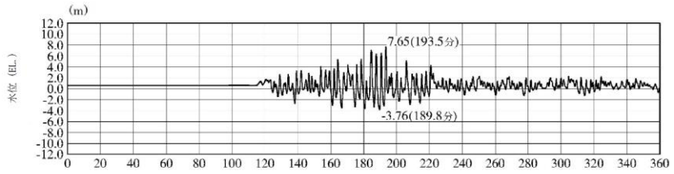


図５　１号炉取水槽流路縮小工による浸水範囲※

※　漸拡ダクト部，除じん機系＋ポンプ室の最大水位上昇量を図に示す。（基準津波１　防波堤無し　貝無し）



漸拡ダクト（東ルート）



除じん機系＋ポンプ室

図６　時刻歴波形（基準津波１　防波堤無し　貝付着無し）

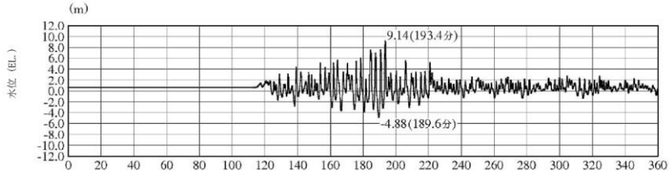
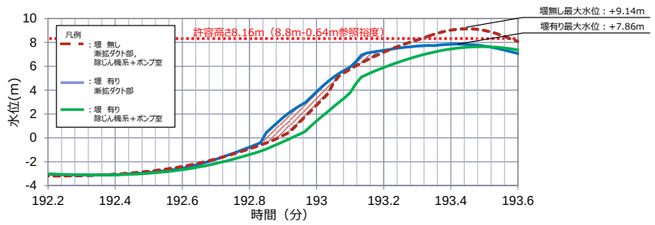
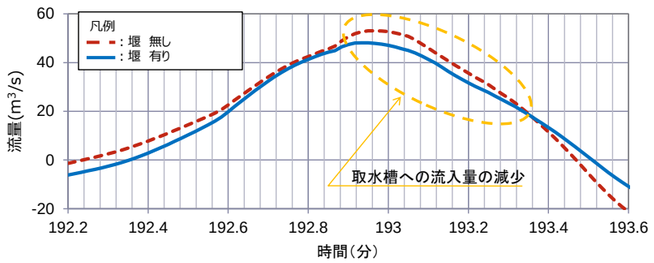
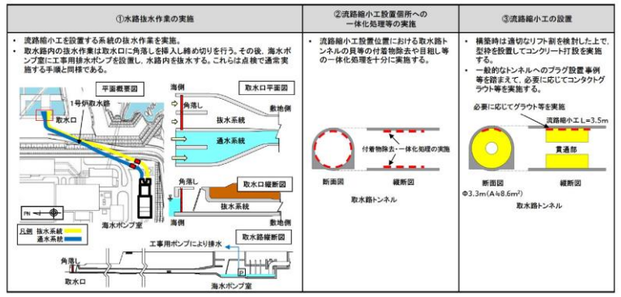


図７　対策前の取水槽の時刻歴波形
（基準津波１　防波堤無し　貝付着無し）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 図８　取水槽水位最大となる押し波１波あたりの水位 （漸拡ダクト部，除じん機系+ポンプ室，高さに係る数値はＥＬ．）  図９　取水槽水位が最大となる押し波１波あたりの流量 （取水管部，取水槽への流入方向の流量を正とする）	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	参考５ 流路縮小工の施工方針及び常時における 津波防護機能維持の確認方法 流路縮小工の構築に際し，取水路は２系統ある水路を切り替えながら，また，放水路はバイパス水路を設置し，施工する計画であり，施工ステップ図及び既往の施工実績を示す。 常時において津波防護機能を維持していく観点から，その機能が喪失しうる事象※1を踏まえた設計・施工上等の配慮※2を行うとともに，機能が喪失しうる事象の進展速度が緩速であることや先行の類似構造物の維持管理事例等を踏まえ，定期的に抜水点検やダイバー点検等により機能が維持されていることを確認することで，流路縮小工の常時の健全性を維持する方針とする。 ※１ 機能が喪失しうる事象として，砂礫や貝を含んだ海水の流下によるコンクリート表面のすりへり，貝付着による流路の縮小，及び水路内の異物混入による流路阻害。 ※２ 設計・施工上等の配慮として，すりへり抵抗を増すための観点から水セメント比の低下や細骨材を少なくするなどコンクリート配合の配慮，貫通部に貝付着を防止する観点から付着しにくい流速となっていることを確認する。また，定期的な点検時に貝や異物の除去を行う。 （１）流路縮小工（取水路）の施工について 流路縮小工は基準地震動Ss 及び津波波圧等に十分耐えられるよう頑健で耐久性のあるコンクリート構造として計画している。 本構造を構築するに当たり，コンクリートの強度管理及び貫通部の寸法管理は重要であり，ドライ環境で施工を行い確実に機能確保を行うこととする。 １号炉取水路に設置する流路縮小工の施工フローを図１に示す。 工事に当たっては，２系統ある取水路を１系統ずつ断水しドライ環境の中で工事を行う※ 。 水路内の貝等の付着物の除去を行った後，既往の水路構		・対象施設の相違 ①の相違

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	造物の施工実績等を踏まえ，既設取水路表面を目粗し等の一体化処理を施す。 次に，温度応力によるひび割れを抑制するため適切なリフト割を検討した上で，型枠を設置しコンクリート打設を実施する。 施工完了後に出来形を検査し，設計上必要な寸法が確保されているか確認を行う（出来形検査）。 ※ １系統ずつ断水することで１号炉の取水機能は維持される。  図１ 流路縮小工（取水路）の施工フロー （２）流路縮小工（放水路）の施工について １号炉放水路に設置する流路縮小工の施工フローを図２及び図３に示す。 工事に当たって，放水路は１系統であることに鑑み，施工用の立坑を構築の上，補機放水経路をバイパスさせドライ環境の中で工事を行う※ 。この後の工事における留意点は取水路と同様である。 ※ 放水経路をバイパスさせることで１号炉の放水機能は維持される。		

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

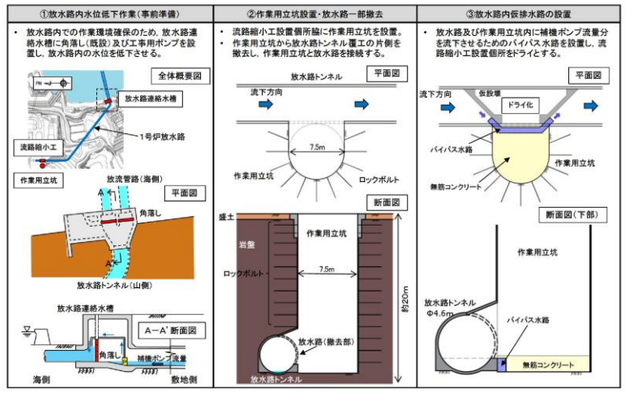


図２　流路縮小工（放水路）の施工フロー（その１）

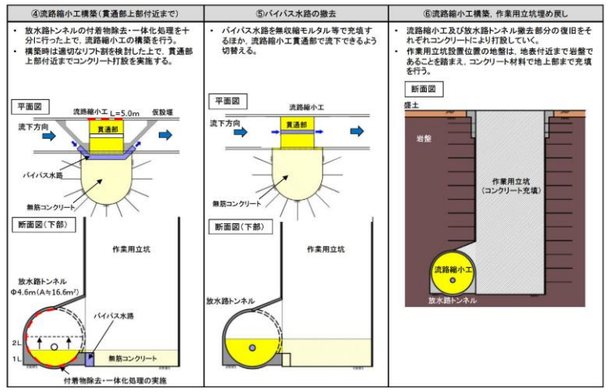


図３　流路縮小工（放水路）の施工フロー（その２）

（３）水路閉塞に関する既往の施工実績について

水力発電所の廃止に伴い，ダムから発電所までの導水路をコンクリートプラグにて閉塞する施工実績が数多く報告※1されている。

これは，作用水圧に対し閉塞に必要なプラグ長を確保するもので，今回の女川の例は，それと同様なもので施工面積や延長は実績の範囲内にある。

図４に，東北電力㈱沼沢沼発電所における水路閉塞の施工例※2を示す。

この例では，地山の状況も踏まえ，湧水処理のためプラ

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

グ施工前に覆工背面の地山にグラウトを実施している。

その後，水和熱によるひび割れ発生を抑制するため打設のリフト割を検討の上，コンクリートの打設を実施している。

コンクリートプラグの施工終了後，プラグ上流側を充水し，プラグ下流から目視確認を実施したところ，漏水は認められず，コンクリートプラグが問題なく施工されたことを確認している。

※１　国，地方自治体，電力会社において，多数の実績が報告されている。〈土木学会図書館蔵書の施工記録等より確認〉（文献調査範囲においては，竣工年＝1975年～2004 年，A≒10m2～70m2，Ｌ≒16m～80m ）。

※２　電力土木(316)「沼沢沼発電所廃止に伴う土木設備撤去工事の概要」前田ほか（平成17 年3 月）

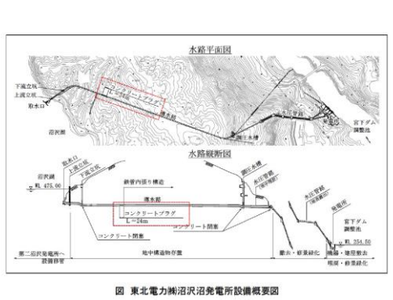


図 東北電力㈱沼沢沼発電所設備概要図

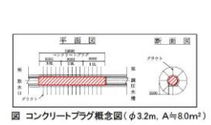


図 コンクリートプラグ概念図（φ3.2m，A≒8.0m²）



写真 施工状況写真

図４　東北電力㈱沼沢沼発電所における水路閉塞の施工例

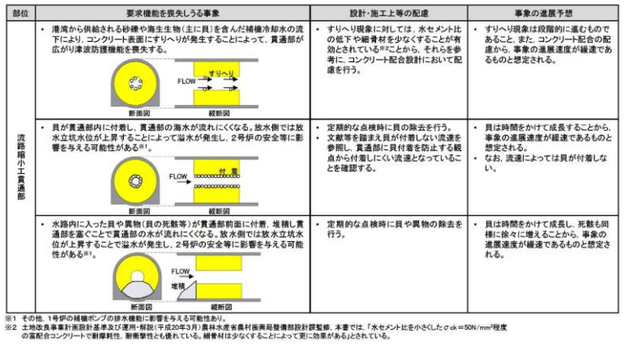
（４）常時における津波防護機能維持の確認方針について

流路縮小工の常時における津波防護機能維持を図っていく観点から，海水中に設置されていることや構造的な特徴に鑑み機能が喪失しうる事象を挙げ，それを踏まえた設計・施工上等の配慮及び事象の進展予想等を行った上で，機能維持の確認方針を検討した。

常時において機能が喪失しうる事象と，それを踏まえた設計・施工上の配慮及び事象の進展予想を表１に示す。

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表１　常時において要求機能を喪失しうる事象を踏まえた
設計・施工上の配慮及び事象の進展予想



部位	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上等の配慮	事象の進展予想
流路縮小工貫通部	・港湾から供給される砂礫や海生生物（主に貝）を含んだ補機冷却水の流下により，コンクリート表面にすりへりが発生することによって，貫通部が広がり津波防護機能を喪失する。 FLOW　すりへり 断面図　縦断図	・すりへり現象に対しては，水セメント比の低下や細骨材を少なくすることが有効とされていることから，それらを参考に，コンクリート配合設計において配慮を行う。	・すりへり現象は段階的に進むものであること，また，コンクリート配合の配慮から，事象の進展速度が緩速であるものと想定される。
	・貝が貫通部内に付着し，貫通部の海水が流れにくくなる。放水側では放水立坑水位が上昇することによって溢水が発生し，２号炉の安全等に影響を与える可能性がある※1。 FLOW　付着 断面図　縦断図	・定期的な点検時に貝の除去を行う。 ・文献等を踏まえ貝が付着しない流速を参照し，貫通部に貝付着を防止する観点から付着しにくい流速となっていることを確認する。	・貝は時間をかけて成長することから，事象の進展速度が緩速であるものと想定される。 ・なお，流速によっては貝が付着しない。
	・水路内に入った貝や異物（貝の死骸等）が貫通部前面に付着，堆積し貫通部を塞ぐことで貫通部の水が流れにくくなる。放水側では放水立坑水位が上昇することで溢水が発生し，２号炉の安全等に影響を与える可能性がある※1。 FLOW　堆積 断面図　縦断図	・定期的な点検時に貝や異物の除去を行う。	・貝は時間をかけて成長し，死骸も同様に徐々に増えることから，事象の進展速度が緩速であるものと想定される。

※1　その他，１号炉の補機ポンプの吸水機能に影響を与える可能性あり。
※2　土地改良事業計画設計基準及び運用・解説（平成20年3月）農林水産省農村振興局整備部設計課監修，本書では，「水セメント比を小さくした σ_{ck}=50N/mm²程度の富配合コンクリートで耐摩耗性，耐衝撃性とも優れている。繊維材は少なくすることによって更に効果がある」とされている。

流路縮小工は，先に述べたとおり，頑健で耐久性のあるコンクリート構造であるとともに，施工はドライ環境で確実にでき，機能が喪失しうる事象に対しては，設計・施工上等の配慮を行った上で，事象の進展速度が緩速であることを示した。

これを踏まえると，常時における津波防護機能維持の確認方法としては，定期的な抜水点検，ダイバー点検及び水中カメラによる点検が有効と考えられる。

施工の段階で寸法管理が確実にできることから，点検については有意な損傷や変状に着目し実施する。

点検内容（案）

① １号炉流路縮小工は取放水路内部にある海水中に設置された設備となるため，点検は定期点検時に合わせ実施する。
② 取水路については定期的な抜水による目視点検・清掃等を実施する。放水路については定期的な抜水，ダイバー及び水中カメラによる目視点検・清掃等を実施する。
③ 損傷や変状の状況に応じ，詳細な点検を行う。
④ 点検結果を踏まえ，必要に応じ点検期間の見直しを行う。

また，今回と同様に海水中に設置されたコンクリート構造物の維持管理について，躯体が受ける劣化の機構（風化・老化のうち摩耗，生物付着）が同様と想定される川内原子力発電所の貯留堰コンクリートでは，次のように定期的な点検方法により機能が維持されていることを確認※している事例もある。

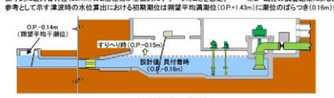
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	① 取水路内部の水中設備となるため，水中からの点検頻度は定期点検時に合わせて実施する。 ② 点検は潜水士が水中カメラで撮影し，同時に社員が外観を目視点検（確認）する。 ③ 点検の状況（表面の損傷やクラックなどの異常）に応じ，詳細な点検を計画実施する。 ④ 長期点検計画は今後，保全の有効性評価を行うことで，適宜見直しを行う。 ※ 川内原子力発電所１号機 工事計画に係る説明資料（平成27年３月）資料番号K0 -118 改１ 事象の進展影響として各構造物における水位の変動が考えられるが，すりへりと貝付着による水位変動について試算した結果を表２に示す。 開口径が広がると津波防護機能の低下に繋がるが，保守的にすりへり量を設定した場合でも海水ポンプ室における設計値との水位差は１cm と試算され，水位による事象検出は難しいものと考えられる。 また，放水立坑における設計値との水位差は34cm であるが，事象の進展速度が緩速であることを踏まえると，水位変動も同様となり経時変化の検出が難しく，定期的な抜水等による直接的な点検が維持管理には適しているものと考えられる。 なお，これまで述べてきたとおり２号炉の津波防護機能維持だけではなく，１号炉に対しても取水機能・放水機能維持の観点から検討し，すりへりや貝付着の事象進展を保守的に考慮した場合において，海水ポンプ室水位は補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位を上回り，また，放水立坑水位は補機冷却海水ポンプの放水高さを下回ることから，すりへりや貝付着による水位変動は，１号炉の取水機能・放水機能に影響がないことを確認した。		

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉　（2019.11.6 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表２　事象が進展した場合における海水ポンプ室及び放水立坑の水位変動（常時，ポンプ容量=0.53m^3/s）

構造物	初期潮位	開口径（事象進展考慮）		構造物位置での水位	備考	（参考）津波時の構造物位置での水位※3
海水ポンプ室	O.P.-0.14m	すりへりが5cm発生した場合※1	Φ1.1m	O.P.-0.15m	・構造物水位は初期潮位と同様になる。設計値との差は1cmである。	O.P.+11.05m
		設計値	Φ1.0m	O.P.-0.16m		O.P.+10.38m
		貝が最大限(10cm)付着した場合※2	Φ0.8m	O.P.-0.16m	・1号炉の取水に影響なし （1号炉補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位であるO.P.-2.43mを上回る。なお，取水はφ0.3mまで影響がない。）	O.P.+9.00m
放水立坑	O.P.+1.43m	すりへりが5cm発生した場合※1	Φ0.6m	O.P.+1.74m	・構造物における水位と設計との差は34cmである。	O.P.+13.03m
		設計値	Φ0.5m	O.P.+2.08m		O.P.+11.79m
		貝が保守的に6cm付着した場合	Φ0.38m	O.P.+3.90m	・沿水及び1号炉の放水に影響なし （1号炉補機冷却海水ポンプの放水高さであるO.P.+4.6mを下回る。）	O.P.+11.22m

※1　保守的に最大骨材径（25mm）の2倍相当が全面的にすりへったことを想定。　※2　既往の調査結果によると取水路における貝付着量は最大でも9cm程度である。
※3　参考として示す津波時の水位算出における初期潮位は朔望平均満潮位（O.P.+1.43m）に潮位のばらつき（0.16m）を考慮したO.P.+1.59mである。



海水ポンプ室　縦断図

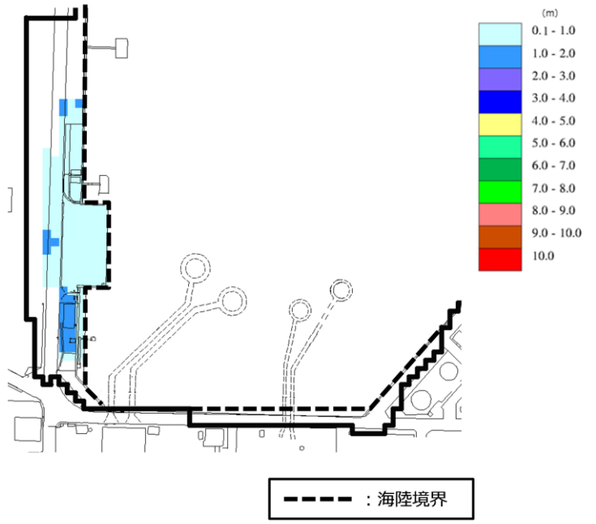
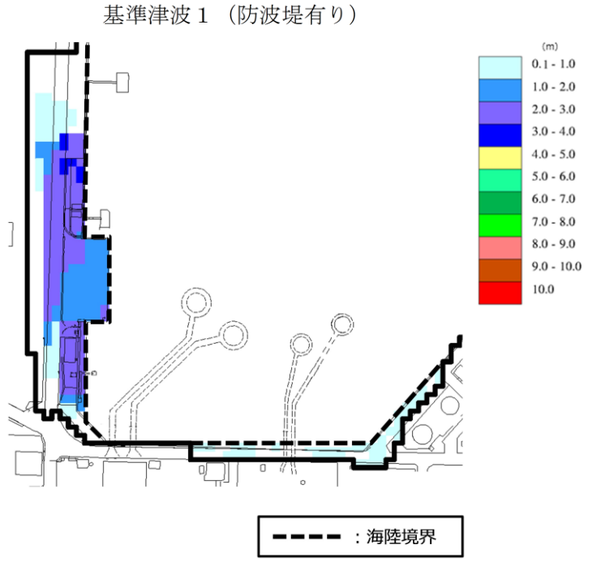


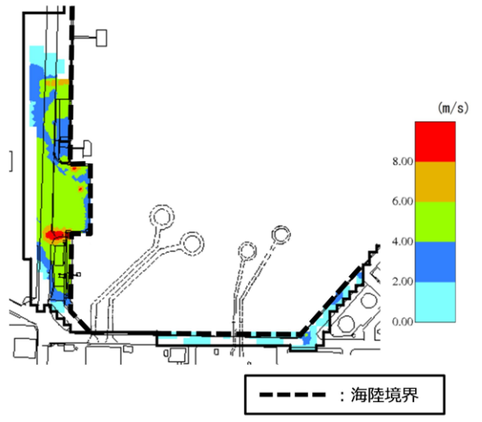
放水立坑　縦断図

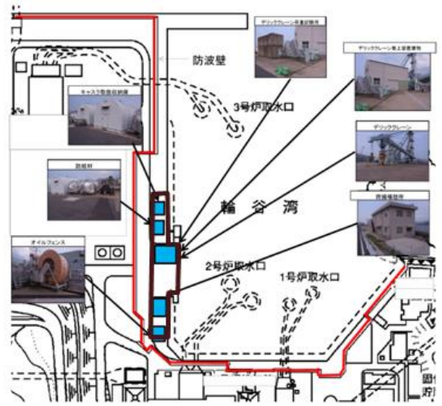
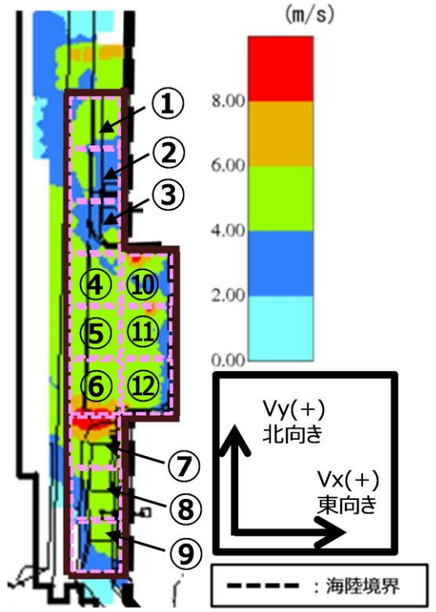
実線・・設備運用又は体制等の相違（設計方針の相違）
波線・・記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

まとめ資料比較表　〔第５条　津波による損傷の防止　別添１添付資料 31〕

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 31 施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速について １．概要 非常用冷却海水系の海水ポンプの取水性へ影響を及ぼす可能性については，施設護岸の設備等が漂流物となる可能性を踏まえ評価している。ここでは，施設護岸の設備等が漂流物となる可能性の評価のうち滑動評価に用いる流速を確認する。 ２．検討内容 遡上域の範囲（最大水位上昇量分布）を保守的に評価するため，地震による荷揚場周辺の沈下及び初期潮位を考慮した津波解析を実施した。解析に当たっては，荷揚場付近の水位上昇量が大きい基準津波１（防波堤有無）を対象とした。解析条件を以下に示す。 ・荷揚場周辺の沈下については，防波壁前面を一律１m沈下させたケースを用いる。 ・初期潮位については，朔望平均満潮位+0.58m に潮位のばらつき＋0.14m を考慮する。 基準津波１（防波堤有無）における施設護岸の最大水位上昇量分布（拡大図）を図１に示す。図１より，防波堤有りに比べ，防波堤無しの方が最大水位上昇量は大きく，遡上範囲が広いことから，防波堤無しの流速を評価する。	・資料構成の相違 【柏崎6/7,東海第二】 島根２号炉は荷揚場にある設備等の漂流評価のため，遡上域の範囲及び流速について示している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 基準津波１（防波堤有り）  基準津波１（防波堤無し） 図１　最大水位上昇量分布（拡大図）	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		３．確認結果 遡上域における流速分布を図２に，主な荷揚場漂流物の配置を図３に示す。 流速の抽出にあたっては，荷揚場漂流物の配置を踏まえ，遡上域である荷揚場周辺の 12 地点（図４参照）を選定し各地点の最大流速を抽出した。 図２に示すとおり，遡上域における流速は概ね 8.0m/s 以下であるが，遡上域の一部において 8.0m/s を超える流速が確認できる。各地点における最大流速抽出結果を表１に示す。 表１に示すとおり，東西方向の流速は荷揚場へ押し波として遡上する西方向（取水口反対方向）の流速が速く支配的であることがわかる。一方，東方向（取水口方向）の流れとなる引き波では，地点 10 に示す 4.8m/s が最大流速となるが，漂流物評価に用いる流速は，最大流速（11.9m/s）とする。最大流速を示す地点７及び取水口方向への最大流速を示す地点 10 について，浸水深・流速の時刻歴波形及び各地点における最大流速発生時の水位分布・流速ベクトルをそれぞれ図５，図６に示す。 なお，図５に示すとおり，最大流速(11.9m/s)を示す地点における 8.0m/s を超える時間は極めて短い（1 秒以下である）。  図２　遡上域における流速分布	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 図３　主な荷揚場漂流物の配置  図４　流速抽出地点	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表１　各地点の流速評価結果

地点	Vx方向 最大流速 (m/s)	Vy方向 最大流速 (m/s)	全方向最大流速(m/s)		
			Vx方向 流速	Vy方向 流速	全方向流速 ($\sqrt{Vx^2+Vy^2}$)
1	-4.2	2.1	-4.2	1.9	4.6
2	-4.0	2.5	-4.0	1.4	4.2
3	-6.7	2.1	-6.7	-0.8	6.8
4	-3.6	3.7	-3.2	3.4	4.6
5	-3.6	3.8	-3.6	3.7	5.1
6	-5.5	4.1	-5.5	2.7	6.1
7	-11.8	3.4	-11.8	1.1	11.9
8	-5.3	1.5	-5.3	1.3	5.4
9	-5.9	1.9	-5.9	1.6	6.1
10	4.8	-7.6	4.8	-7.6	9.0
11	-8.9	2.5	-8.9	-1.2	9.0
12	-2.7	5.1	-1.4	5.1	5.3

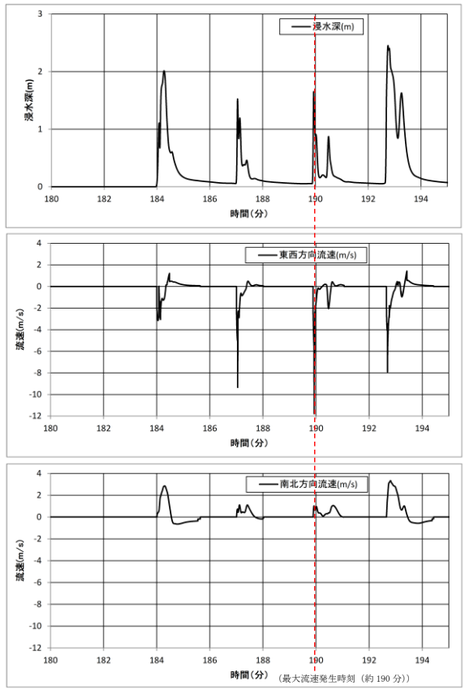
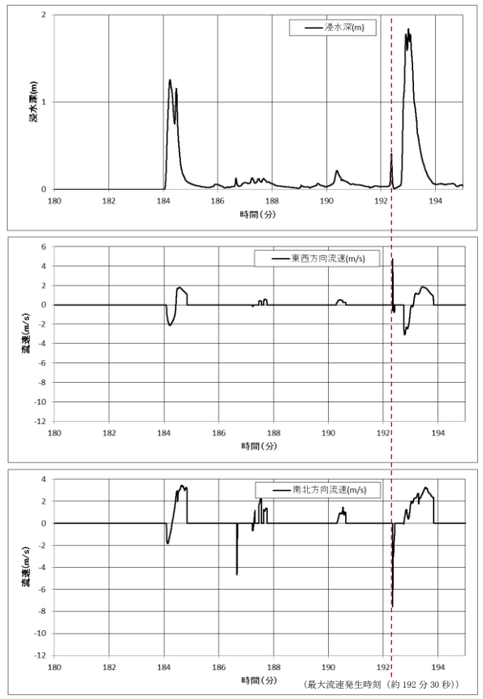
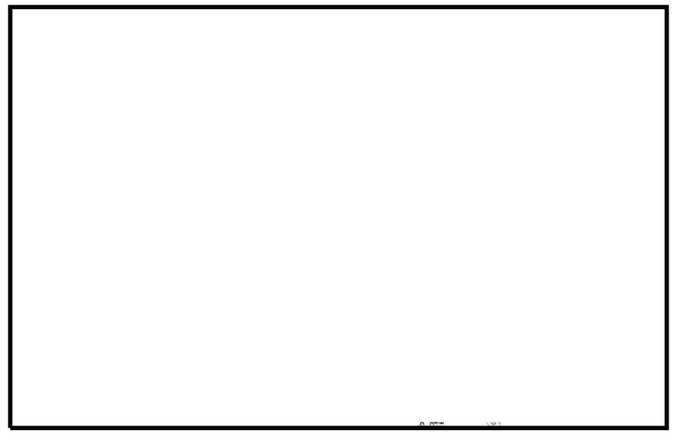
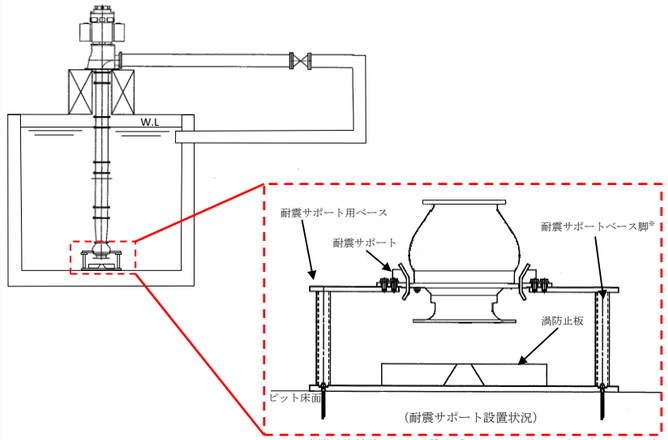


図５　地点７（最大流速を示す地点）における浸水深・流速時刻歴波形及び最大流速発生時刻における水位分布・流速ベクトル

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 （最大流速発生時刻（約 192 分 30 秒）における水位分布・流速ベクトル） 図６　地点 10（取水口方向への最大流速を示す地点）における浸水深・流速時刻歴波形及び最大流速発生時刻における水位分布・流速ベクトル	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 32 海水ポンプの実機性能試験について 1.　はじめに ポンプ長尺化に伴うベルマウス下端への耐震サポート設置による影響については，実機性能試験によりポンプ性能に影響を及ぼさないことを確認した。以下にその内容を示す。 2.　耐震サポートについて 耐震サポートは海水ポンプ長尺化に伴う耐震性確保のために，ベルマウス部に取付けるものである。耐震サポートの構造を図１に示す。  図１　耐震サポート構造図（RSW ポンプの例） 3.　実機性能試験について 実機ポンプを，耐震サポートを設置した状態でピットに設置し，ポンプ性能（全揚程と吐出量，軸動力，ポンプ効率，振動）が，判定基準を満足していること及びポンプが安定した運転状態であることを確認した。試験装置の概略図と試験時における耐震サポート設置状況を図２に，確認結果を表１に示す。	・設備の相違 【柏崎 6/7，東海第二】 島根２号炉は海水ポンプの長尺化による影響評価を実施

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



※　実機性能試験では，耐震サポートベース脚を４本としており，実機耐震サポートベース脚の本数（８本）と異なるが，耐震サポートベース脚（８本）による取水性への影響については，別途，取水槽を模擬した模型試験において確認している。

図２　試験装置概略図

表１　試験結果

試験項目	判定基準	試験結果	判定
全揚程と吐出量			合格
軸動力			合格
ポンプ効率			合格
振動			合格

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

参考

原子炉補機海水ポンプの取水性能試験

１．概要

原子炉補機海水ポンプ（ＲＳＷポンプ）の取水性能を確認するため，実機ＲＳＷポンプを用いた試験を実施した。実機ＲＳＷポンプ取水性能試験では，基準津波襲来による引き波を模擬した水位低下時の取水可能水位を確認した。

その結果，水位低下中においても連続渦は確認されず，ＲＳＷポンプベルマウス下端(EL.-9.3m)付近まで取水が可能であることを確認した。

ここでは，その試験内容を示す。

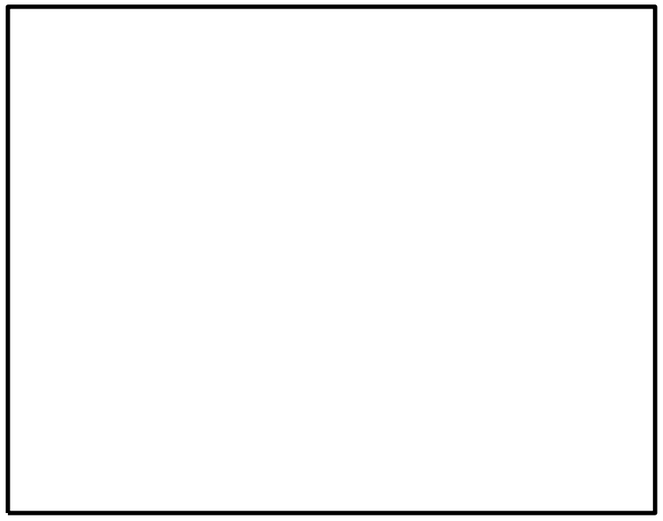
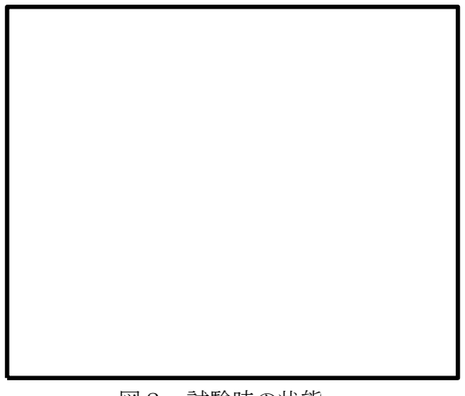
２．原子炉補機海水ポンプ（ＲＳＷポンプ）の取水試験について

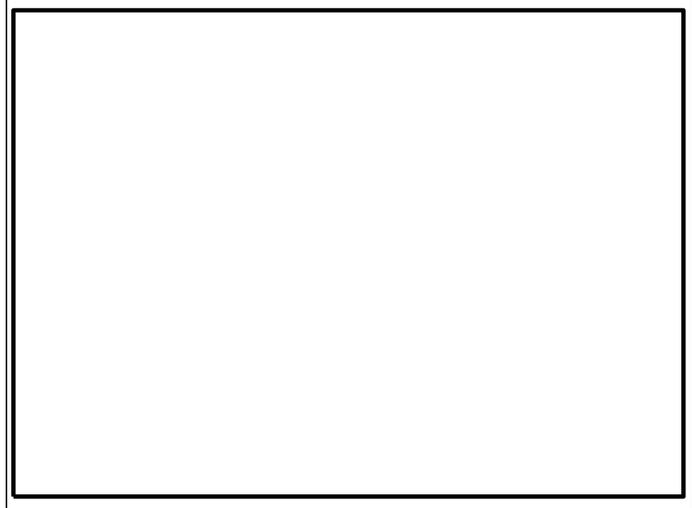
ａ．試験内容

基準津波襲来による引き波を模擬した取水槽における時系列を想定し，模擬試験水槽の水位を徐々に低下させ，ＲＳＷポンプの運転パラメータ等を確認した。津波を模擬した試験水槽の水位変化とＲＳＷポンプの試験確認項目を表１に示す。

表１　津波を模擬した試験水槽の水位変化とＲＳＷポンプの試験確認項目

津波時の２号取水槽の想定時系列		津波模擬試験水槽	
取水槽水位	取水槽の状態	試験水槽の状態	試験確認項目
【引き波】 通常水位～ 取水槽取水管下端水位(EL.-7.3m)	・引き波による取水槽水位低下	・RSW ポンプと水位調整ポンプにより試験水槽水位低下	・RSW ポンプ流量，電流等ポンプ運転パラメータ
【引き波】 取水槽取水管下端水位(EL.-7.3m)～ RSW ポンプ取水可能水位	・RSW ポンプによる取水槽貯留構造部の水位低下	・RSW ポンプと水位調整ポンプにより試験水槽水位低下	・RSW ポンプの取水可能水位（取水停止水位） ・RSW ポンプ流量，電流等ポンプ運転パラメータ

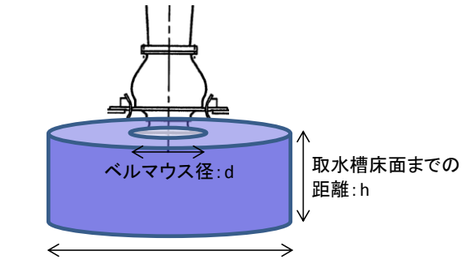
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		ｂ．試験結果 図１に示す試験装置を用い，ポンプ取水性能試験を行った。試験時の状態を図２に，試験中のポンプ流量と水位の関係を図３に示す。ＲＳＷポンプは，ＲＳＷポンプベルマウス下端（EL.-9.3m）付近まで定格流量を取水し，その後，再冠水しても，定格流量が取水可能であった。また，その他の運転パラメータについても，水位低下中に連続渦などは確認されず，運転試験後に実施したポンプ開放点検による外観点検でも部品に異常は確認されなかった。  図１　ポンプ取水性能試験装置  図２　試験時の状態	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 図３　試験中のポンプ流量と水位変化	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 33 海水ポンプの吸込流速が砂の沈降速度を上回る範囲について 1.　はじめに 海水ポンプの長尺化に伴う海水ポンプ近傍への砂の堆積については，ベルマウス下端近傍の取水槽床面においても海水ポンプの吸込流速が砂の沈降速度を上回っており，海水ポンプ下端に到達する砂はポンプに吸込まれることから，ベルマウス下端近傍に砂は堆積しないと評価している。 ここでは，評価内容について示す。 2.　砂の沈降速度について 砂の沈降速度は Rubey 式より算出する。砂の粒径及び密度は，基準津波に伴う砂移動評価において設定した値（0.3mm）を用いる。砂の諸元及び沈降速度を表 1 に示す。表 1 より，砂の沈降速度は 0.05m/s となる。 Rubey 式： $w_0 = \sqrt{(s-1)gd}\left(\sqrt{\frac{2}{3}+\frac{36\nu^2}{(s-1)gd^3}}-\sqrt{\frac{36\nu^2}{(s-1)gd^3}}\right)$ ここで，s=σ／ρ－1 表１　砂の諸元及び沈降速度 粒径 d［mm］：0.3 砂密度 σ［kg/m³］：2,760 海水密度 ρ［kg/m³］：1,030 重力加速度 g［m/s²］：9.8 動粘性係数 ν［m²/s］：1.0×10⁻⁶ 沈降速度 w_0［m/s］：0.05 3.　海水ポンプの吸込流速が砂の沈降速度を上回る範囲について 海水ポンプ定格流量 Q を吸込面積 S で除した吸込流速 V が，砂の沈降速度 w_0 と等しくなる直径 D を算出する。算出の概要を図１に，算出結果を表２に示す。 表２に示すとおり，原子炉補機海水系，高圧炉心スプレイ補機海水系の各々ポンプから直径約 2.99m，約 0.86m の範囲は，	・資料構成の相違 【柏崎 6/7,東海第二】 島根２号炉は海水ポンプの長尺化に伴う海水ポンプ近傍への砂の堆積について資料を作成

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

ポンプの吸込流速が，砂の沈降速度を上回ることから，この範囲は砂が堆積しないと考えられる。



吸込流速が砂の沈降速度と等しくなる直径：D

：吸込面積　$S = D\pi h + (D^2 - d^2) \times \frac{\pi}{4}$

ポンプ吸込流速　$V = \frac{Q}{S}$

$$V = \frac{Q}{S} = w_o$$

$$\frac{Q}{D\pi h + (D^2 - d^2) \times \frac{\pi}{4}} = w_o$$

$$D^2 + 4hD - \left(d^2 + \frac{4Q}{\pi w_o}\right) = 0$$

$$D = -2h + \sqrt{(-2h)^2 + \left(d^2 + \frac{4Q}{\pi w_o}\right)}$$

Dが上記の範囲内の吸込流速は，砂の沈降速度を上回る

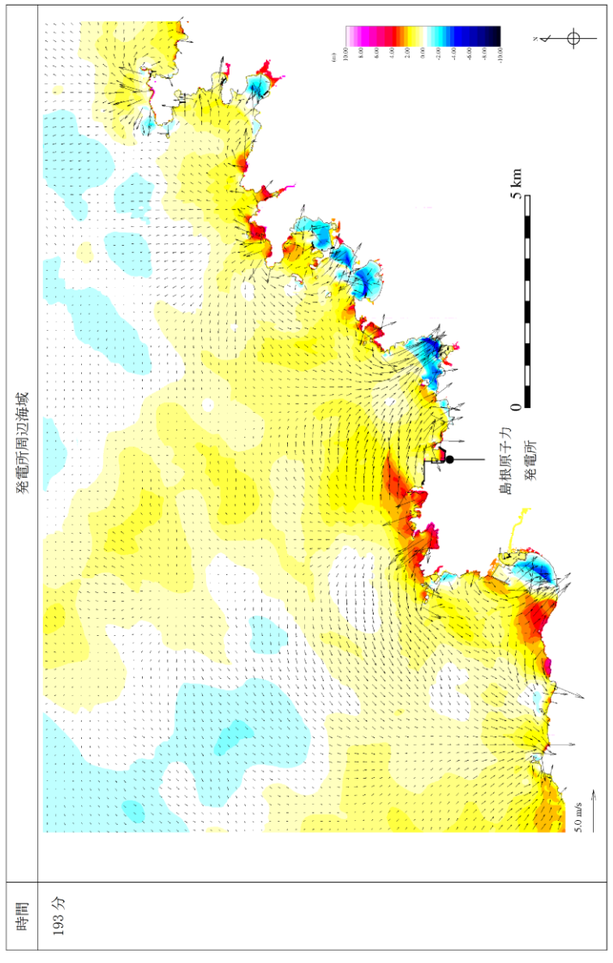
図１　ポンプ吸込流速が砂の沈降速度と等しくなる直径算出の概要

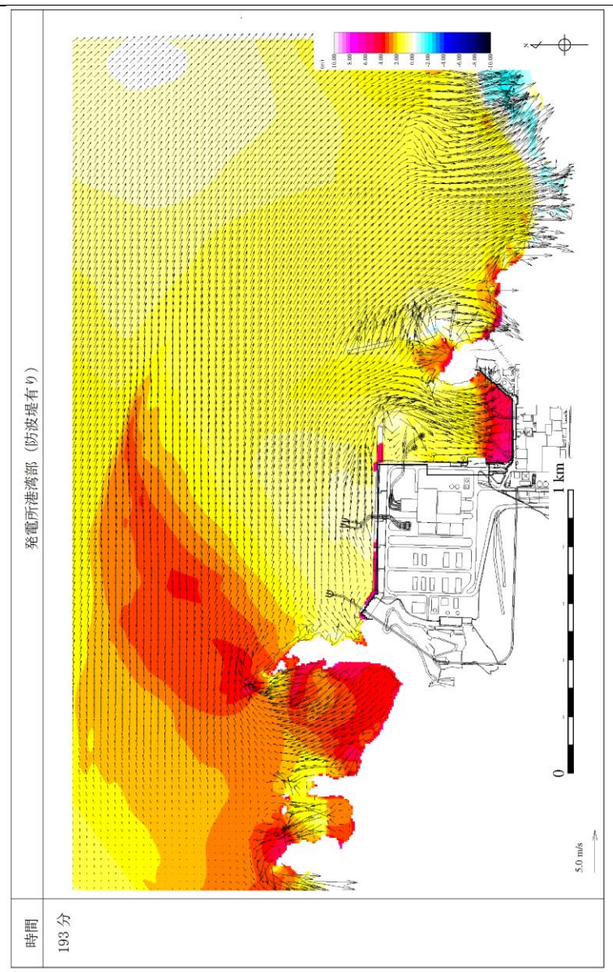
表２　海水ポンプ諸元及び吸込流速が砂の沈降速度と等しくなる直径

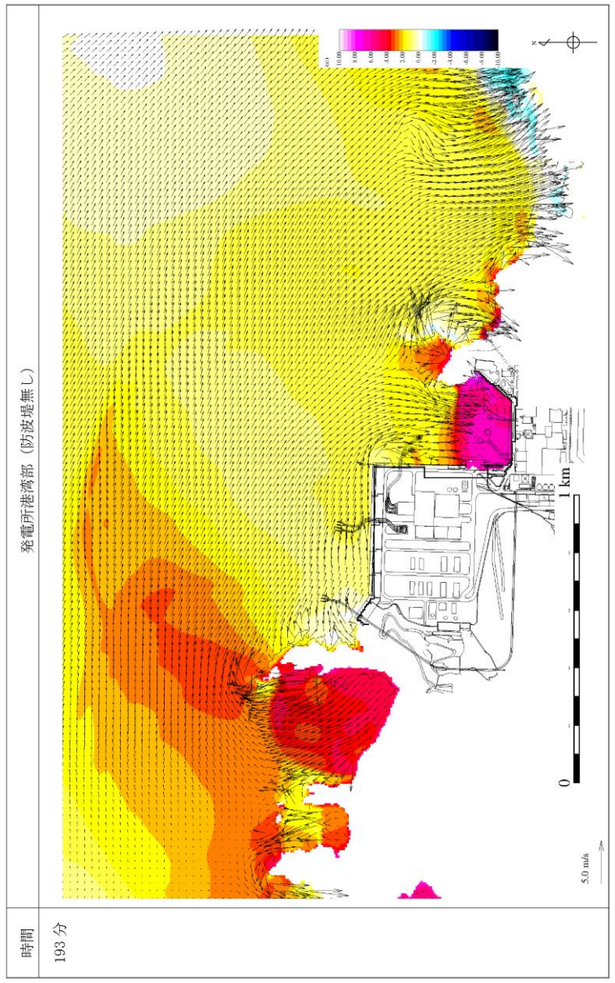
海水ポンプ	流量 Q［m^3/s］	ベルマウス径 d［m］	取水槽床面までの距離 h［m］	吸込流速が砂の沈降速度と等しくなる直径 D［m］
原子炉補機海水系	0.567	0.75	0.50	2.99
高圧炉心スプレイ補機海水系	0.093	0.34	0.50	0.86

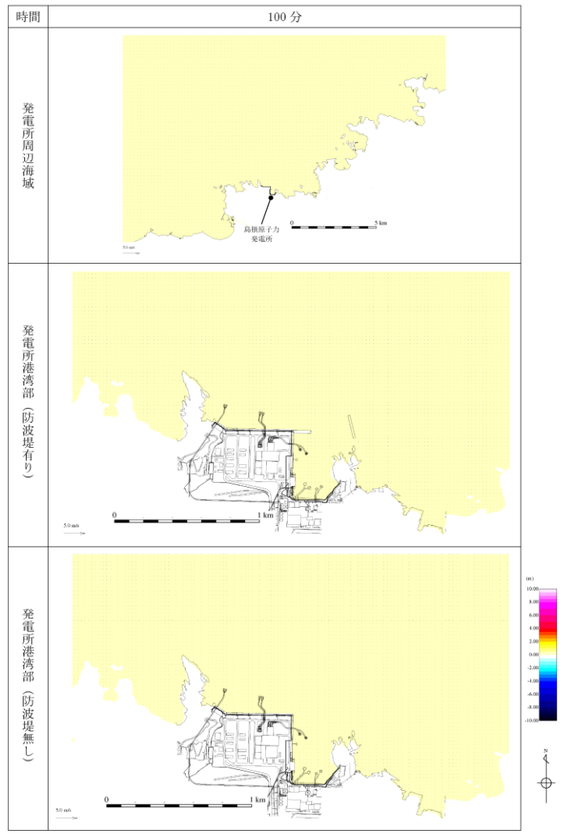
実線・・設備運用又は体制等の相違（設計方針の相違）
波線・・記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

まとめ資料比較表　〔第５条　津波による損傷の防止　別添１添付資料 34〕

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 34 水位変動・流向ベクトルについて １．概要 島根原子力発電所の基準津波１～６による水位変動・流向ベクトル図について，第１図～第６図に示す。 また，水位変動・流向ベクトルの拡大図を参考図【第 1 図(187)　基準津波１の水位変動・流向ベクトル】の例に示す。  参考図【第 1 図(187)　基準津波１の水位変動・流向ベクトル】の例	・資料構成の相違 【柏崎 6/7，女川２】 柏崎 6/7，女川２は，水位変動・流向ベクトルについて，別添 1　2.5 章に記載

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉(2020.2.7 版)	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 参考図【第 1 図(187)　基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル】の例	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉(2020.2.7 版)	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 参考図【第 1 図(187)　基準津波１の水位変動・流向ベクトル】の例	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	女川原子力発電所　２号炉(2020.2.7 版)	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第 1 図(1)　基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル	（以降，同様な図であり記載を省略する。）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 35 荷揚場作業に係る車両・資機材の漂流物評価について １．概要 荷揚場では，使用済燃料輸送に係る作業や低レベル放射性廃棄物（LLW）の輸送に係る作業等を定期的に実施することから，荷揚場作業中の地震または津波の発生を想定し，荷揚場作業に用いる車両・資機材が津波により漂流物となるか評価する。 ２．評価する基準津波と地震影響 島根原子力発電所において想定する基準津波のうち，海域活断層から想定される地震による津波は荷揚場に遡上しないことから，日本海東縁部に想定される地震による津波に対して評価を実施する。 評価にあたっては，日本海東縁部に想定される地震による津波については，波源が敷地から離れており地震による敷地への影響はないが，敷地近傍の震源による地震が発生した後に，独立した事象として日本海東縁部に想定される地震による津波が発生し，襲来することも想定し，荷揚場作業中に「（１）津波が発生する場合」と「（２）地震が発生し，その後独立事象として津波が発生する場合」を評価する。	・資料構成の相違 【柏崎 6/7,東海第二】 島根２号炉は荷揚場作業に係る車両･資機材の漂流物評価について資料を作成

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

３．荷揚場作業に係る車両・資機材

定期的に実施する荷揚場作業に係る車両・資機材を表１に示す。

表１　荷揚場作業に係る車両・資機材

作業項目	作業頻度	種類	名称	個数	質量
①使用済燃料輸送作業	２回／年程度	車両	輸送車両	2	約 32t
		資機材	使用済燃料キャスク	2	約 93t
②LLW(低レベル放射性廃棄物）搬出作業	２回／年程度	車両	輸送車両	4	約 11t
		車両	フォークリフト	2	約 17t
		資機材	LLW 輸送容器	10※	約 1t
③デリッククレーン点検作業	１回／年程度	車両	トラック	1	約 5t
		車両	ラフタークレーン	1	約 39t
		車両	トレーラー	1	約 21t
		資機材	発電機	1	約 8t
④防舷材設置作業	大型船舶入港の都度	車両	ラフタークレーン	2	約 25t
		車両	トラック	1	約 5t

※うち８個は輸送車両に積載

４．評価内容

（１）荷揚場作業中に津波が発生する場合

荷揚場作業中に，日本海東縁部に想定される地震による津波が発生した場合，地震発生後に発電所へ津波が到達するまでの時間は約 110 分である。この間に，荷揚場作業に用いている車両・資機材が荷揚場から防波壁内に退避可能か評価する。

各荷揚場作業において，荷揚場に仮置きする資機材とその個数及び車両等への積載時間を以下に，また退避に要する時間を表２に示す。各荷揚場作業における，仮置き資機材の車両等への積載時間，車両退避時間（約 10 分），防波壁通路防波扉（以下「防波扉」という。）の開放・閉止時間（開放・閉止各約 10 分（電動））から求まる退避時間は，津波到達時間（地震発生後約 110 分）より短く，車両・資機材の退避は可能である。

① 使用済燃料輸送作業

荷揚場に仮置きする使用済燃料キャスクは，デリッククレーンを用い使用済燃料輸送車両に積載して退避する手順としている。

【仮置き資機材と積載時間】

使用済燃料キャスク個数：２個

輸送車両への積載時間：15 分／個

<table>
<tr>
<td>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</td>
<td>東海第二発電所（2018.9.12 版）</td>
<td>島根原子力発電所　２号炉</td>
<td>備考</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td></td>
<td>② LLW 荷役作業
荷揚場に仮置きする LLW 輸送容器は，輸送船のクレーンを用い，輸送船に積載し退避する手順としている。
【仮置き資機材と積載時間】
LLW 輸送容器個数：２個
輸送船への積載時間：５分/２個※
※：LLW 輸送容器は２個ずつ輸送船へ積載

③ デリッククレーン点検作業
荷揚場に仮置きする発電機は，ラフタークレーンを用いトラックに積載して退避する手順としている。
【仮置き資機材と積載時間】
発電機個数：１個
トラックへの積載時間：10 分／個

④ 防舷材設置作業
防舷材については，「2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止」において，漂流物として抽出し取水性へ影響を与えないことを確認している。また，作業車両については，退避する手順としている。

表２　退避に要する時間
<table><tr><th>作業項目</th><th>防波扉開</th><th>資機材の積載</th><th>車両退避</th><th>防波扉閉</th><th>合計</th><th>評価結果</th></tr><tr><td>①使用済燃料輸送作業</td><td rowspan="4">約 10 分※1</td><td>約 30 分</td><td rowspan="4">約 10 分</td><td rowspan="4">約 10 分</td><td>約 50 分</td><td rowspan="4">○
（約 110 分までに退避可能）</td></tr><tr><td>②LLW（低レベル放射性廃棄物）搬出作業</td><td>約 5 分※2</td><td>約 20 分</td></tr><tr><td>③デリッククレーン点検作業</td><td>約 10 分</td><td>約 30 分</td></tr><tr><td>④防舷材設置作業</td><td>－</td><td>約 20 分</td></tr></table>※１　資機材の積載，車両退避と同時に防波扉の開作業を実施するため，合計には含まない。
※２　輸送船へ積載するため，合計には含まない。

（２）荷揚場作業中に地震が発生し，その後独立事象として津波が発生する場合
敷地近傍の震源による地震が発生した後に，独立した事象として日本海東縁部に想定される地震による津波が発生することを想定する。
荷揚場作業中に，敷地近傍の震源による地震が発生した場合，</td>
<td></td>
</tr>
</table>

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

荷揚場の沈下や車両の故障等が想定されるが，地震により荷揚場の沈下や車両の故障等が生じた場合においても，荷揚場の復旧や車両の牽引等により，津波襲来までに車両・資機材が荷揚場から防波壁内に退避可能か評価する。

a.　地震による影響

荷揚場作業中に地震が発生する場合の車両・資機材の退避への影響及びこれらへの対応のための退避作業について整理した結果を，表３に示す。

表３　地震による車両・資機材の退避への影響と退避作業

地震による荷揚場への影響		車両・資機材の退避への影響	退避作業	
荷揚場退避ルートへの影響	荷揚場沈降	退避ルートに段差が発生することにより車両が通行できない可能性がある。	①※	荷揚場復旧（別紙１）（段差解消）
	荷揚場常設設備の倒壊	荷揚場常設設備が転倒し，退避ルートに干渉することで，車両が通行できない可能性がある。	②※	倒壊物の撤去
資機材への影響	荷揚場常設設備の倒壊	荷揚場常設設備が倒壊し，資機材に干渉することで，車両への積込みができない可能性がある。	③※	倒壊物の干渉回避（切断・撤去等）
	資機材の転倒	資機材が転倒する可能性がある。	④※	車両に積込み退避を実施
車両への影響	荷揚場常設設備の倒壊	荷揚場常設設備が倒壊し，車両に干渉することで，牽引できない可能性がある。	③※	倒壊物の干渉回避（切断・撤去等）
	車両の故障	油漏れ等で自走不可になる可能性がある。	⑤※	牽引による退避を実施

※　図１のフローの番号と整合

b.　車両・資機材の退避

地震発生後に，荷揚場からの車両・資機材を退避させる作業手順を図１に示す。また，以下の(a)～(d)に，各荷揚場各作業における車両・資機材の退避に係る具体的な作業内容及び退避時間を示す。

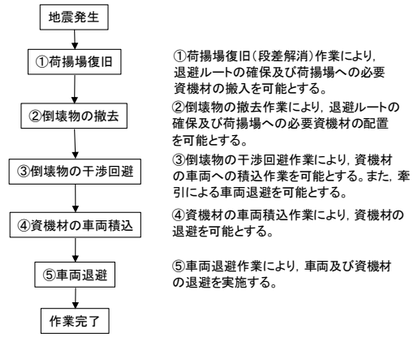


図１　荷揚場からの車両・資機材の退避作業手順

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

(a)　使用済燃料輸送作業

使用済燃料輸送作業中には，荷揚場に使用済燃料輸送車両，使用済燃料輸送容器がある。津波による漂流物の発生を防止するため，これらを退避させる。

使用済燃料輸送作業中に地震が発生した場合の，車両・資機材の退避への影響，退避作業及びこれに必要な資機材等について整理した結果を表４に示す。また，荷揚場作業と退避ルートの概要図を図２に，退避作業に係る時系列を図３に示す。

表４　地震による車両・資機材の退避への影響と退避作業
（使用済燃料輸送作業）

地震による荷揚場への影響		退避への影響	退避作業の内容		退避作業に必要な資機材等
荷揚場退避ルートへの影響	荷揚場沈降	段差が発生することにより車両が通行できない可能性がある。	①	・砕石を運搬し，車両通行可能な勾配になるよう段差を復旧する。	・ショベルカー ・トラック ・ホイールローダ
	荷揚場常設設備の転倒による干渉	荷揚場常設設備が転倒し，退避ルートに干渉することで，車両が通行できない可能性がある。	②	・倒壊物の撤去作業を実施する。	・ホイールローダ
資機材への影響	荷揚場常設設備の転倒による資機材への干渉	荷揚場常設設備が倒壊し，使用済燃料輸送容器に干渉することで，車両への積込を阻害する可能性がある。	③	・倒壊物の干渉回避（切断，撤去等）により，燃料輸送容器への玉かけ作業を可能とする。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック
	資機材の転倒	使用済燃料輸送容器が転倒する可能性がある。	④	・使用済燃料輸送車両または代替可能な運搬車両に積込み退避を実施する。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・使用済燃料輸送車両または代替可能な運搬車両
車両への影響	荷揚場常設設備の転倒による車両への干渉	荷揚場常設設備が倒壊し，使用済燃料輸送車両に干渉することで，牽引できない可能性がある。	③	・倒壊物の撤去（切断，撤去等）により，燃料輸送車両の牽引作業を可能とする。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック
	車両の故障	油漏れ等で自走不可になる可能性がある。	⑤	・牽引により退避を実施する。	・使用済燃料輸送車両または代替可能な牽引車両 ・牽引資機材

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

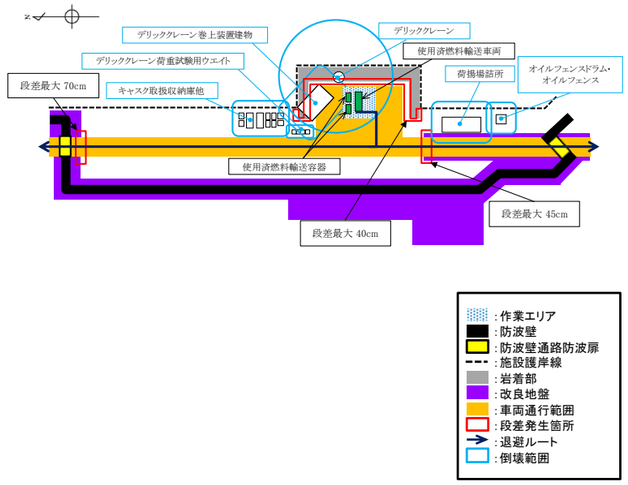


図２　使用済燃料輸送作業の荷揚場作業と退避ルートの概要図

作業内容		作業時間 (h)	経過時間 6h 12h 18h 24h
①段差復旧	作業車両移動 砕石積込 砕石運搬 砕石敷設等	6	
②倒壊物の撤去	作業車両移動 撤去作業等	6	
③倒壊物の干渉回避	作業車両移動 撤去作業等	6	
④資機材積込	作業車両移動 玉かけ 積込等	3	
⑤車両・資機材退避	作業車両移動 車両接続 牽引等	3	

図３　退避作業に係る時系列（使用済燃料輸送作業）

(b)　LLW 搬出作業

LLW 搬出作業中には，荷揚場に LLW 輸送車両，LLW 輸送容器がある。津波による漂流物の発生を防止するため，これらを退避させる。

LLW 搬出作業中に地震が発生した場合の，車両・資機材の退避に影響を及ぼす事象，退避作業及びこれに必要な資機材等について整理した結果を表５に示す。また，荷揚場作業と退避ルートの概要図を図４に，退避作業に係る時系列を図５に示す。

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表５　地震による荷揚場からの退避への影響と退避作業
（LLW 搬出作業）

地震による荷揚場への影響		退避への影響	退避作業の内容		退避作業に必要な資機材等
荷揚場退避ルートへの影響	荷揚場沈降	段差が発生することにより車両が通行できない可能性がある。	①	・砕石を運搬し，車両通行可能な勾配になるよう段差を復旧する。	・ショベルカー ・トラック ・ホイールローダ
	荷揚場常設設備の転倒による干渉	荷揚場常設設備が転倒し，退避ルートに干渉することで，車両が通行できない可能性がある。	②	・倒壊物の撤去作業を実施する。	・ホイールローダ
資機材への影響	荷揚場常設設備の転倒による資機材への干渉	荷揚場常設設備が倒壊し，LLW 輸送容器に干渉することで，車両への積込を阻害する可能性がある。	③	・荷揚場常設設備の撤去（切断，撤去等）により，LLW 輸送容器への玉かけ作業を可能とする。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック
	資機材の転倒	LLW 輸送容器が転倒する可能性がある。	④	・LLW 輸送車両または代替可能な運搬車両に積込み退避を実施する。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・LLW 輸送車両または代替可能な運搬車両
車両への影響	荷揚場常設設備の転倒による車両への干渉	荷揚場常設設備が倒壊し，LLW 輸送車両に干渉することで，牽引できない可能性がある。	③	・荷揚場常設設備の撤去（切断，撤去等）により，LLW 車両の牽引作業を可能とする。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック
	車両の故障	油漏れ等で自走不可になる可能性がある。	⑤	・牽引により退避を実施する。	・牽引車両 ・牽引資機材

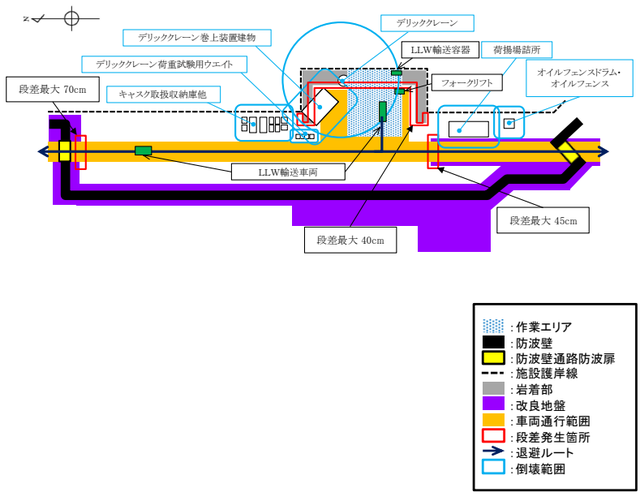


図４　LLW 搬出作業の荷揚場作業と退避ルートの概要図

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

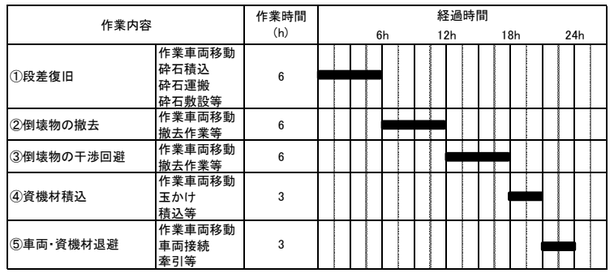


図５　退避作業に係る時系列（LLW 搬出作業）

(c)　デリッククレーン点検作業

デリッククレーン点検作業中には，荷揚場に発電機，トラック，ラフタークレーンがある。津波による漂流物の発生を防止するため，これらを退避させる。

デリッククレーン点検作業中に地震が発生した場合の，車両・資機材の退避に影響を及ぼす事象，退避作業及びこれに必要な資機材等について整理した結果を表６に示す。また，荷揚場作業と退避ルートの概要図を図６に，退避作業に係る時系列を図７に示す。

表６　地震による荷揚場からの退避への影響と退避作業
（デリッククレーン点検作業）

地震による荷揚場への影響		退避への影響	退避作業の内容		退避作業に必要な資機材等
荷揚場退避ルートへの影響	荷揚場沈降	段差が発生することにより車両が通行できない可能性がある。	①	・砕石を運搬し，車両通行可能な勾配になるよう段差を復旧する。	・ショベルカー ・トラック ・ホイールローダ
	荷揚場常設設備の転倒による干渉	荷揚場常設設備が転倒し，退避ルートに干渉することで，車両が通行できない可能性がある。	②	・倒壊物の撤去作業を実施する。	・ホイールローダ
資機材への影響	荷揚場常設設備の転倒による資機材への干渉	荷揚場常設設備が倒壊し，発電機に干渉することで，車両への積込を阻害する可能性がある。	③	・荷揚場常設設備の撤去（切断，撤去等）により，発電機への玉かけ作業を可能とする。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック
	資機材の転倒	発電機が転倒する可能性がある。	④	・トラックに積込み退避を実施する。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・トラック
車両への影響	荷揚場常設設備の転倒による車両への干渉	荷揚場常設設備が倒壊し，トラック，ラフタークレーンに干渉することで，牽引できない可能性がある。	③	・荷揚場常設設備の撤去（切断，撤去等）により，トラック，ラフタークレーンの牽引作業を可能とする。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック
	車両の故障	油漏れ等で自走不可になる可能性がある。	⑤	・牽引により退避を実施する。	・牽引車両 ・牽引資機材

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

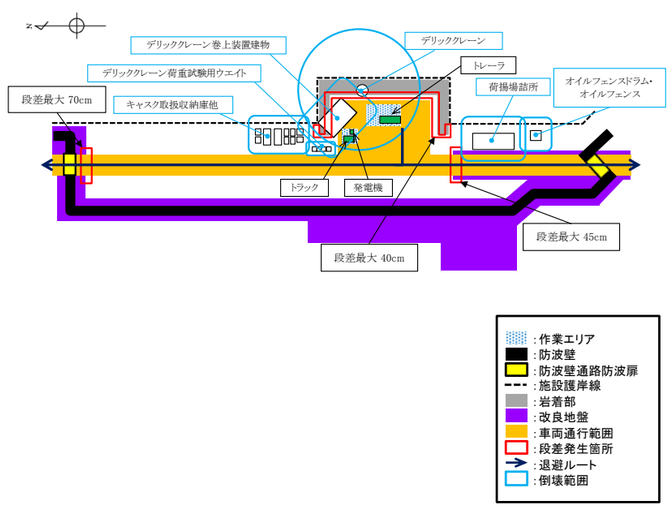


図６　デリッククレーン点検作業の荷揚場作業と退避ルートの概要図

作業内容		作業時間（h）	経過時間 6h 12h 18h 24h
①段差復旧	作業車両移動 砕石積込 砕石運搬 砕石敷設等	6	
②倒壊物の撤去	作業車両移動 撤去作業等	6	
③倒壊物の干渉回避	作業車両移動 撤去作業等	6	
④資機材積込	作業車両移動 玉かけ 積込等	3	
⑤車両・資機材退避	作業車両移動 車両接続 牽引等	3	

図７　退避作業に係る時系列（デリッククレーン点検作業）

(d)　防舷材設置作業

防舷材設置作業中には，荷揚場にラフタークレーン，トラックがある。津波による漂流物の発生を防止するため，これらを退避させる。

防舷材設置作業中に地震が発生した場合の，車両・資機材の退避に影響を及ぼす事象，退避作業及びこれに必要な資機材等について整理した結果を表７に示す。また，荷揚場作業と退避ルートの概要図を図８に，退避作業に係る時系列を図９に示す。

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表７　地震による荷揚場からの退避への影響と退避作業
（防舷材設置作業）

地震による荷揚場への影響		退避への影響	退避作業の内容		退避作業に必要な資機材等
荷揚場退避ルートへの影響	荷揚場沈降	段差が発生することにより車両が通行できない可能性がある。	①	・砕石を運搬し，車両通行可能な勾配になるよう段差を復旧する。	・ショベルカー ・トラック ・ホイールローダ
	荷揚場常設設備の転倒による干渉	荷揚場常設設備の転倒範囲は退避ルートには到達しない。	②	・倒壊物の撤去作業を実施する。	・ホイールローダ
車両への影響	荷揚場常設設備の転倒による車両への干渉	荷揚場常設設備が倒壊し，トラック，ラフタークレーンに干渉することで，牽引できない可能性がある。	③	・荷揚場常設設備の撤去（切断，撤去等）により，トラック，ラフタークレーンの牽引作業を可能とする。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック
	車両の故障	油漏れ等で自走不可になる可能性がある。	④	・牽引により退避を実施する。	・牽引車両 ・牽引資機材

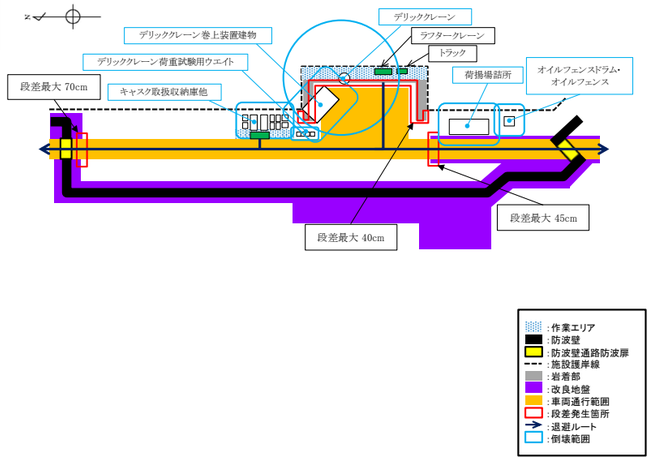


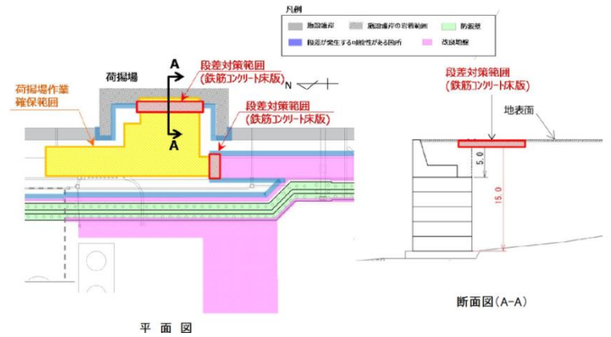
図８　防舷材設置作業の荷揚場作業と退避ルートの概要図

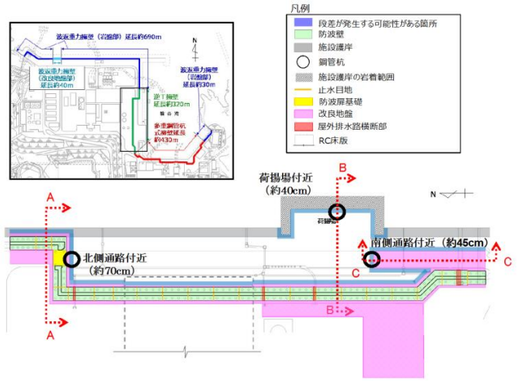
作業内容		作業時間（h）	経過時間 6h 12h 18h 24h
①段差復旧	作業車両移動 砕石積込 砕石運搬 砕石敷設等	6	
②倒壊物の撤去	作業車両移動 撤去作業等	6	
③倒壊物の干渉回避	作業車両移動 撤去作業等	6	
④車両・資機材退避	作業車両移動 車両接続 牽引等	3	

図９　退避作業に係る時系列（防舷材設置作業）

c.　地震発生後の車両・資機材の退避の実現性

各荷揚場作業において退避に要する時間は，いずれも 24 時

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		間程度であり，必要資機材の手配に１週間を要すると仮定すると，荷揚場作業に係る車両・資機材は 10 日間程度で退避可能である。従って，荷揚場作業中に，敷地近傍の震源による地震が発生した場合，荷揚場の沈下や車両の故障等が想定されるが，独立事象である日本海東縁部に想定される地震による津波が襲来するまでの間に，荷揚場の復旧や車両の牽引等による退避が可能である。なお，更なる地震発生後の車両・資機材の退避の実現性を高める対策として，地震による段差が生じないよう荷揚場作業エリア及び退避ルートに鉄筋コンクリート床版による段差対策を講じる（図 10 参照）。  図 10　段差対策範囲 ５．まとめ 荷揚場作業中に，日本海東縁部に想定される地震による津波が発生する場合は，津波が到達するまでに荷揚場作業に係る車両・資機材の退避が可能である。また，荷揚場作業中に，敷地近傍の震源による地震が発生する場合は，独立事象である日本海東縁部に想定される地震による津波が襲来するまでに，荷揚場作業に係る車両・資機材の退避が可能である。 荷揚場作業を実施する場合には，その都度，作業に必要な車両・資機材が，津波または地震が発生する場合に退避可能であるか確認することから，荷揚場作業に用いる車両・資機材が津波により漂流物となることはないと考えられる。 なお，仮にこれらの車両・資機材が漂流物となった場合においても，水面上を漂流するものは深層取水方式の取水口に到達することはなく，港湾内に沈むものは海底面から 5.5m の高さがある取水口に到達することはないため，取水口の通水性への影響を及ぼすことはない。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		別紙１ 地震による荷揚場への影響と復旧作業について １．概要 地震による荷揚場への影響として，荷揚場沈下に伴う段差が発生する。地震による段差復旧については，「「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」への適合状況について」のうち「添付資料 1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて」において試験を実施している。地震により段差が発生した場合でも同様な復旧作業が可能であり，ここでは，地震による荷揚場への影響と復旧作業について示す。 ２．地震による荷揚場への影響について 荷揚場は海側の施設護岸下部を岩着構造としており，沈下しない範囲もあるが，その西側や荷揚場道路付近は埋戻土（掘削ズリ）により敷地造成していることから，地中埋設構造物（施設護岸）及び地盤改良部との境界部に不等沈下に伴う段差が発生する可能性がある。ここで，荷揚場付近で段差が発生する可能性がある箇所を図１に示す。 ここで，埋戻土（掘削ズリ）の沈下量を計算した結果，荷揚場付近の沈下しない範囲との段差は北側通路付近で最大約 70cm，南側通路付近で最大約 45cm，荷揚場付近で最大約 40cm となる。  図１　荷揚場付近の沈下により段差が発生する可能性がある箇所	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

３．段差高の計算方法について

埋戻土（掘削ズリ）の沈下量については，液状化及び揺すり込みに伴う沈下量として，保守的にばらつきを考慮した相対密度から求まる沈下率（3.5%）を用い，埋戻土（掘削ズリ）の層厚×3.5%で算出する。

段差高は，道路部における埋戻土（掘削ズリ）の層厚から地中埋設構造物（施設護岸）及び地盤改良部の層厚を引いた差に 3.5%を乗じて算出する。

表１　各断面における埋戻土層厚および段差評価一覧表

箇所	境界部における埋戻土の層厚差（m）	段差高さ（cm）=埋戻土層厚×3.5%	評価値（cm）
北側通路付近	18.2	64	70
南側通路付近	11.4	40	45
荷揚場付近	10.0	35	40

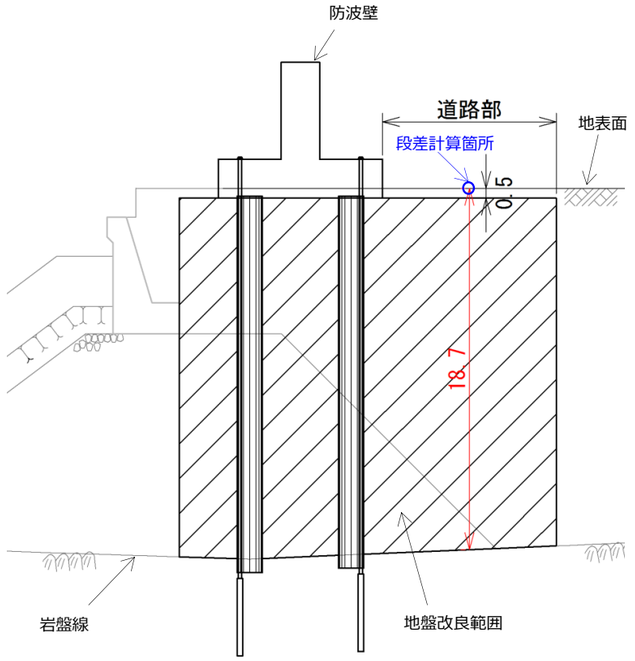
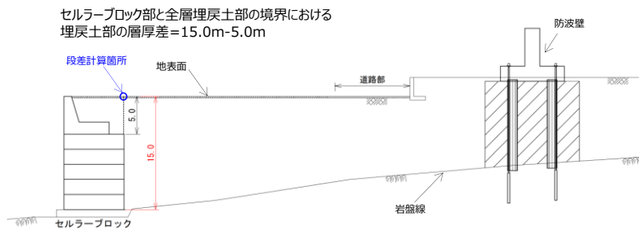
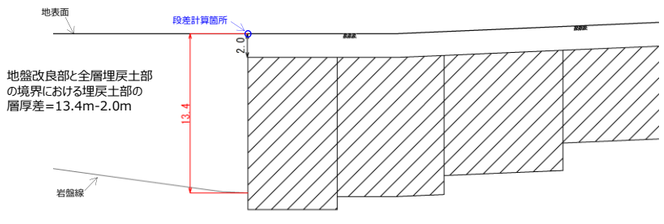


図２　北側通路付近断面図（A-A 断面）

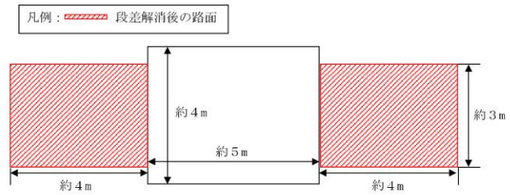
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 図３　南側通路付近断面図（B-B 断面）  図４　荷揚場付近断面図（C-C 断面）	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		４．段差復旧作業について 地震により段差が発生した場合でも，砕石の敷設により段差復旧が可能である。 段差復旧作業について，「添付資料 1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて」のうち「別紙(9) 構内道路補修作業の検証について」の内容を抜粋して示す。	

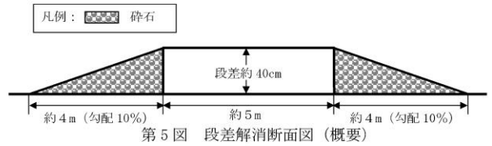
(2)　段差復旧

a．概要

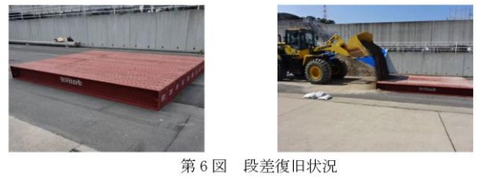
島根原子力発電所に「段差復旧」用として配備している砕石を用いてホイールローダにより，第４図，第５図，第６図のとおり，砕石を用いて，１箇所 40 ㎝の段差を復旧した際の作業時間を作業員Ａ，Ｂ及びＣそれぞれ１回計測した。



第４図　段差解消平面図（概要）



第５図　段差解消断面図（概要）



第６図　段差復旧状況

b．測定結果

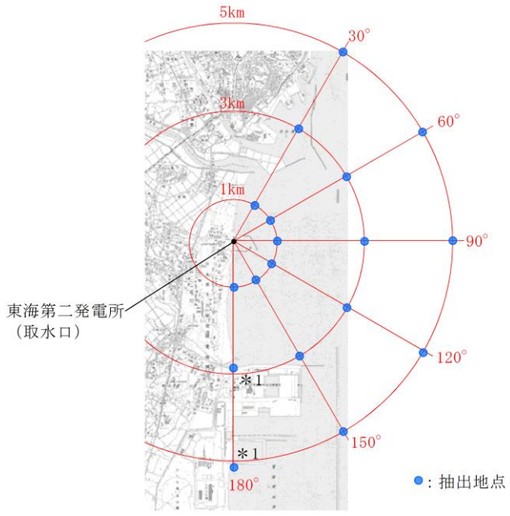
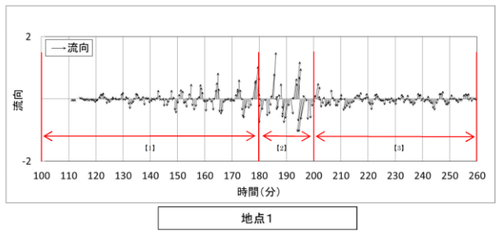
・作業員Ａ：19 分 44 秒
・作業員Ｂ：19 分 27 秒
・作業員Ｃ：18 分 33 秒
【評価値】20 分（上り，下り　計２箇所）

1.0.2-247

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		測定結果より，段差緩和対策を行うものの，万一，段差が発生した場合においても，約 10 分／箇所で作業を実施できることを確認した。 1.0.2-248	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	添付資料 17 津波の流況を踏まえた漂流物の津波防護施設等及び取水口への到達可能性評価について 1.　はじめに 「2.5　水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止」における評価のひとつとして，基準津波に伴う漂流物が津波防護施設等の健全性及び非常用海水ポンプの取水性に及ぼす影響を確認するために，漂流物となる可能性のある施設・設備を「第 2.5-11 図　漂流物評価フロー」に基づき評価している。 漂流物評価フローにおいて示される「津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性」の具体的な考え方について，以下に示す。 2.　「津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性」について 津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性について，津波の流況を踏まえて，東海第二発電所の津波防護施設等及び取水口に対する漂流物の動向を確認することにより評価する。 2.1　津波流況の考察 (1)　流況考察時間の分類 東海第二発電所敷地内及び敷地外における津波襲来時の流況について整理した。津波流向の時刻歴を確認した結果，津波が襲来する時間帯（以下流況の評価においては「津波襲来時」という。）である地震発生後約 34 分～約 40 分及び引き波の時間帯（以下流況の評価においては「引き波時」という。）である地震発生後約 40 分～約 50 分に大きな速度を有する一定方向の流向が継続しており，引き波後は継続的でない流向を示す傾向にあった。漂流物の動向に影響を与える流況としては，大きな速度を有する継続的な一定方向の流向が支配的	添付資料 36 構外海域の漂流物が施設護岸及び取水口へ到達する可能性について 1.　はじめに 構外海域の漂流物となる可能性のある施設・設備が，施設護岸及び取水口に到達する可能性について，第 2.5-18 図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき，津波の流況を踏まえて評価する。 2.　津波流況の考察 (1)　流況考察時間の分類 島根原子力発電所構内及び構外における津波襲来時の流況について考察した。考察に当たっては，流況考察時間を最大水位・流速を示す時間帯とその前後の３区分に分類する。 日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波１）は，最大水位・流速を示す時間帯が地震発生後約 180 分～200 分であり，海域活断層から想定される地震による津波（基準津波４）は，最大水位・流速を示す時間帯が地震発生後約５分～７分であるため，各々以下のとおり分類した。第１図に流況考察時間の分類例を示す。	・基準津波の相違 【東海第二】 島根２号炉は基準津波の特性として，津波周期が短く敷地周辺及び港湾内の流向が短時間に変化することから，最大流速・水位を示す時間

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	であると考えられるが，ここでは保守的に引き波後の流況についても把握することを目的とし，津波による流況が収束しつつある時間帯（以下流況の評価においては「収束時」という。）である地震発生後約50分～約90分についても整理した。第１図に流況考察時間の分類を示す。	日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波１） 【1】最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 100 分～180 分） 【2】最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 180 分～200 分） 【3】最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分） 海域活断層に想定する地震による津波（基準津波４） 【1】最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約０分～５分） 【2】最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約５分～７分） 【3】最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約７分～30 分）	帯とそれ以外に分類

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 ＊1　（3km，180°）及び（5km，180°）の地点については，陸域となるため，海域となるように調整した。  流況考察時間の分類 ①津波襲来時（地震発生後　約 34 分～約 40 分） ②引き波時（地震発生後　約 40 分～約 50 分） ③収束時（地震発生後　約 50 分～約 90 分） 第１図　流況考察時間の分類	  第１図　流況考察時間の分類例（基準津波１における地点１）	
	(2)　津波流況の考察 第 2 図に発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤ありの場合）を示す。また，防波堤ありの場合における流況の考察の詳細を以下に示す。	(2)　基準津波１の流況の考察 基準津波１の水位変動・流向ベクトルを，添付資料 34 の第１図に示す。この図に基づく，流況の考察の詳細を以下に示す。なお，［　］内は添付資料 34 の図番号を示す。	・基準津波の相違 【東海第二】 島根は基準津波が複数あることによる相違 ・資料構成の相違 【東海第二】 島根２号炉は，水位変動・流向ベクトルを添付資料 34 に示す

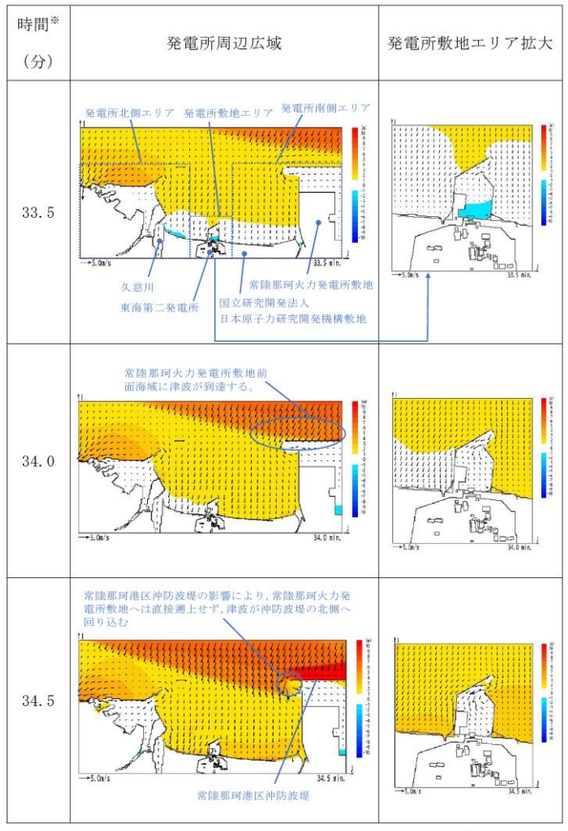
柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	a．防波堤あり (a)　津波襲来時（地震発生後　約 34 分～約 40 分） i)　発電所敷地エリア 東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 35 分後に敷地前面に到達する。地震発生から約 37 分後には敷地への遡上が始まり，第 2 図（4／11）の地震発生から 38 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，取水口以北では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面北側に沿うように遡上し，取水口以南では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面南側に沿うように遡上する。地震発生から約 40 分後には引き波となる。 ii)　発電所北側エリア 東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 35 分後に発電所北側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約 37 分後には北西向きの流向を主流として発電所北側エリアの陸域及び久慈川へ遡上し，第 2 図（5／11）の地震発生から 40 分後における発電所周辺広域図のように，発電所敷地エリアでは引き波へと転じる地震発生から約 40 分後においても，発電所北側エリアの陸域及び久慈川では津波の遡上が続く（地震発生から約 43 分後まで遡上が継続する）。 iii)　発電所南側エリア 東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 34 分後に発電所南側エリア前面の海域に到達する。前面海域に到達した津波は常陸那珂港区沖防波堤の影響により，常陸那珂火力発電所敷地へは直接遡上せず，沖防波堤の北側に回り込む。地震発生から約 36 分後には常陸那珂港区沖防波堤の北側に回り込んだ津波が常陸那珂火力発電所敷地の北側から遡上を始める。第 2 図（3／11）の地震発生から 37.5 分後における発電所	a．防波堤有り (a)　最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 100 分～180 分）［第 1 図(1)～(160)］ ⅰ）　構外海域 約 109 分では，津波の第１波が敷地の東側から沿岸を沿うように襲来する［第 1 図(19)］。また，約 113 分 30 秒では，敷地の北西側から津波が襲来する［第 1 図(28)］。構外海域において流速は小さく，水位変動も 1m 程度である。その後，約 180 分まで主に敷地の北西側からの押し波，引き波により，短い周期で北西方向と南東方向の流れを繰返す。いずれの時間帯においても流速は 1m/s 未満である。 ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約 116 分 30 秒では，津波の第１波が輪谷湾に到達する。水位が 1m 程度上昇し，0.5m/s 程度の流速が防波堤付近で発生する［第 1 図(34)］。その後，約 180 分まで，短い周期で輪谷湾内と湾外への流れを繰返す。水位変動は最大でも 3m 程度で，流速は最大でも 3m/s 程度である［第 1 図(157)～(160)］。 流れの特徴としては，押し波時，引き波時とも防波堤を回り込む流れが生じ，港湾内のうち防波堤を回り込む流れによる流速が比較的速い。	・基準津波の相違 【東海第二】 基準津波の違いによる考察結果の相違（以下，同様）

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	周辺広域図のように，常陸那珂火力発電所敷地の北側からは南向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上し，常陸那珂火力発電所敷地の南側からは北向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが，地震発生から約 40 分後には引き波となる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地では地震発生から約 37 分後に西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが，地震発生から約 39 分後には引き波となる。 (b)　引き波時（地震発生後　約 40 分～約 50 分） i)　発電所敷地エリア 地震発生から約 40 分後に引き波へと転じ，敷地前面東側から外海へ向かう流況となる。引き波時は津波襲来時のように防潮堤に沿うような流況は示さず，第 2 図（5／11）の地震発生から 40 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，敷地前面東側の一部を除き，直接外海へ向かう流況となっている。また，第 2 図（7／11）の地震発生から 43 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，防波堤の間隔が狭いため，引き波方向に大きな流速が出ていることが確認される。引き波の流況は地震発生から約 50 分後まで継続する。 ii)　発電所北側エリア 地震発生から約 40 分後以降においても久慈川及び久慈川周辺陸域については遡上を続けるが，地震発生から約 43 分後には引き波へ転じ始め，陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する。なお，防波堤より敷地側の海域では比較的穏やかな流況となる（防波堤より敷地側の海域では穏やかな流況が地震発生から 90 分後まで続く）。また，第 2 図（6／11）の地震発生から 41.5 分後における発電所周辺広域図のように，日立港区沖防波堤の北側又は南側に回り込みながら波が引いていく流況となる。さらに，第 2 図（8／11）の地震発生から 45 分後における発電所周辺広域図のように，日立港区東防	(b)　最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 180 分～200 分）［第 1 図(161)～(201)］ ｉ）　構外海域 約 180 分では，敷地の北西側から引き波が襲来する。引き波の影響により北西方向の流れとなり 1m/s 程度の流れが確認できる［第 1 図(161)］。約 183 分では，敷地の北西側から押し波が襲来し，押し波の影響により南東方向の流れとなり，引き波の流速と同様 1m/s 流れが確認できる［第 1 図(166)］。 約 187 分では，敷地の北西側から引き波が襲来し［第 1 図(175)］，約 191 分では，水位変動が 3m 程度の大きい押し波が襲来し 2m/s 程度の流れが確認できる［第 1 図(183)］。その後も，敷地の北西側から押し波，引き波が約 200 分まで交互に襲来する。 ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約 184 分では，敷地の北西側から押し波が襲来し，流速 5m/s 程度の防波堤を回り込む流れが発生する［第 1 図(169)］。約 184 分 30 秒では，輪谷湾内水位が 5m 程度上昇し，構外海域では押し波傾向であるが，輪谷湾水位が高いため，輪谷湾内への流れは 2m/s 程度となる［第 1 図(170)］。その直後には輪谷湾外へ向かう流れとなる［第 1 図(171)］。約 192 分 30 秒では，輪谷湾の水位が低い状態において，敷地の北西側から押し波が襲来する。最大流速が発生する時間帯であり，防波堤を回り込む 5m/s 程度の流れが発生する［第 1 図(186)］。その 1 分後の約 193 分 30 秒では，構外海域は押し波傾向であるが，輪谷湾水位が高いため，輪谷湾に向かう流れはない［第 1 図	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	波堤及び南防波堤の間隔が狭いため，引き波方向に大きな流速が出ていることが確認される。発電所北側エリアの前面海域については地震発生から約 40 分後には引き波へと転じ，外海へ向かう流況となる。この流況は地震発生から約 43 分後まで継続する。 iii）　発電所南側エリア 発電所南側エリアの常陸那珂火力発電所敷地では，地震発生の約 40 分後から約 45 分後にかけて引き波となる。第 2 図（6／11）の地震発生から 42 分後における発電所周辺広域図のように，常陸那珂港区沖防波堤の北側に回り込みながら波が引いていく流況を示し，第 2 図（7／11）の地震発生から 43 分後における発電所周辺広域図のように，旋回する流況が確認される。旋回する流況は地震発生後約 55 分まで継続する。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地前面海域では地震発生の約 40 分後から約 50 分後にかけて引き波となり，外海へ向う流向を主流とした流況となる。 (c)　収束時（地震発生後　約 50 分～約 90 分） i）　発電所敷地エリア 敷地前面海域において，第 2 図（9／11）の地震発生から 55 分後における発電所周辺広域図のように，旋回する流況が確認される（旋回する流況は地震発生後約 75 分まで継続する）。また，第 2 図（9／11）の地震発生から 60 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，東海港の防波堤付近にて旋回する流況となるが，継続的な流況とはならない。地震発生の約 65 分後から約 75 分後にかけては一部旋回する流況となるものの，穏やかな流況が継続する。第 2 図（11／11）の地震発生から 80 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，地震発生から約 80 分後に西向きの流向で津波が襲来し，物揚岸壁及び敷地前面東側の一部に津波が遡上するが，この流況が継続することはなく，地震発生から約 85 分後には引き波へと転じ，地震発生から約 90 分後には一部で引き波及び旋回する流況が確認されるものの比較的穏やかな流況となる。	(188)］。その後，約 200 分まで，短い周期で輪谷湾内と輪谷湾外への流れを繰返す。 (c)　最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分）［第 1 図(202)～(281)］ ｉ）　構外海域 約 201 分では，南東方向の流れとなり，流速は 1m/s 程度である［第 1 図(203)］。約 204 分では，流れは逆向きとなる［第 1 図(209)］。その後，敷地北西側からの押し波，引き波により短い周期で北西方向と南東方向の流れを繰返す。また，流速は速くても 1m/s 程度である。	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	ii)　発電所北側エリア 地震発生から約 55 分後までは陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況が継続する。地震発生の約 65 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生の約 85 分後から約 90 分後では引き波となり，外海へ向う流向を主流とした流況となる。 iii)　発電所南側エリア 地震発生の約60分後から約80分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生から約 85 分後に引き波へと転じ，地震発生から約 90 分後には再び穏やかな流況となる。	ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約 201 分では，輪谷湾外への流れとなり，流速は 1m/s 程度である［第 1 図(203)］。約 205 分では，押し波が襲来し，輪谷湾内への流れとなり，流速は 1m/s 程度となる［第 1 図(211)］。 流れの特徴としては，押し波時，引き波時とも防波堤を回り込む流れが生じ，港湾内の流速のうち防波堤を回り込む流れによる流速が比較的速い。	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



※：津波の原因となる地震発生後の経過時間

第２図　発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤ありの場合）（1／11）

第３図に発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤なしの場合）を示す。また，防波堤なしの場合における流況の考察の詳細を以下に示す。

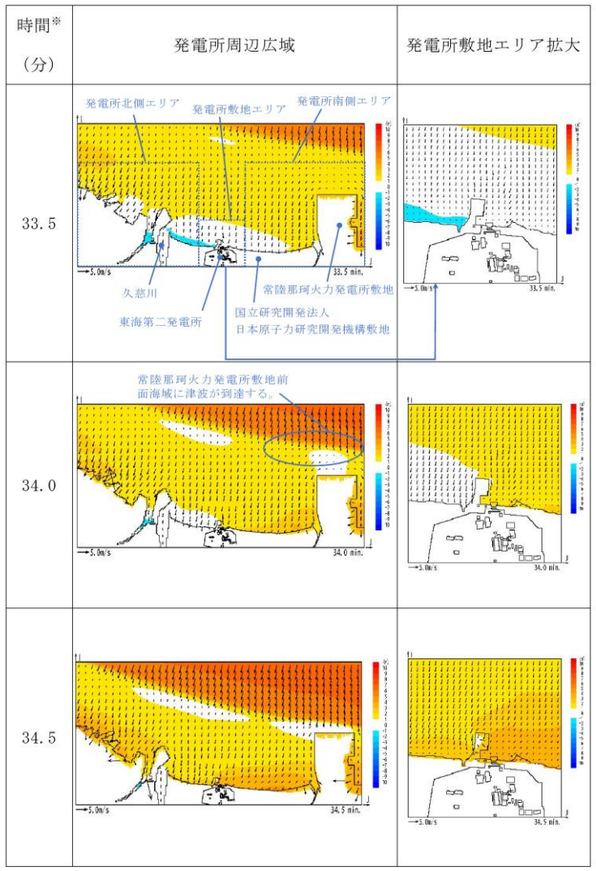
・資料構成の相違
【東海第二】
島根２号炉は，軌跡解析の傾向も踏まえ，第３図に記載

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	b．防波堤なし (a)　津波襲来時（地震発生後　約 34 分～約 40 分） i)　発電所敷地エリア 東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 35 分後に敷地前面に到達する。地震発生から約 37 分後には敷地への遡上が始まり，第 3 図（4／11）の地震発生から 38 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，取水口以北では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面北側に沿うように遡上し，取水口以南では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面南側に沿うように遡上する。地震発生から約 40 分後には引き波となる。 ii)　発電所敷地エリア 東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 35 分後に発電所北側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約 37 分後には北西向きの流向を主流として発電所北側エリアの陸域及び久慈川へ遡上し，第 3 図（5／11）の地震発生から 40 分後における発電所周辺広域図のように，発電所敷地エリアでは引き波へと転じる地震発生から約 40 分後においても，発電所北側エリアの陸域及び久慈川では津波の遡上が続く（地震発生から約 43 分後まで遡上が継続する)。 iii)　発電所南側エリア 東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 34 分後に発電所南側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約 35 分後には北西向きの流向を主流として常陸那珂火力発電所敷地へ遡上し始め，第 3 図（3／11）の地震発生から 37.5 分後における発電所周辺広域図のように，常陸那珂火力発電所敷地の北側からは南西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上し，常陸那珂火力発電所敷地の南側からは北西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが，地震発生から約 40 分後には引き波となる。国立研究開発法人日本原子力研	b. 防波堤無し (a)　最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 100 分～180 分）［第 1 図(1)～(160)］ ⅰ）　構外海域 「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。 ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約 116 分 30 秒では，津波の第 1 波が輪谷湾に到達する。水位が 1m 程度上昇するが，流速の変化は小さい［第 1 図(34)］。その後，約 180 分まで，短い周期で輪谷湾内と輪谷湾外への流れを繰返す。水位変動は最大でも 3m 程度で，流速は最大でも 3m/s 程度である［第 1 図(151)～(160)］。	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	究開発機構敷地では地震発生から約 37 分後に西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが，地震発生から約 39 分後には引き波となる。 (b)　引き波時（地震発生後　約 40 分～約 50 分） i)　発電所敷地エリア 地震発生から約 40 分後に引き波へと転じ，敷地前面東側から外海へ向かう流況となる。引き波時は津波襲来時のように防潮堤に沿うような流況は示さず，第 3 図（5／11）の地震発生から 40 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，敷地前面東側の一部を除き，直接外海へ向かう流況となっている。この流況は地震発生から約 50 分後まで継続する。 ii)　発電所敷地エリア 地震発生から約 40 分後以降においても久慈川及び久慈川周辺陸域については遡上を続けるが，地震発生から約 43 分後には引き波へ転じ始め，陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する。発電所北側エリアの前面海域については地震発生から約 40 分後には引き波へと転じ，外海へ向かう流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する（地震発生から約 55 分後まで引き波が継続する）。 iii)　発電所南側エリア 発電所南側エリアの常陸那珂火力発電所敷地では，地震発生の約 40 分後から約 45 分後にかけて引き波となり，第 3 図（7／11）及び（8／11）の発電所周辺広域図のように，地震発生から約 42 分後から約 45 分後にかけて常陸那珂火力発電所敷地前面海域にて旋回する流況となるものの，おおむね遡上時とは逆の流向を主流とした流況となる。地震発生から約 50 分後には常陸那珂火力発電所敷地前面海域にて南向きの流向を主流とした流況となる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地前面海域では地震発生の約 40 分後から約 50 分後にかけて引き波となり，外海へ向う流向を主流とした流況	(b)　最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 180 分～200 分）第 1 図(161)～(201)］ ｉ）　構外海域 「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。 ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約 183 分 30 秒では，敷地の北西側から押し波が襲来し，輪谷湾内における流速は 3m/s 程度である［第 1 図(168)］。約 184 分 30 秒では，輪谷湾内水位が 6m 程度上昇し，構外海域では押し波傾向であるが，輪谷湾水位が高いため，輪谷湾内への流れはない［第 1 図(170)］。その直後には輪谷湾外へ向かう流れとなる［第 1 図(171)］。約 192 分 30 秒では，輪谷湾の水位が低い状態において，敷地の北西側から大きい押し波が襲来する。最大流速が発生する時間帯であり，9m/s 程度の流れが発生する［第 1 図(186)］。約 193 分 30 秒では，構外海域は押し波傾向であるが，輪谷湾水位が高いため，輪谷湾外への流れとなる［第 1 図(188)］。その後，約 200 分まで，短い周期で輪谷湾内と輪谷湾外への流れを繰返す。	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	となる。 (c)　収束時（地震発生後　約 50 分～約 90 分） i)　発電所敷地エリア 敷地前面海域において，地震発生から約 55 分後には南向きの流況となり，地震発生から約 65 分後には北向きの流況となるが，いずれも継続的な流況とはならず，地震発生の約65分後から約75分後にかけては穏やかな流況が継続する。第 3 図（11／11）の地震発生から 80 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，地震発生から約 80 分後に西向きの流向で津波が襲来し，物揚岸壁及び敷地前面東側の一部に津波が遡上するが，この流況が継続することはなく，地震発生から約 85 分後には引き波へと転じ，地震発生から約 90 分後には一部で引き津波が継続するものの比較的穏やかな流況となる。 ii)　発電所敷地エリア 地震発生から約 55 分後までは陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況が継続する。地震発生から約 60 分後には北西へ向かう流向を主流とした流況となるが，継続的な流況とはならず，地震発生の約 65 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生の約 85 分後から約 90 分後では引き波となり，外海へ向う流向を主流とした流況となる。 iii)　発電所南側エリア 地震発生から約 55 分後にて西向きの流向を主流とした流況となるが，継続的な流況とはならず，地震発生の約60分後から約80分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生から約 85 分後に引き波へと転じ，地震発生から約90分後には再び穏やかな流況となる。	(c)　最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分）［第 1 図(202)～(281)］ ⅰ）　構外海域 「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。 ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約 201 分では，輪谷湾外への流れとなり，流速は 1m/s 程度である［第 1 図(203)］。約 205 分では，押し波が襲来し，輪谷湾内への流れとなり，流速は 1m/s 程度となる［第 1 図(211)］。 (3) 基準津波４の流況の考察 基準津波４の水位変動・流向ベクトルを，添付資料 34 の第４図に示す。この図に基づく，流況の考察の詳細を以下に示す。なお，［　］内は添付資料 34 の図番号を示す。 a. 防波堤有り (a)　最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約０分	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所 (2018.9.12 版)	島根原子力発電所　２号炉	備考
		～５分)［第４図(1)～(11)］ ⅰ） 構外海域 約２分では，津波の第１波が敷地の北西側から押し波として襲来する。水位も低く流速の変化は小さい［第 4 図(5)］。約４分では，北西側への大きい引き波により，北西方向の流れとなる［第 4 図(9)］が，いずれも 1m/s 以上の流速は確認されない。 ⅱ） 構内海域（輪谷湾） 約３分では，津波の第１波が輪谷湾に押し波として襲来する。水位も低く流速の変化は小さい［第４図(7)］。 (b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約５分～７分)［第４図(12)～(15)］ ⅰ） 構外海域 約５分では，敷地の北西側への大きい引き波により北西方向の流れが継続する［第４図(11)］。 ⅱ） 構内海域（輪谷湾） 約６分では，大きい引き波により輪谷湾外への流れとなり，3m/s 程度の流速となる［第４図(13)］。 (c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約７分～30 分)［第４図(16)～(61)］ ⅰ） 構外海域 約７分では，敷地の北西側への引き波が継続しており，北西方向の流れが継続する［第 4 図(15)］。約 9 分では，敷地北西側から押し波が襲来し，南東方向の流れとなる［第４図(19)］。いずれも，1m/s 以上の流速は確認されず，以降も，1m/s を超える流速はない。 ⅱ） 構内海域（輪谷湾） 約７分では，輪谷湾内への，約９分では，輪谷湾外への流れとなる［第 4 図(15)，(19)］。湾内のうち防波堤を回り込む流速が比較的速く 2m/s 程度の流速が確認できる［第４図(17)］。以降，輪谷湾内と輪谷湾外への流向が短い周期で変化するが，流速は 1m/s 程度である。 b. 防波堤無し	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第３図　発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤なしの場合）（1／11）	(a)　最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約０分～５分）［第４図(1)～(11)］ ⅰ）　構外海域 「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。 ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約３分では，津波の第１波が輪谷湾に押し波として襲来する。水位も低く流速の変化は小さい［第４図(7)］。 (b)　最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約５分～７分）［第４図(12)～(15)］ ⅰ）　構外海域 「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。 ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約６分では，大きい引き波により輪谷湾外への流れとなり，3m/s 程度の流速となる［第 4 図(13)］。約７分では，輪谷湾内への流向となり，2m/s 程度の流速となる［第４図(15)］。 (c)　最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約７分～30 分）［第４図(16)～(61)］ ⅰ）　構外海域 「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。 ⅱ）　構内海域（輪谷湾） 約７分では，輪谷湾内への流れとなる［第４図(15)］。約９分では，輪谷湾外への流れとなるが，流速は 2m/s 程度である［第４図(19)］。以降，輪谷湾内への流れ，輪谷湾外への流れが短い周期で変化するが，流速は 1m/s 程度である。	・資料構成の相違 【東海第二】 島根２号炉は，軌跡解析の傾向も踏まえ，第３図に記載

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	2.2　漂流物の津波防護施設等及び取水口への到達可能性評価 津波流況の考察より，以下のとおり時間分類毎に漂流物の津波防護施設等及び取水口への到達可能性について評価を実施した。 (1) 津波襲来時（地震発生後　約 34 分～約 40 分） 発電所敷地エリアについては，津波襲来時の流況から，取水口以北の漂流物は敷地前面東側から敷地側面北側へ防潮堤に沿うように移動し，取水口以南の漂流物は敷地前面東側から敷地側面南側へ防潮堤に沿うように移動すると考えられる。 発電所北側エリアについては，津波襲来時の流況から，当該エリアの漂流物は北西方向へ移動すると考えられ，発電所敷地エリアでは引き波へと転じる時間においても当該エリアの漂流物は津波の遡上方向である北西へ移動すると考えられる。 発電所南側エリアのうち常陸那珂火力発電所敷地については，津波襲来時の流況から，常陸那珂火力発電所の敷地における漂流物のうち北側に存在するものは南方向へ移動し，南側にあるものは北方向へ移動すると考えられる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地については，津波襲来時の流況から，国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地に存在する施設・設備は津波の遡上方向である西へ移動すると考えられる。しかしながら，発電所南側エリアの一部については東海第二発電所の敷地に隣接していることから，漂流物が津波防護施設である防潮堤の敷地前面東側及び敷地側面南側，取水口へ向かうことを否定できない。 以上より，漂流物の津波防護施設等及び取水口への到達可能性について以下のとおり整理した。	3.　構外海域の漂流物の施設護岸及び取水口への到達可能性評価 日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波１）と海域活断層から想定される地震による津波（基準津波４）の流況の考察結果から，発電所方向への継続的な流向がないことが確認された。 このため，施設護岸及び取水口への到達可能性評価に当たっては，漂流物となる可能性のある施設・設備のうち，発電所沿岸にある漁船に着目して評価を行う。到達可能性評価は，津波流況の考察結果に加え仮想的な浮遊物の軌跡解析※の結果も参考にして行う。 ※津波解析から求まる流向流速をもとに，質量を持たず，抵抗を考慮しない仮想的な浮遊物が，水面を移動する軌跡を示す解析。 発電所沿岸の漁港，漁船の操業区域及び軌跡解析の初期位置を第２図に示す。発電所沿岸部では，３号北側施設護岸付近及び輪谷湾でサザエ網・カナギ漁の漁船，発電所北東施設護岸付近でかご漁及びカナギ漁・採貝藻漁の漁船，施設護岸から北側 500m 付近で一本釣り漁の漁船，施設護岸から北西 600m 付近でイカ釣り漁及びわかめ養殖の漁船が操業する。 軌跡解析の初期位置としては，輪谷湾入口付近に１点（地点 A），サザエ網・カナギ漁の操業区域内の３号炉北岸付近に１点（地点 B），サザエ網・採貝藻漁及びかご漁の操業区域付近に１点（地点 C），一本釣り漁区域内に２点（地点 D,E），わかめ養殖場，イカ釣り漁の操業区域付近１点（地点 F），御津漁港近傍に１点（地点 G），計７地点設定した。軌跡解析結果を第３図に示す。また，流向・流速ベクトル及び軌跡解析の考察結果を第４，５図に示す。流向・流速ベクトル及び軌跡解析の考察結果より，構外海域にある漂流物には以下の移動傾向が確認された。 【漂流物の移動傾向】 ・最大水位・流速を示す時間帯以前，以降においては，流速が小さく，移動量も小さい ・いずれの時間帯も主に北西・南東方向の移動を繰返す傾向がある。	・評価方法及び資料構成の相違 【東海第二】 島根２号炉は，流況の考察に加え軌跡解析の結果も踏まえ評価を実施 ・基準津波の相違 【東海第二】 基準津波の特性の違いによる評価結果の相違（以下，同様）

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	ａ．津波防護施設等への到達可能性評価 発電所敷地エリアについては漂流物が津波防護施設である防潮堤の敷地前面東側，敷地側面北側及び敷地側面南側へ向かう可能性があるため，津波防護施設等へ向かう可能性があるものと評価した。なお，漂流物の衝突力が大きいと考えられる津波襲来時の流況として，敷地前面東側においては防潮堤の軸直交方向に津波が襲来し，敷地側面北側及び敷地側面南側においては防潮堤に沿うように軸方向に津波が襲来することから，漂流物の衝突による影響が大きくなるのは敷地前面東側であると考えられる。 発電所南側エリアについては漂流物が津波防護施設である防潮堤の敷地前面東側及び敷地側面南側へ向かう可能性があるため，津波防護施設等へ向かう可能性があるものと評価した。 発電所北側エリアについては漂流物が津波の遡上方向である北西へ移動すると考えられることから津波防護施設等へ向かわないと評価した。 ｂ．取水口への到達可能性評価 発電所南側エリアについては漂流物が取水口へ向かう可能性があるものと評価した。 その他のエリアにおける漂流物は陸域側又は久慈川上流へ移動すると考えられることから，取水口へ向かわないと評価した。 (2) 引き波時（地震発生後　約 40 分～約 50 分） 発電所敷地エリアについては，引き波時の流況から，漂流物が津波襲来時に敷地側面北側及び敷地側面南側へ移動した後に外海方向へ移動すると考えられるが，津波襲来時に敷地前面東側に漂流物が留まった場合，引き波時において漂流物が貯留堰，取水口へ向かうことを否定できない。 発電所北側エリアについては，引き波時の流況から，漂流物が外海方向へ移動すると考えられる。	日本海東縁部に想定される地震による津波と海域活断層から想定される地震による津波による漂流物の施設護岸及び取水口への到達可能性評価を，各々以下に示す。日本海東縁部に想定される地震による津波は，発電所到達まで 110 分程度あり，沖合等への退避が可能であると考えられるが，航行不能となることも考慮し，操業区域で津波が襲来すると想定して，評価を行う。また，海域活断層から想定される地震による津波は，発電所到達まで２分程度であり，操業区域で津波が襲来すると想定して評価を行う。 （１）日本海東縁部に想定される地震による津波 日本海東縁部に想定される地震による津波について，添付資料 34 第１図に示す基準津波１の流向・流速・軌跡の特徴を評価した結果を以下に示す。なお，［　］内は添付資料 34 の図番号を示す。 a. 施設護岸への到達可能性評価 ｉ）施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船 施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船としては，施設護岸から北西約 600m においてイカ釣り漁及びわかめ養殖の漁船がある。これらの漁船に対し，施設護岸及び輪谷湾への到達可能性を評価した。 (a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 100 分～180 分）［第１図(1)～(160)］ 約 180 分までは，全体的に流速が約 1m/s 未満と小さい。また，流向は主に北西・南東方向に変化しており，漂流物は北西，南東方向に移動すると考えられ，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 180 分～200 分）［第１図(161)～(201)］ 発電所北西の半島沿岸において，約 183 分で，流速 5m/s 程度の半島を回り込み発電所に向かうような流れが確認される［第１図(167)］が，流向は短い間隔で主に北西・南東方向に	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	発電所南側エリアのうち常陸那珂火力発電所敷地については，引き波時の流況から，漂流物が外海へ移動すると考えられる。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構敷地については，引き波時の流況から，漂流物が外海へ移動すると考えられる。 以上より，漂流物の津波防護施設等及び取水口への到達可能性について以下のとおり整理した。 ａ．津波防護施設等への到達可能性評価 発電所敷地エリアについては，津波襲来時に防潮堤の敷地側面北側及び敷地側面南側へ到達した漂流物が，引き波時に津波防護施設である貯留堰へ向かう可能性があるため，津波防護施設等へ向かう可能性があるものと評価した。 その他のエリアにおける漂流物は継続的に外海方向へ移動すると考えられることから津波防護施設等へ向かわないと評価した。 ｂ．取水口への到達可能性評価 発電所敷地エリアについては漂流物が取水口へ向かう可能性がある。 その他のエリアにおける漂流物は継続的に外海方向へ移動すると考えられることから，取水口へ向かわないと評価した。 (3) 収束時（地震発生後　約 50 分～約 90 分） 発電所敷地エリアについては，収束時の流況から，発電所敷地前面の漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられるが，比較的穏やかな流況が継続することから，漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。 発電所北側エリアについては，収束時の流況から，当該エリアの漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられるが，比較的穏やかな流況が継続することから，漂流物は大	変化しており，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。その他の海域においても，流速は速くて 2m/s 程度［第 1 図(167)］であり，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分）［第 1 図(202)～(281)］ 約 200 分以降は，全体的に流速が小さい。また，流向は主に北西・南東方向に変化しており，漂流物は北西，南東方向に移動すると考えられる。流速が小さく発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (a)～(c)より，施設護岸から 500m 以遠を操業する漁船については，流向が短い間隔で主に北西・南東方向に変化しており，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。また，イカ釣り漁及びわかめ養殖場の操業区域の近傍である地点 F における軌跡解析の結果からも，軌跡は発電所から遠ざかる方向に移動しており，施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる（第 4-1～27 図）。 ⅱ）施設護岸から 500m 以内で操業する漁船 施設護岸から約 500m 以内で操業する漁船としては，3 号北側沿岸部において，サザエ網漁及びカナギ漁の漁船，発電所北東沿岸部においてかご漁，カナギ漁及び採貝藻漁の漁船，発電所北側 500m 程度の区域で一本釣り漁の漁船がある。これらの漁船に対し，施設護岸及び輪谷湾への到達可能性を評価した。 (a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 100 分～180 分）［第 1 図(1)～(160)］ 約 180 分までは，全体的に流速が小さい。また，流向は主に北西・南東方向に変化しており，漂流物は北西，南東方向に移動すると考えられる。流速は 2m/s 程度［第 1 図(155)］であり，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸	

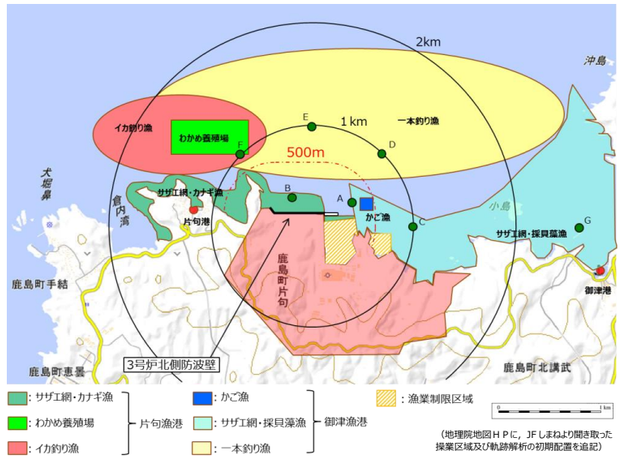
柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	きな移動を伴わないと考えられる。 発電所南側エリアについては，収束時の流況から，当該エリアの漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられるが，比較的穏やかな流況が継続することから，漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。 以上より，漂流物の津波防護施設等及び取水口への到達可能性について以下のとおり整理した。 ａ．津波防護施設等への到達可能性評価 各エリアにおける漂流物は大きな移動を伴わないと考えられることから，津波防護施設等へは向かわないと評価した。 ｂ．取水口への到達可能性評価 各エリアにおける漂流物は大きな移動を伴わないと考えられることから，取水口へ向かわないと評価した。	から 500m 以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 180 分～200 分）［第 1 図(161)～(201)］ (a)と同様に，流向は短い間隔で主に北西・南東方向に変化しており，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられるが，3 号北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置において，5m/s 以上の流速が確認される［第 1 図(164)，(187)］ことから，施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は，当該位置に接近することを考慮し，施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性があると評価した。 (c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分）［第 1 図(202)～(281)］ 約 200 分以降は，流速が小さい。また，流向は主に北西・南東方向に変化しており，漂流物は北西，南東方向に移動すると考えられる。 流速が小さく発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (a)～(c)より，最大水位・流速を示す時間帯において，3 号北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置で，5m/s 以上の流速が確認された。 一方，上記以外の範囲においては，流向が短い間隔で主に北西・南東方向に変化しており，発電所に対する連続的な流れもない。また，サザエ網，カナギ漁及び一本釣り漁の操業区域の近傍の地点 B における軌跡解析の結果からも，軌跡は北西方向と南東方向に移動を繰り返している（第 4-1～27 図）。 以上より，施設護岸から 500m 以内で操業する漁船については，3 号北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置に接近することを考慮し，施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性があると評価した。	

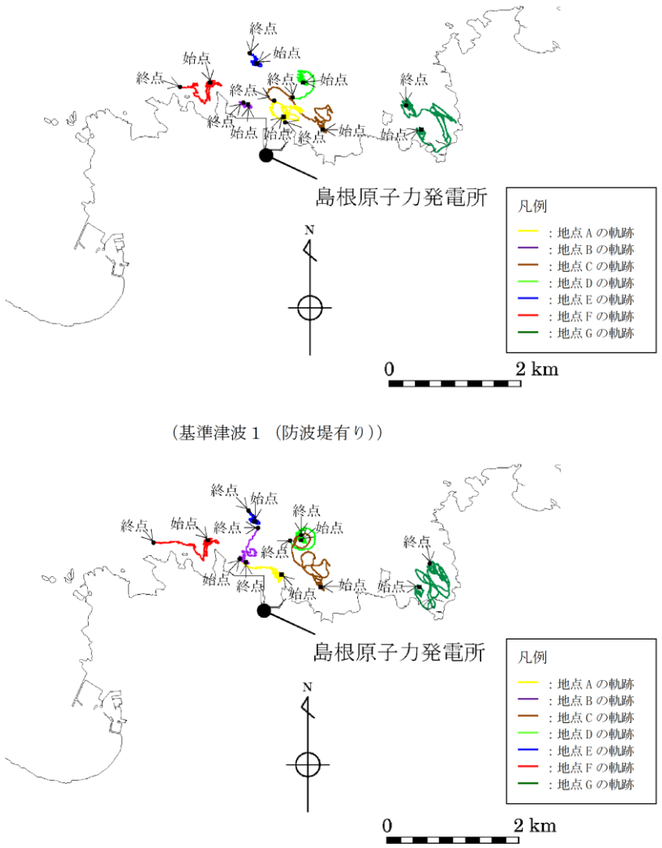
柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		b．取水口への到達可能性評価 a．ⅱ)より，発電所沿岸部で操業する漁船が漂流物となった場合，輪谷湾に到達する可能性があるため，構内海域（輪谷湾）の流況から到達の可能性を評価した。 (a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約 100 分～180 分）［第 1 図(1)～(160)］ 構内海域（輪谷湾）においては，約 180 分までは，流速が小さく移動量は小さい。また，港湾部はその形状から，押し波後はすぐに引き波に転じることから，構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。 (b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約 100 分～180 分）［第 1 図(161)～(201)］ 構内海域（輪谷湾）においては，約 180～200 分では，流速は最大 9m/s 程度と速いが，港湾部はその形状から，押し波後はすぐに引き波に転じることから，構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。 (c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約 200 分～360 分）［第 1 図(202)～(281)］ 構内海域（輪谷湾）においては，約 200 分以降は，流速が遅く移動量は小さい。また，港湾部はその形状から，押し波後はすぐに引き波に転じることから，構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。 (a)～(c)より，最大水位・流速を示す時間帯において，最大 9m/s 程度の速い流速が確認されたが，港湾部はその形状から，押し波後はすぐに引き波に転じることから，構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。また，輪谷湾近傍の地点 A の軌跡解析の結果から，軌跡は北西方向と南東方向に移動を繰り返しており，輪谷湾に到達しないと考えられる。（第 4-1～27 図） （２）海域活断層から想定される地震による津波 海域活断層から想定される地震による津波について，添付	

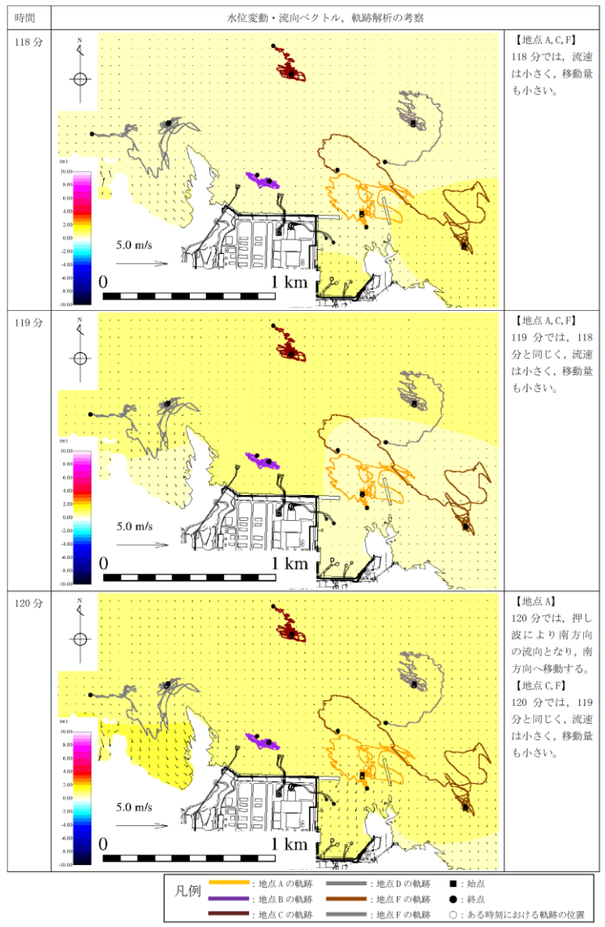
柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所 (2018.9.12 版)	島根原子力発電所　２号炉	備考
		資料 34 第４図に示す基準津波４の流向・流速・軌跡の特徴を評価した結果を以下に示す。 a.施設護岸への到達可能性 ⅰ）施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船 (a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約０分～５分）［第 4 図(1)～(11)］ 約０分から約５分まで流速は約 1m/s 未満と小さく，流向は短い間隔で変化し，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船は施設護岸に到達しないと考えられる。 (b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約５分～７分）［第 4 図(12)～(15)］ 流速は速くても 1m/s 程度（第 4 図 (15)］と小さく，流向は短い間隔で変化し，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約７分～30 分）［第 4 図(16)～(61)］ 7 分以降も流速は約 1m/s 未満と小さく，流向は短い間隔で変化し，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以遠で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (a)～(c)より，いずれの時間帯も流速が小さく，かつ，最大水位・流速を示す時間帯も２分（地震発生後５分～７分）と短いことから，施設護岸に到達しないと評価した。また，軌跡解析の結果より，施設護岸から 500m 以遠の地点（C～F）において，初期位置から移動していないことから，漂流物は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる（第 5-1～10 図）。 ⅱ）施設護岸から 500m 以内で操業する漁船 (a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後約０分～	

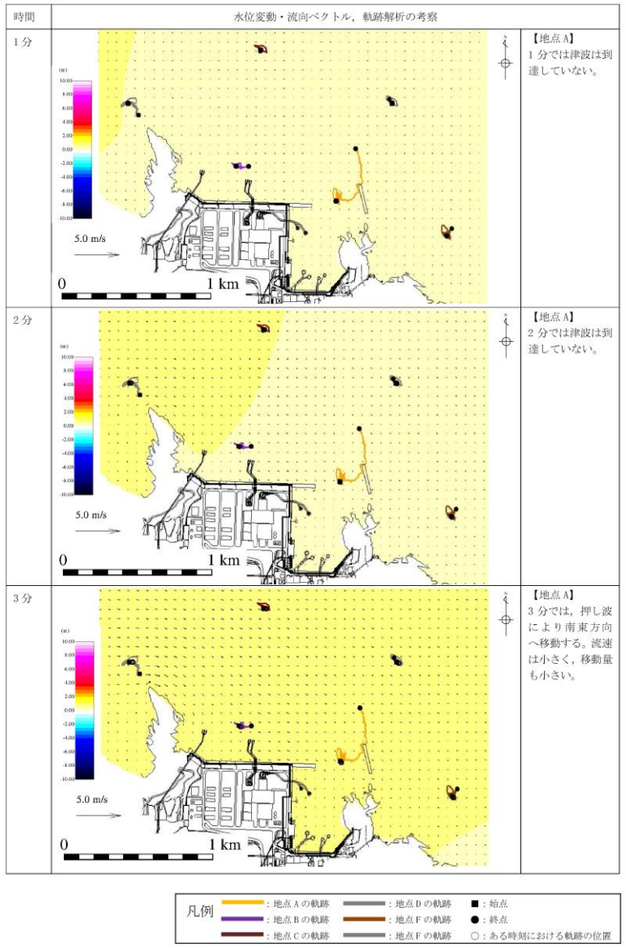
柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所 (2018.9.12 版)	島根原子力発電所　２号炉	備考
		５分)［第４図(1)～(11)］ 約０分から約５分まで流速は約 1m/s 未満と小さく，流向は短い間隔で変化し，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後約５分～７分）［第４図(12)～(15)］ (a)と同様に，流向は短い間隔で変化し，発電所に対する連続的な流れもないため，漂流物は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられるが，3 号北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置において，2m/s 程度の流速が確認される［第４図(13)］。当該位置で漁船が航行不能であった場合には，施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性があると考えられる。 (c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後約７分～30 分）［第４図(16)～(61)］ ７分以降も流速は約 1m/s 未満と小さく，流向は短い間隔で変化し，発電所に対する連続的な流れもないため，施設護岸から 500m 以内で操業する漁船は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。 (a)～(c)より，流向は短い間隔で変化し，発電所に対する連続的な流れもないため，漂流物は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる。また，サザエ網，カナギ漁及び一本釣り漁の操業区域の近傍の地点 B における軌跡解析の結果からも，軌跡はほとんど移動していないことから，漂流物は施設護岸及び輪谷湾に到達しないと考えられる（第 5-1～10 図)。一方，3 号北側防波壁から約 50m 以内の水深が約 20m の浅い位置において，2m/s 程度の流速が確認されることから，当該位置で漁船が航行不能であった場合は，施設護岸及び輪谷湾に到達する可能性があると評価した。 b. 取水口への到達可能性評価 a. ⅱ)より，発電所沿岸部で操業する漁船が漂流物となっ	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		た場合，輪谷湾に到達する可能性があるため，構内海域（輪谷湾）の流況から到達の可能性を評価した。 (a) 最大水位・流速を示す時間帯以前（地震発生後０分～５分）［第４図(1)～(11)］ ０分から５分まで流速は約 1m/s 未満と小さく，港湾部はその形状から，押し波後はすぐに引き波に転じることから，構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。 (b) 最大水位・流速を示す時間帯（地震発生後５分～７分）［第４図(12)～(15)］ 流速は速くて 3m/s 程度であるが，輪谷湾外へ向かう流向であり［第４図(13)］，輪谷湾に向かう流速は小さい［第４図(11)］ことから，構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。 (c) 最大水位・流速を示す時間帯以降（地震発生後７分～30 分）［第４図(16)～(61)］ ７分以降も流速は約 1m/s 未満と小さく，港湾部はその形状から，押し波後はすぐに引き波に転じることから，構内海域（輪谷湾）に漂流物は到達しないと考えられる。 (a)～(c)より，いずれの時間帯も流速が小さく，かつ，最大水位・流速を示す時間帯も２分（地震発生後５分～７分）と短いことから，輪谷湾に到達しないと評価した。また，輪谷湾近傍の地点 A の軌跡解析の結果から，軌跡は輪谷湾から離れる方向に移動しており，輪谷湾に到達しないと考えられる（第 5-1～10 図）。	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第２図　発電所沿岸の漁港，漁船の操業区域及び軌跡解析の初期位置	

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 （基準津波１（防波堤有り）） （基準津波１（防波堤無し）） 第 3-1 図　軌跡解析結果	・資料構成の相違 【東海第二】 島根２号炉は，本資料に軌跡解析結果を記載（以降，同様な図であり記載を省略する）

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第 4-1 図　水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波１）	・評価内容の相違 【東海第二】 島根２号炉は，水位変動・流向ベクトルに加え，軌跡解析の傾向も踏まえ評価を実施 （以降，同様な図であり記載を省略する）

柏崎刈羽原子力発電所　6/7 号炉(2017.12.20 版)	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第 5-1 図　水位変動・流向ベクトル，軌跡解析の評価結果（基準津波４）	・評価内容の相違 【東海第二】 島根２号炉は，水位変動・流向ベクトルに加え，軌跡解析の傾向も踏まえ評価を実施 （以降，同様な図であり記載を省略する）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 37 津波発生時の運用対応について １．概要 設置許可基準規則第５条「津波による損傷の防止」に基づき，敷地等への浸水防止として防波壁通路防波扉（以下「防波扉」という。）の設置，襲来する津波を監視するため津波監視設備を設置している。ここでは，上記設備に係る運用に加え，大津波警報発令時の原子炉停止操作及び循環水ポンプの停止の津波発生時のプラント操作に係る対応等を示す。 ２．津波発生時の対応について 津波発生時の対応は，気象庁が発令する「島根県　出雲・石見」区域の津波注意報，津波警報又は大津波警報及び津波の襲来状況に基づき実施する。津波発生時の対応を以下の（１）～（３）に区分し，それぞれの対応について示す。また，気象庁から発令される津波警報・注意報の種類と発表される津波高さを表１に，地震・津波発生時に想定されるプラント対応フローを図１に示す。 （１）津波注意報，津波警報又は大津波警報発令時（津波襲来前） （２）津波襲来時 （３）津波襲来後	・資料構成の相違 【柏崎 6/7, 東海第二】 島根２号炉は津波発生時の運用対応について資料を作成

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表１　気象庁から発令される津波警報・注意報の種類と津波高さの関係

種類	発表基準	発表される津波の高さ
大津波警報	予想される津波の高さが高いところで３ｍを超える場合	10m超え （10m＜予想高さ）
		10m （５ｍ＜予想高さ≦10m）
		５ｍ （３ｍ＜予想高さ≦５ｍ）
津波警報	予想される津波の高さが高いところで１ｍを超え，３ｍ以下の場合	３ｍ （１ｍ＜予想高さ≦３ｍ）
津波注意報	予想される津波の高さが高いところで 0.2m以上，１ｍ以下の場合であって，津波による災害の恐れがある場合	１ｍ （0.2m＜予想高さ≦1m）

（１）津波注意報，津波警報又は大津波警報発令時（津波襲来前）

地震発生後，津波注意報，津波警報又は大津波警報が発令された場合は，速やかに湾岸及び取水槽廻りから待避するよう所内通信連絡設備(警報装置を含む。)により発電所内に周知し，所員は高台（EL.+11.9m 以上）に待避を行う運用としている。ただし，漂流物発生防止に係る対応を実施する場合は，対応実施後に退避を行う。また，津波に関する情報（津波到達予想時刻，津波規模，津波監視カメラによる津波の状況等）を確認し作業安全が確認されるまでは，湾岸及び取水槽廻りでの作業は実施しないこととしている。

さらに，大津波警報の場合は，緊急時警戒体制を発令し，緊急時対策要員を非常招集することにより，速やかに重大事故等に対処できる体制を整える。

これらの他，発令される警報の種類（津波注意報，津波警報又は大津波警報）に応じ，津波に対する対応を以下のとおり実施する。

ａ．津波監視に係る対応

気象庁から発信される津波情報も含め，津波に関する情報を収集するとともに，津波監視カメラによる津波襲来状況の監視を強化する。

ｂ．原子炉の停止に係る対応

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		大津波警報が発令された場合は，原子炉の停止操作及び冷却操作を開始する。ただし，地震により原子炉が自動停止する場合を除く。 ｃ．海水ポンプの取水性に係る対応 大津波警報が発令された場合は，原則として※1，津波到達前に気象庁より発表される第一波の到達予想時刻の５分前までに循環水ポンプを停止する。海水ポンプの取水性に係る循環水ポンプの停止運用の妥当性について，別紙に示す。 ※１　敷地近傍の津波による大津波警報発令時は，速やかに循環水ポンプ停止操作を実施するが，海域活断層から想定される地震による津波は敷地に到達するまでの時間が短く，循環水ポンプ停止前に襲来する可能性がある。なお，海域活断層から想定される地震による津波に対しては，循環水ポンプ運転時においても取水槽水位が非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位を下回らないことを確認している。 ｄ．防波扉の閉止操作及び漂流物発生防止に係る対応 防波扉は，常時閉運用としているが，作業等で開放する場合においては，速やかに閉止できるよう，あらかじめ人員を確保する（添付資料 39 参照）。なお，開放時には現場ブザー音により注意喚起されること及び中央制御室にて開閉状態が確認できる。 一方，荷揚場（防波壁外）で作業を実施している場合は，作業を中断し，原則として※2，燃料等輸送船の緊急離岸及び陸側作業に係る車両等の緊急退避を実施し，防波扉の閉止操作を実施する。 ※２　燃料等輸送船の緊急離岸や陸側作業に係る車両等の緊急退避については，作業完了までに津波が到達する可能性がある場合は実施しない。防波扉については，人員の安全を優先し，可能な範囲で扉の閉止操作を実施する。なお，海域活断層から想定される地震による津波は荷揚場に遡上することなく，陸側作業に係る車両等は漂流物になることはない。また，燃料等輸送船は荷揚場に係留されており漂流物となることはない。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（２）津波襲来時 ａ．津波の監視に係る対応 津波監視カメラによる津波襲来状況の監視を継続するとともに，取水槽水位計による取水槽水位の監視を強化する。 ｂ．原子炉の停止に係る対応 取水槽水位が「取水槽水位低」（EL.-2.0m）まで低下した場合は，原子炉を手動停止し，原子炉の冷却操作を開始する。 ｃ．海水ポンプの取水性に係る対応 取水槽水位が「取水槽水位低低」（EL.-3.0m）まで低下した場合は，循環水ポンプを停止する。 ｄ．大型送水ポンプ車の取水性に係る対応 重大事故時に海水を取水する大型送水ポンプ車は，基準津波により想定される引き波最大水位に対しても取水可能であることを確認している。 （３）津波襲来後 津波注意報，津波警報又は大津波警報解除後，巡視点検等により取水口を設置する輪谷湾内に漂流物が確認される場合には，必要に応じて漂流物を撤去する。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

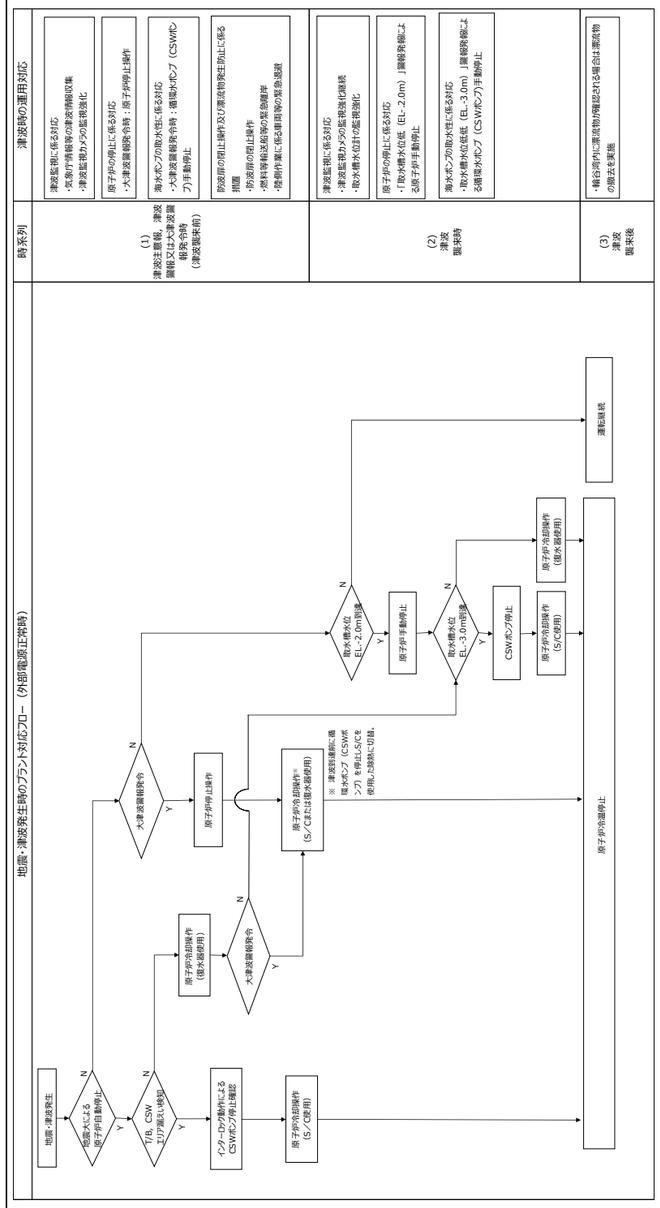


図１－１　地震・津波発生時のプラント対応フロー（外部電源正常時）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

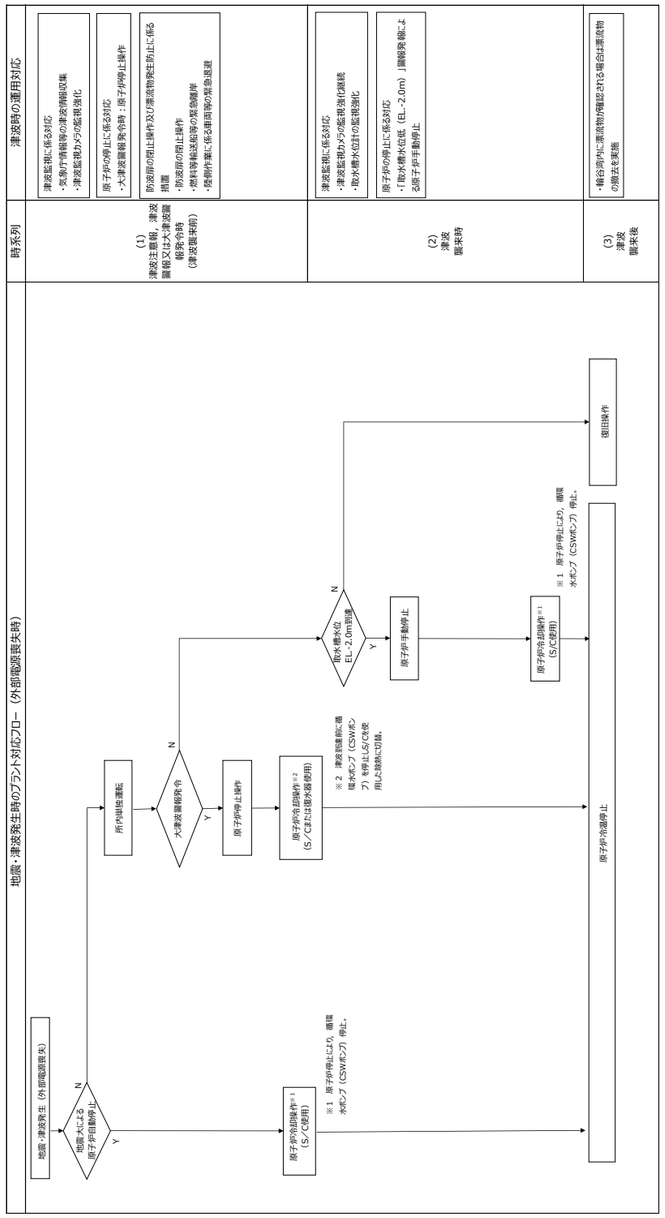
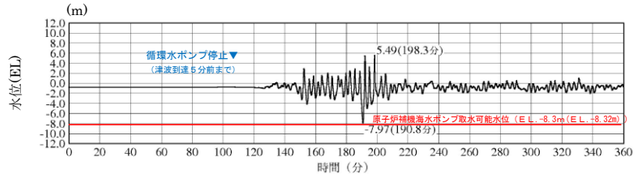


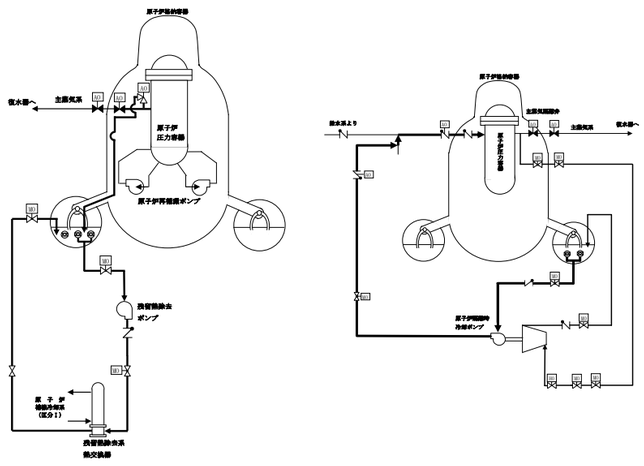
図１－２　地震・津波発生時のプラント対応フロー（外部電源喪失時）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		（別紙） 海水ポンプの取水性に係る循環水ポンプの停止運用の妥当性 大津波警報発令に伴う循環水ポンプの停止は，図１に示す通り，日本海東縁部に想定される地震による津波の取水槽最低水位が海水ポンプの取水可能水位に対して余裕がないことから設計に係る運用事項として位置付けたものである。 大津波警報が発令された場合，以下を踏まえ，気象庁より発表される第一波の到達予想時刻の５分前までに循環水ポンプを停止する。原子炉の冷却方法の切替及び循環水ポンプの停止操作は表１に示す通りであり，循環水ポンプ停止を判断した時点から数分あれば循環水ポンプによる海水取水を停止することができる。 ・原子炉の冷却方法としては，常用系である循環水系を用いた復水器による冷却と非常用系である残留熱除去系による冷却があるが，復水器による冷却が可能な場合，復水器による原子炉冷却を用いた方が，冷却方法の多様性が確保され，より原子炉冷却機能の信頼性が高い状態である。 ・日本海東縁部に想定される地震による津波では，２号炉取水槽における水位変動は地震発生後約 120 分以降から始まるが，水位変動が大きくなる（4m を超える）時間はその約 30 分以降であり，非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位（EL.-8.32m）付近まで水位が低下する時間はその約 60 分以降である（図１）。  ※最大水位下降量-7.97m-地殻変動量 0.34m≒ＥＬ.-8.4m（ＥＬ.-8.31m） （入力津波６，防波堤無し） 図１　日本海東縁部に想定される地震による津波の取水槽水位	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

表１　原子炉冷却方法の切替及び循環水ポンプの停止操作

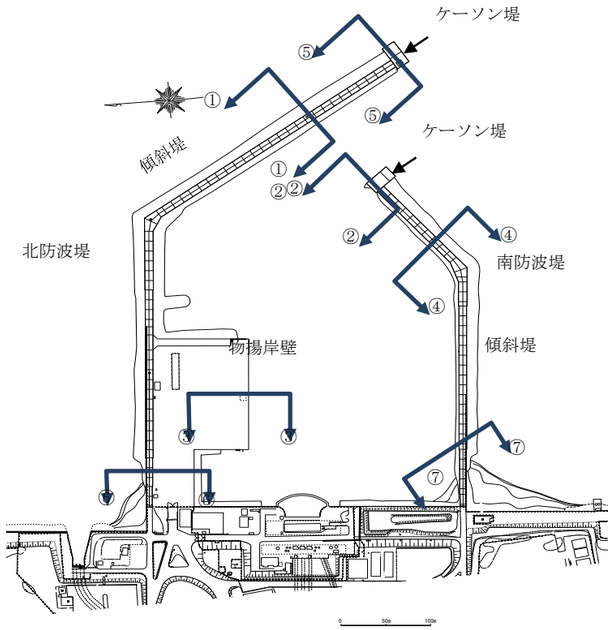
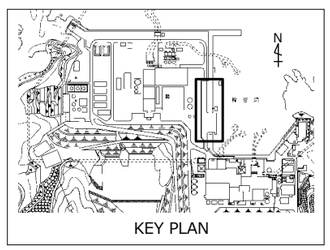
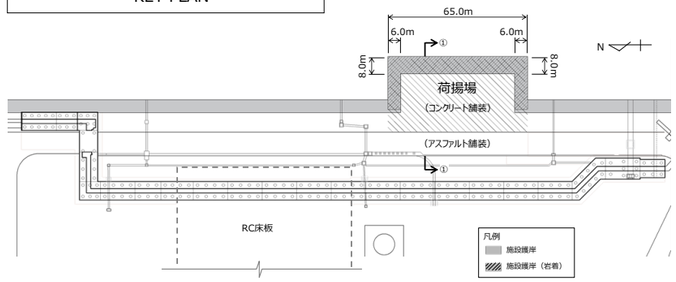
操　作	内　容
復水器冷却停止	循環水ポンプ停止に係る準備作業として，復水器への蒸気流入を止めるために主蒸気隔離弁（８弁）の閉止操作を行うが，主蒸気隔離弁は１弁あたり３～５秒で閉止可能であり，１分程度で全弁の閉止操作ができる。 なお，主蒸気隔離弁の閉止は，循環水ポンプ停止後とすることも可能である。
残留熱除去系による冷却	逃し安全弁等が動作し流入した蒸気により，サプレッション・プール水温度が上昇するため，残留熱除去系による冷却を行う。また，原子炉への注水については，原子炉隔離時冷却系により注水する（図２参照）。 なお，残留熱除去系による冷却は，循環水ポンプ停止後とすることも可能である。
循環水ポンプ停止	循環水ポンプ停止後，約１分でポンプ出口弁が全閉し，海水取水が停止する。



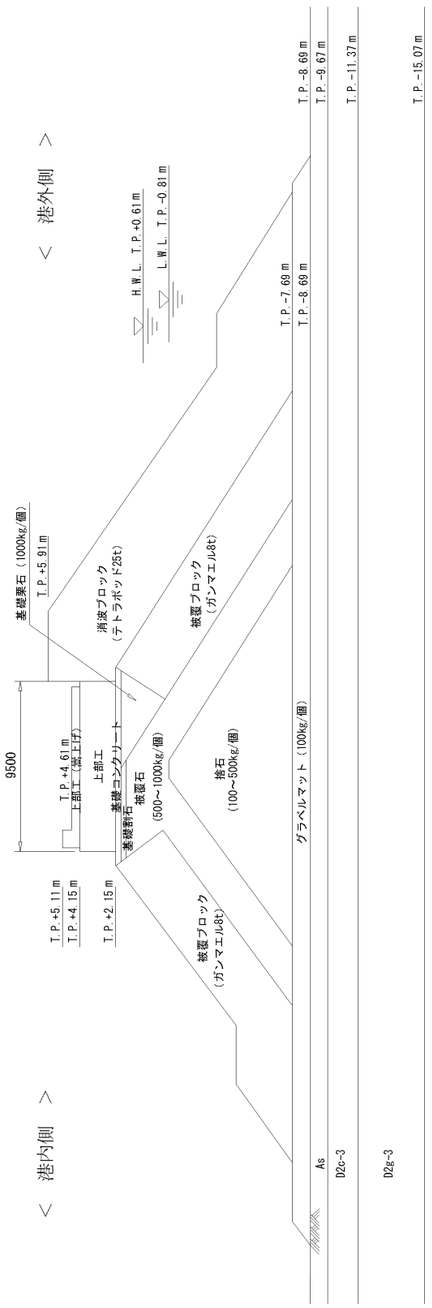
（サプレッション・プール冷却）　　（原子炉注水）

図２　プラント停止後のサプレッション・プール冷却と原子炉注水の概要

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	添付資料 18 地震後の防波堤の津波による影響評価について 目　　次 1.　防波堤の施設概要 2.　防波堤の漂流物化に係る検討方針 3.　地震時評価 (1)　解析方法 (2)　荷重及び荷重の組合せ (3)　入力地震動 (4)　解析モデル (5)　使用材料及び材料の物性値 (6)　評価結果 (7)　基準地震動S_sによる防波堤への影響評価のまとめ 4.　津波時評価 (1)　評価方法 (2)　傾斜堤の津波時安定性 (3)　ケーソン堤の津波時安定性 (4)　防波堤漂流物の重要施設への到達の可能性評価 (5)　取水施設における取水機能の成立性 (6)　津波による防波堤損壊の影響評価のまとめ	添付資料 38 地震後の荷揚場の津波による影響評価について 発電所の構内（港湾内）にある港湾施設として，２号炉取水口の西方に荷揚場があり，この他に，発電所港湾の境界を形成する防波堤がある。 防波堤については，耐震性を有していないことから漂流物評価としているため，本資料では地震後の荷揚場の津波による影響評価について検討する。	・対象施設の相違 【柏崎 6/7，東海第二】 島根２号炉は荷揚場について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	1.　防波堤の施設概要 東海第二発電所の防波堤は，傾斜堤，ケーソン堤及び物揚岸壁からなる。傾斜堤は捨石や消波ブロック類からなり，上端には上部工を設置し道路として使用している。ケーソン堤は傾斜堤の先端部に 2 函ずつ設置されている。また，物揚岸壁は北側の防波堤にあり，港内側は控え杭式鋼管矢板の岸壁からなる。平面図及び構造断面図を第 1 図～第 8 図に，東海港深浅図を第 9 図に示す。 評価を行う断面は，構造形式の異なる傾斜堤，ケーソン堤，物揚岸壁の 3 断面を選定した。傾斜堤の評価位置は，水深が深い北防波堤先端付近とし，また，大型船舶の緊急離岸のための航路も考慮し，航路幅が最も狭隘となる断面①－①を選定した。ケーソン堤の評価断面は，同様に緊急離岸航路を考慮し南防波堤ケーソン堤断面②－②とした。 物揚岸壁の評価断面は，構造や水深が一様なため，大型船舶が接岸する中央位置の断面③－③とした。  第 1 図　港湾施設平面図	1.　荷揚場の施設概要 島根原子力発電所の荷揚場は岩盤上に設置され，背後に埋戻土（掘削ズリ）が分布している。荷揚場は，基礎コンクリート，セルラーブロック及び上部工からなる。平面図及び構造断面図を第 1 図～第 2 図に示す。 評価を行う断面は，構造がおおむね一様なため，断面①－①とした。   第 1 図　荷揚場平面図	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している ・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している ・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している

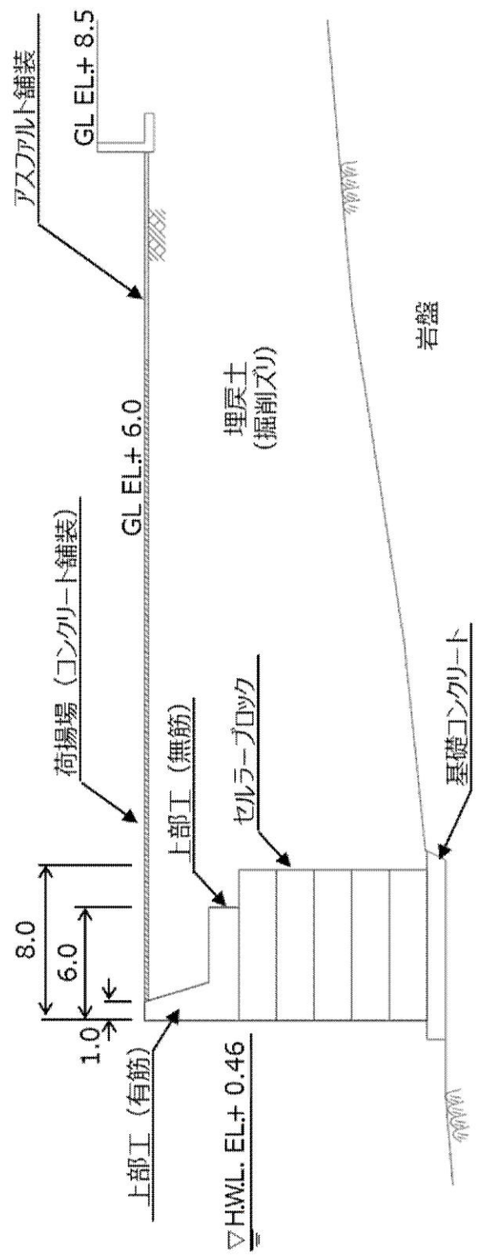
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



第２図　北側防波堤傾斜堤断面（①－①）

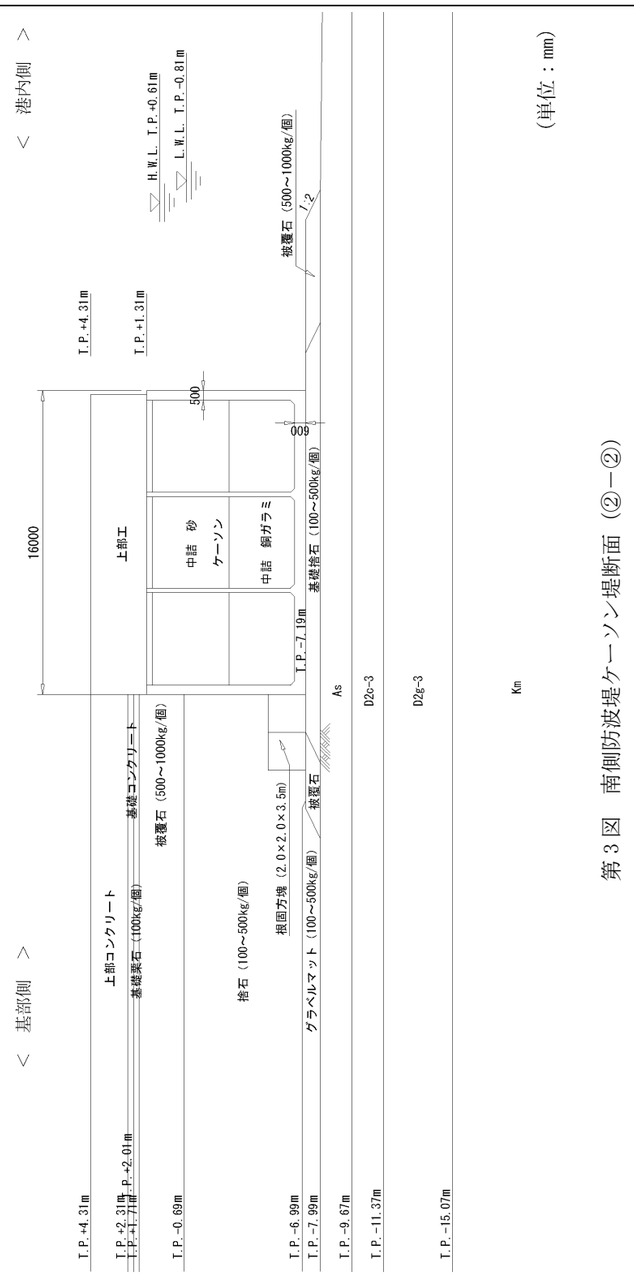
（単位：mm）

第２図　北側防波堤傾斜堤断面（①－①）

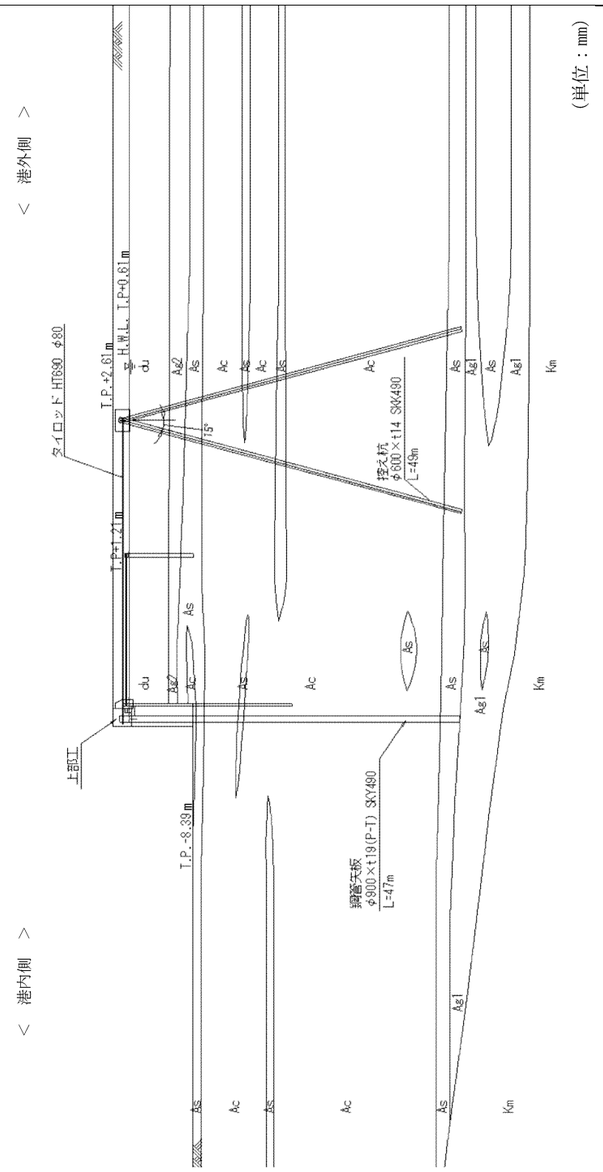


第２図　荷揚場断面（①－①）

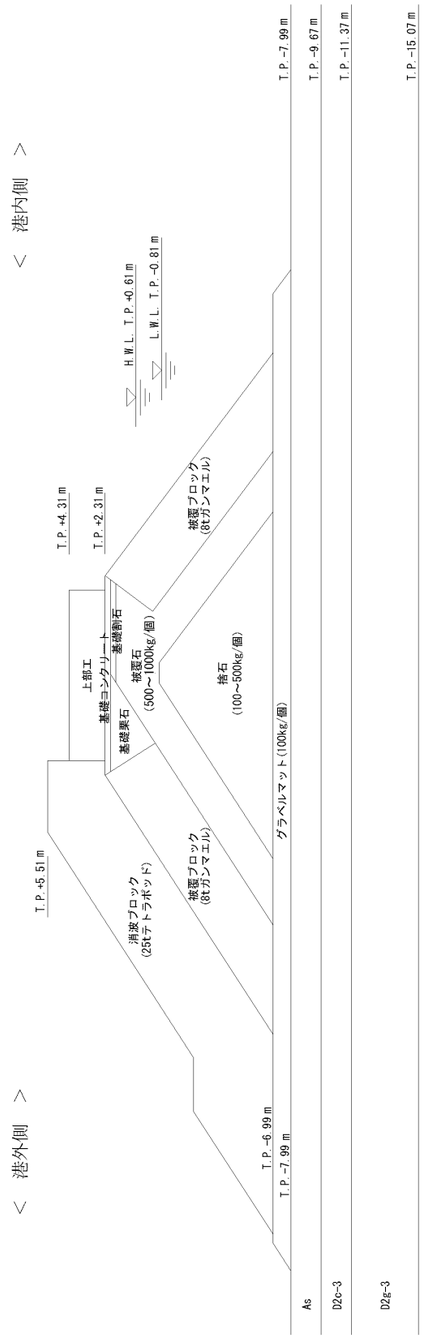
・対象施設の相違
【東海第二】
島根２号炉は荷揚場断面を記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第３図　南側防波堤ケーソン堤断面（②－②）		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している

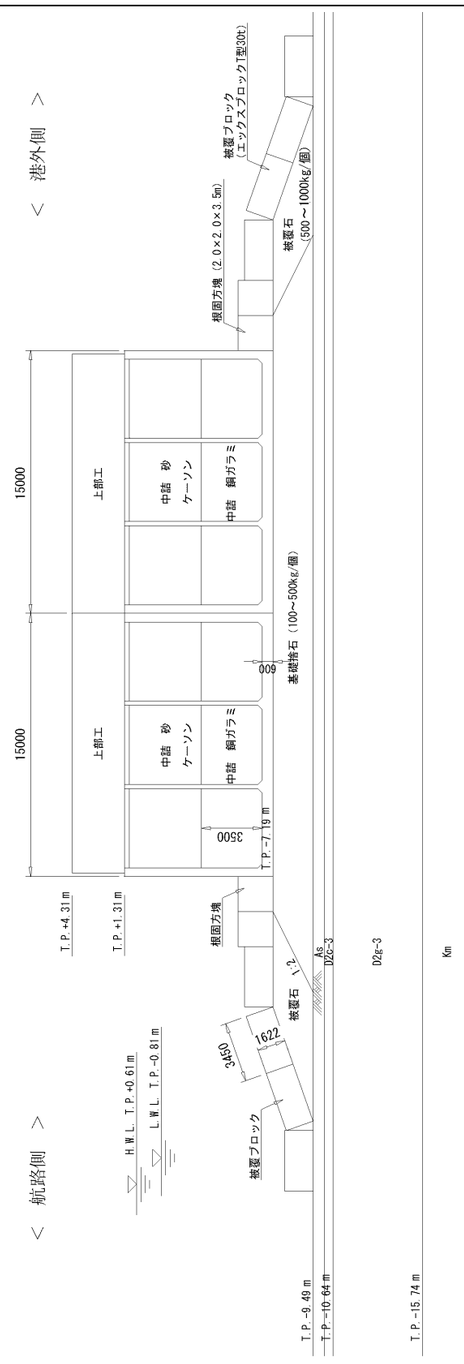
第３図　南側防波堤ケーソン堤断面（②－②）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第４図　物揚岸壁断面（③－③）		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している

第４図　物揚岸壁断面（③－③）

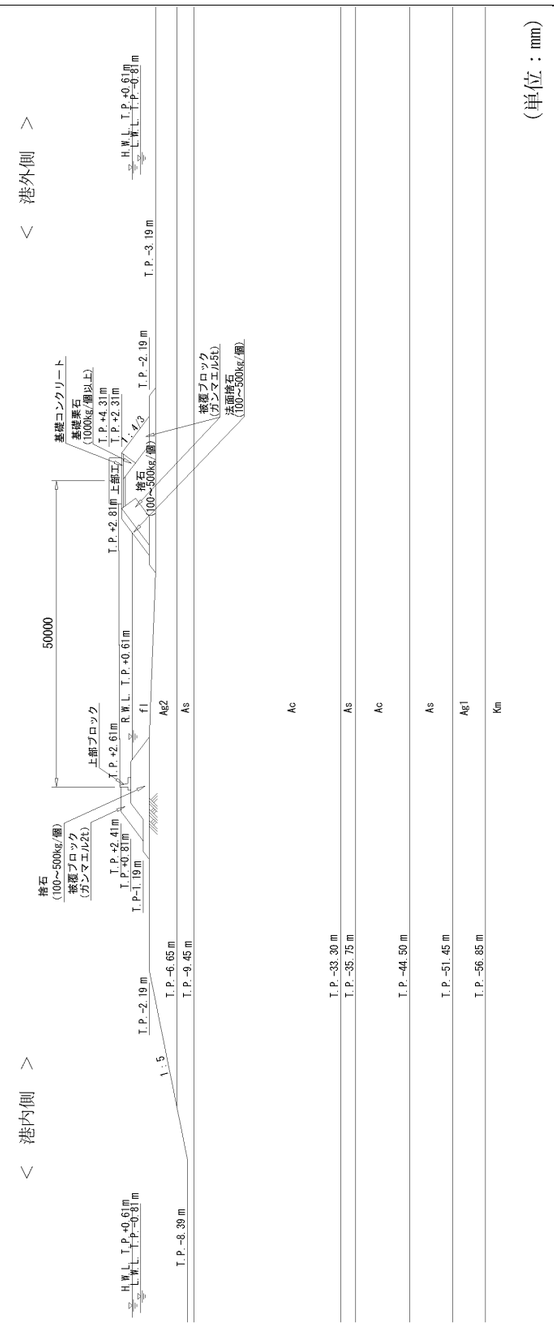
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第５図　南側防波堤傾斜堤断面（④－④）	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している

第５図　南側防波堤傾斜堤断面（④－④）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第６図　北側防波堤ケーソン堤断面（⑤－⑤）		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している

第６図　北側防波堤ケーソン堤断面（⑤－⑤）

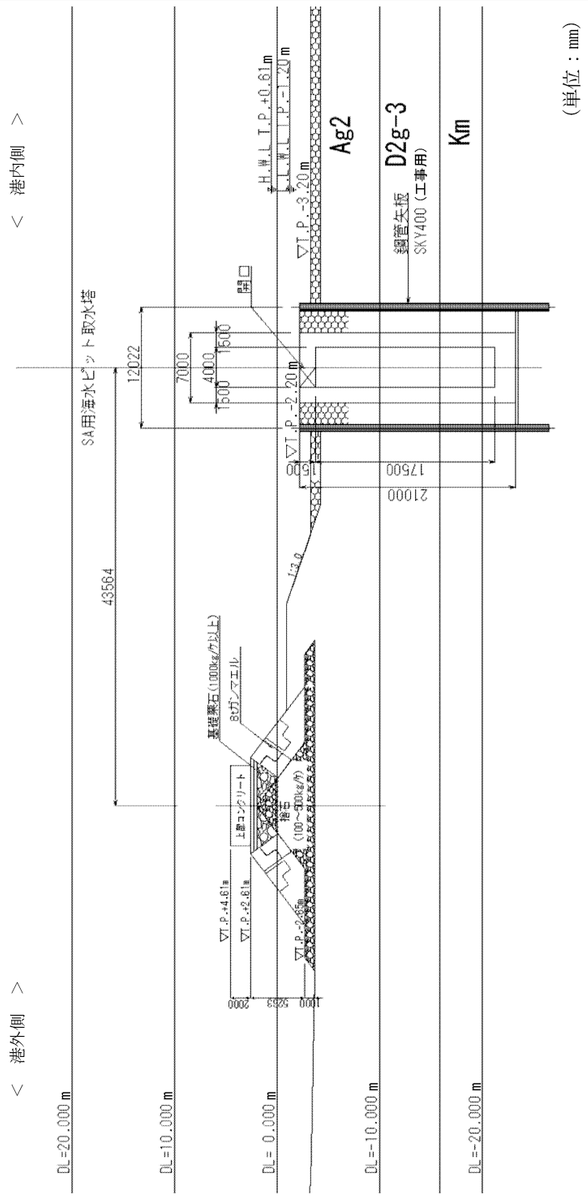
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

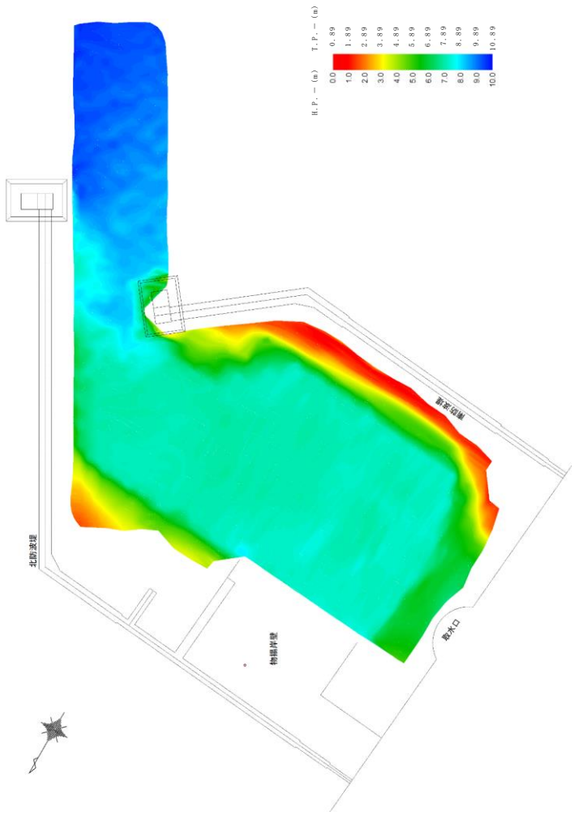


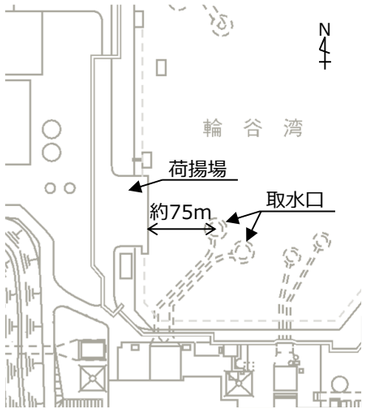
第７図　物揚岸壁進入路断面（⑥－⑥）

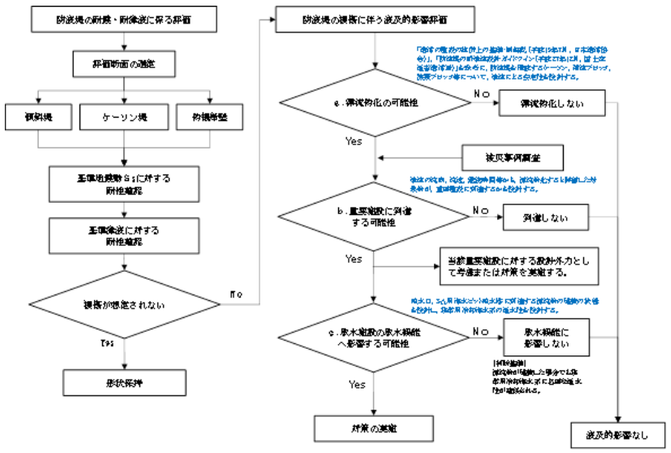
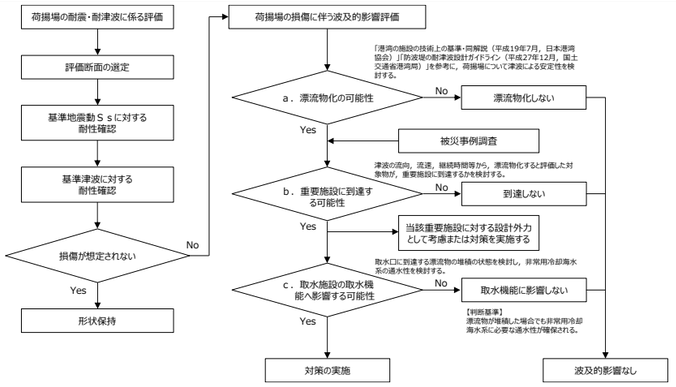
第７図　物揚岸壁進入路断面（⑥－⑥）

・対象施設の相違
【東海第二】
島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第８図　南防波堤陸側断面（⑦－⑦）		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第 9 図　東海港深浅図（2016 年 12 月 12 日測量）		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の施設概要について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	2.　防波堤の漂流物化に係る検討方針 基準地震動Ｓ$_s$及び基準津波により損傷した防波堤が漂流物化した場合，取水施設である取水口及びＳＡ用海水ピット取水塔の取水機能並びに貯留堰の海水貯留機能に波及的影響を及ぼすこととなる。 このため，防波堤の基準地震動Ｓ$_s$及び基準津波による耐性を確認するとともに，防波堤を構成する部材の漂流物化の可能性，取水施設への到着の有無について評価を行う。 その結果，取水施設への到達が否定できない場合，漂流物化した防波堤の構成部材に対して，取水施設に期待される機能への影響を確認する。 防波堤の漂流物化に伴う波及的影響検討対象施設と想定される損傷モードについて第１表に，防波堤の漂流物化に係る波及的影響検討対象施設図を第 10 図に，波及的影響検討フローを第 11 図に示す。	2.　荷揚場の漂流物化に係る検討方針 基準地震動Ｓｓ及び基準津波により損傷した荷揚場が漂流物化した場合，取水施設である取水口に波及的影響を及ぼすこととなる。 このため，荷揚場の基準地震動Ｓｓ及び基準津波による耐性を確認するとともに，荷揚場を構成する部材の漂流物化の可能性，取水施設への到着の有無について評価を行う。 その結果，取水施設への到達が否定できない場合，漂流物化した荷揚場の構成部材に対して，取水施設に期待される機能への影響を確認する。 荷揚場の漂流物化に伴う波及的影響検討対象施設と想定される損傷モードについて第１表に，荷揚場の漂流物化に係る波及的影響検討対象施設図を第 3 図に，波及的影響検討フローを第 4 図に示す。	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流物化について記載している
	第１表　波及的影響検討対象施設と損傷モード一覧表 波及的影響検討対象施設 / 損傷モード １．取水口 / ・漂流物による閉塞 ・漂流物の堆積による取水量の減少 ２．貯留堰 / ・漂流物の衝突による損傷 ・漂流物の堆積による貯留容量の減少 ３．ＳＡ用海水ピット取水塔 / ・漂流物の衝突による損傷 ・漂流物による閉塞 ・漂流物の堆積による取水量の減少	第１表　波及的影響検討対象施設と損傷モード一覧表 波及的影響検討対象施設 / 損傷モード 取水口 / ・漂流物による閉塞 ・漂流物の堆積による取水量の減少	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は取水口を波及的影響検討対象施設としている
	第 10 図　波及的影響検討対象施設図	 第 3 図　波及的影響検討対象施設図	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流物化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第 11 図　防波堤の漂流物化による波及的影響検討フロー	 第 4 図　荷揚場の漂流物化による波及的影響検討フロー	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流物化について記載している ・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の解析方法について記載している
	3.　地震時評価 (1)　解析方法 防波堤の基礎地盤には，液状化検討対象層が分布しているため，地震後の状態を確認する上で，二次元有効応力解析（ＦＬＩＰ Ver.7.3.0_2）を用いた地震応答解析を行う。 1)　構造部材 ケーソン及び上部工は，剛体として挙動するため線形弾性体としてモデル化する。 傾斜堤を構成する捨石，被覆石等の石材はマルチスプリング要素でモデル化し，傾斜堤の基礎部ではない消波ブロックは節点荷重でモデル化する。 物揚岸壁の鋼管矢板，鋼管杭は，バイリニア型の非線形はり要素でモデル化し，タイロッドは，引張り方向に抵抗し，圧縮方向には抵抗しないバイリニア型の非線形バネ要素とする。 2)　地盤 地盤の動的変形特性には，Hardin-Drnevich モデルを適用したマルチスプリング要素により，割線せん断剛性比と履歴減衰率のせん断ひずみ依存性を考慮する。	3.　地震時評価 (1)　解析方法 荷揚場の地盤には，液状化検討対象層が分布しているため，地震後の状態を確認する上で，二次元有効応力解析（ＦＬＩＰ Ver.7.1.9）を用いた地震応答解析を行う。 1)　構造部材 荷揚場の上部工，セルラーブロック，基礎コンクリートは線形平面要素でモデル化する。 2)　地盤 地盤の動的変形特性には，Hardin-Drnevich モデルを適用したマルチスプリング要素により，割線せん断剛性比と履歴減衰率のせん断ひずみ依存性を考慮する。	

<table>
<tr>
<td>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</td>
<td>東海第二発電所（2018.9.12 版）</td>
<td>島根原子力発電所　２号炉</td>
<td>備考</td>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>3)　減衰定数
減衰特性は，数値計算の安定のための Rayleigh 減衰と，地盤の履歴減衰を考慮する。

(2)　荷重及び荷重の組合せ
荷重及び荷重の組合せは，以下の通り設定する。
1)　荷重
地震応答解析において考慮する荷重を以下に示す。
ａ．常時荷重
常時荷重として，構造物及び海水の自重を考慮する。物揚岸壁については，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」に準じて，上載荷重（15kN/m^2）を考慮する。
ｂ．地震荷重
地震荷重として，基準地震動Ｓ$_s$による地震力を考慮する。

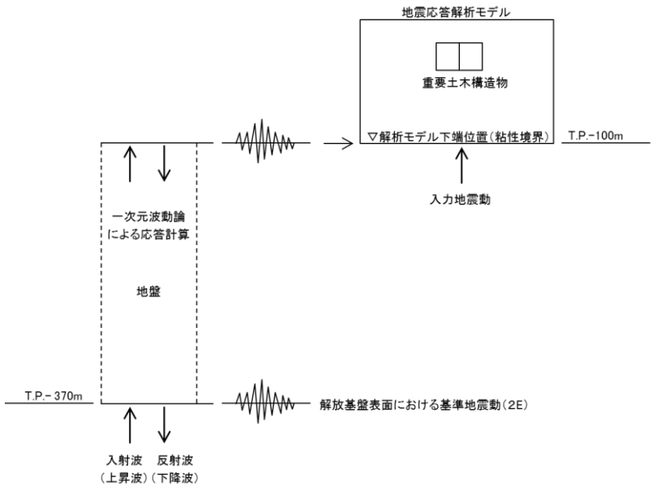
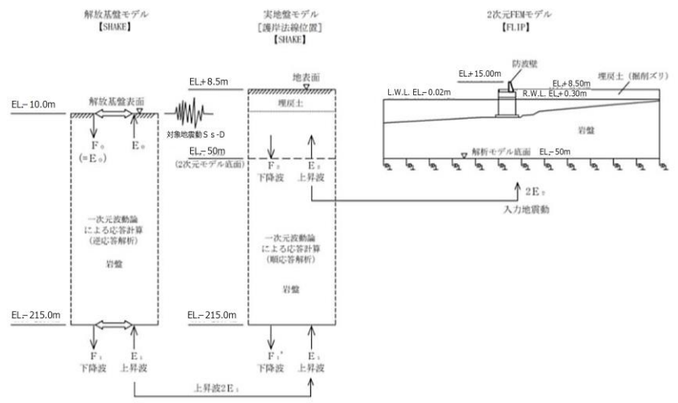
2)　荷重の組合せ
荷重の組合せを第 2 表に示す。

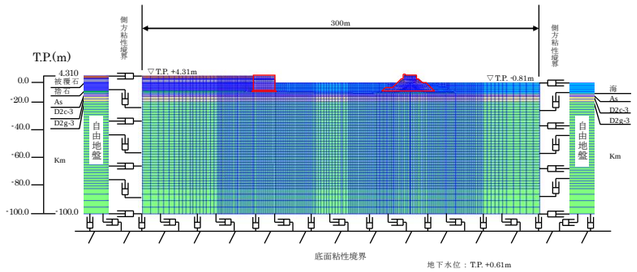
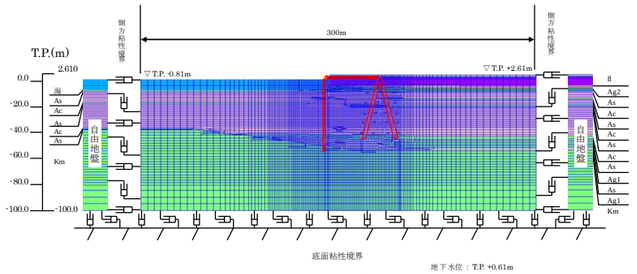
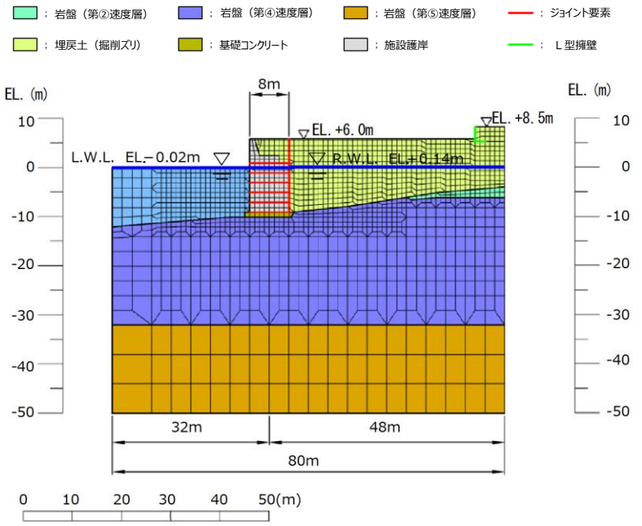
第 2 表　荷重の組合せ
<table><tr><td>外力の状態</td><td>荷重の組合せ</td></tr><tr><td>地震時（Ｓ$_s$）</td><td>ａ ＋ ｂ</td></tr></table>
(3)　入力地震動
地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓ$_s$を一次元波動論によって地震応答解析モデルの下端位置で評価した地震波を用いる。
入力地震動算定の概念図を第 12 図に示す。</td>
<td>3)　減衰定数
減衰特性は，数値計算の安定のための Rayleigh 減衰と，地盤の履歴減衰を考慮する。

(2)　荷重及び荷重の組合せ
荷重及び荷重の組合せは，以下の通り設定する。
1)　荷重
地震応答解析において考慮する荷重を以下に示す。
ａ．常時荷重
常時荷重として，構造物及び海水の自重を考慮する。
ｂ．地震荷重
地震荷重として，基準地震動Ｓｓによる地震力を考慮する。

2)　荷重の組合せ
荷重の組合せを第 2 表に示す。

第 2 表　荷重の組合せ
<table><tr><td>外力の状態</td><td>荷重の組合せ</td></tr><tr><td>地震時（Ｓｓ）</td><td>ａ＋ｂ</td></tr></table>
(3)　入力地震動
地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面で定義される基準地震動Ｓｓを一次元波動論によって地震応答解析モデルの下端位置で評価した地震波を用いる。
入力地震動算定の概念図を第 5 図に示す。</td>
<td>・解析条件の相違
【東海第二】
島根２号炉では上載荷重を考慮していない</td>
</tr>
</table>

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第 12 図　入力地震動算定の概念図	 第 5 図　入力地震動算定の概念図	
	(4)　解析モデル 地震応答解析モデルを第 13 図及び第 14 図に示す。 1)　解析領域 解析領域は，側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう，構造物と側方境界及び底面境界との距離が十分長くなるよう広く設定する。 3)　境界条件 解析領域の側面及び底面には，エネルギーの逸散効果を評価するため，粘性境界を設ける。 3)　構造物のモデル化 構造物のコンクリート部材は線形平面要素，鋼部材は非線形はり要素又は非線形バネ要素でモデル化する。また，傾斜堤の石材はマルチスプリング要素，消波ブロックは節点荷重でモデル化する。 4)　地盤のモデル化 地盤は，地質区分に基づき，平面ひずみ要素でモデル化する。 5)　ジョイント要素 構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることにより，構造物と地盤の剥離・すべりを考慮する。	(4)　解析モデル 地震応答解析モデルを第 6 図に示す。 1)　解析領域 解析領域は，側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう，構造物と側方境界及び底面境界との距離が十分長くなるよう広く設定する。 2)　境界条件 解析領域の側面及び底面には，エネルギーの逸散効果を評価するため，粘性境界を設ける。 3)　構造物のモデル化 構造物のコンクリート部材は線形平面要素でモデル化する。 4)　地盤のモデル化 地質区分に基づき，岩盤は平面ひずみ要素，地盤はマルチスプリング要素でモデル化する。 5)　ジョイント要素 構造物と地盤及び構造物と構造物の境界部にジョイント要素を設けることにより，構造物と地盤及び構造物と構造物の剥離・すべりを考慮する。	・解析条件の相違 【東海第二】 島根２号炉は解放基盤表面が EL.-10.0m にある ・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の解析モデルについて記載している ・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の解析モデルについて記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	6）　水位条件 海面の水位は，基準津波時の水位評価に用いた朔望平均干潮位 L.W.L. T.P.－0.81m とする。  第 13 図　地震応答解析モデル（傾斜堤，ケーソン堤断面）  第 14 図　地震応答解析モデル（物揚岸壁断面）	6）　水位条件 水位は，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」に基づく残留水圧を考慮し，護岸より陸側の地下水位は残留水位 R.W.L. EL＋0.14m とし，護岸前面は朔望平均干潮位 L.W.L. EL.-0.02m とする。  第 6 図　地震応答解析モデル（荷揚場断面）	・解析条件の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の水位条件を港湾基準に基づき設定している ・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の解析モデルについて記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

(5)　使用材料及び材料の物性値

1)　構造物の物性値

使用材料を第 3 表に，材料の物性値を第 4 表に示す。

第 3 表　使用材料

材料	部位	諸元
コンクリート	上部工	設計基準強度　24.0N/mm^2
	基礎	設計基準強度　18.0N/mm^2
	ケーソン（気中）	設計基準強度　24.0N/mm^2
	ケーソン（海中）	設計基準強度　24.0N/mm^2
鋼材	鋼管矢板，控え工鋼管杭	SKY490，SKK490
	タイロッド	HT690

第 4 表　材料の物性値

材料	部位	単位体積重量（kN/m^3）	ヤング係数（kN/mm^2）	ポアソン比
コンクリート	上部工	24.0	25	0.2
	基礎	22.6	22	0.2
	ケーソン（気中）	21.8	25	0.2
	ケーソン（海中）	21.8	25	0.2
	根固方塊	22.6	22	0.2
鋼材	鋼管矢板，控え工鋼管杭	77.0	200	0.3
	タイロッド	－	200	－

2)　地盤の物性値

解析に用いる地盤の物性値と液状化パラメータを第 5 表に示す。液状化検討対象層である du 層，Ag2 層，As 層，Ag1 層及び D2g－3 層について液状化強度特性を設定する。液状化パラメータについては，液状化強度試験結果より設定する。

試験結果から設定した解析上の液状化強度曲線を第 15 図に示す。なお，液状化強度特性が保守的に評価されるように，液状化強度試験値の平均－1σ の液状化強度特性を再現するように設定する。

(5)　使用材料及び材料の物性値

1)　構造物の物性値

使用材料を第 3 表に，材料の物性値を第 4 表に示す。

第 3 表　使用材料

材料	部位		諸元
コンクリート	上部工（有筋）		設計基準強度 20.6N/mm^2
	上部工（無筋）		設計基準強度 14.7N/mm^2
	セルラーブロック	気中	設計基準強度 20.6N/mm^2
		水中	設計基準強度 20.6N/mm^2
	基礎コンクリート		設計基準強度 14.7N/mm^2

第 4 表　材料の物性値

材料	部位	単位体積重量（kN/m^3）		ヤング係数（kN/mm^2）	ポアソン比
		飽和，湿潤	水中		
コンクリート	上部工（有筋）	24.0	－	23.3	0.2
	上部工（無筋）	22.6	－	20.4	0.2
	セルラーブロック（コンクリート詰）	23.0	12.9	23.3	0.2
	セルラーブロック（栗石詰）	22.0	11.9	23.3	0.2
	基礎コンクリート	22.6	12.5	20.4	0.2

2)　地盤の物性値

解析に用いる地盤の物性値と液状化パラメータを第 5表に示す。地盤の物性値は，「島根原子力発電所２号炉　地震による損傷の防止　別紙-11　液状化影響の検討方針について」の検討方針に基づき設定する。液状化の評価対象として取り扱う埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層の有効応力解析に用いる液状化パラメータは，液状化試験結果（繰返し非排水せん断試験結果）に基づき，地盤のばらつき等を考慮し，保守的に簡易設定法により設定した。設定した液状化強度曲線を第7図に示す。

・解析条件の相違
【東海第二】
島根２号炉は荷揚場の使用材料の物性値を記載している

・対象施設の相違
【東海第二】
島根２号炉は荷揚場の地盤物性値について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

東海第二発電所（2018.9.12 版）

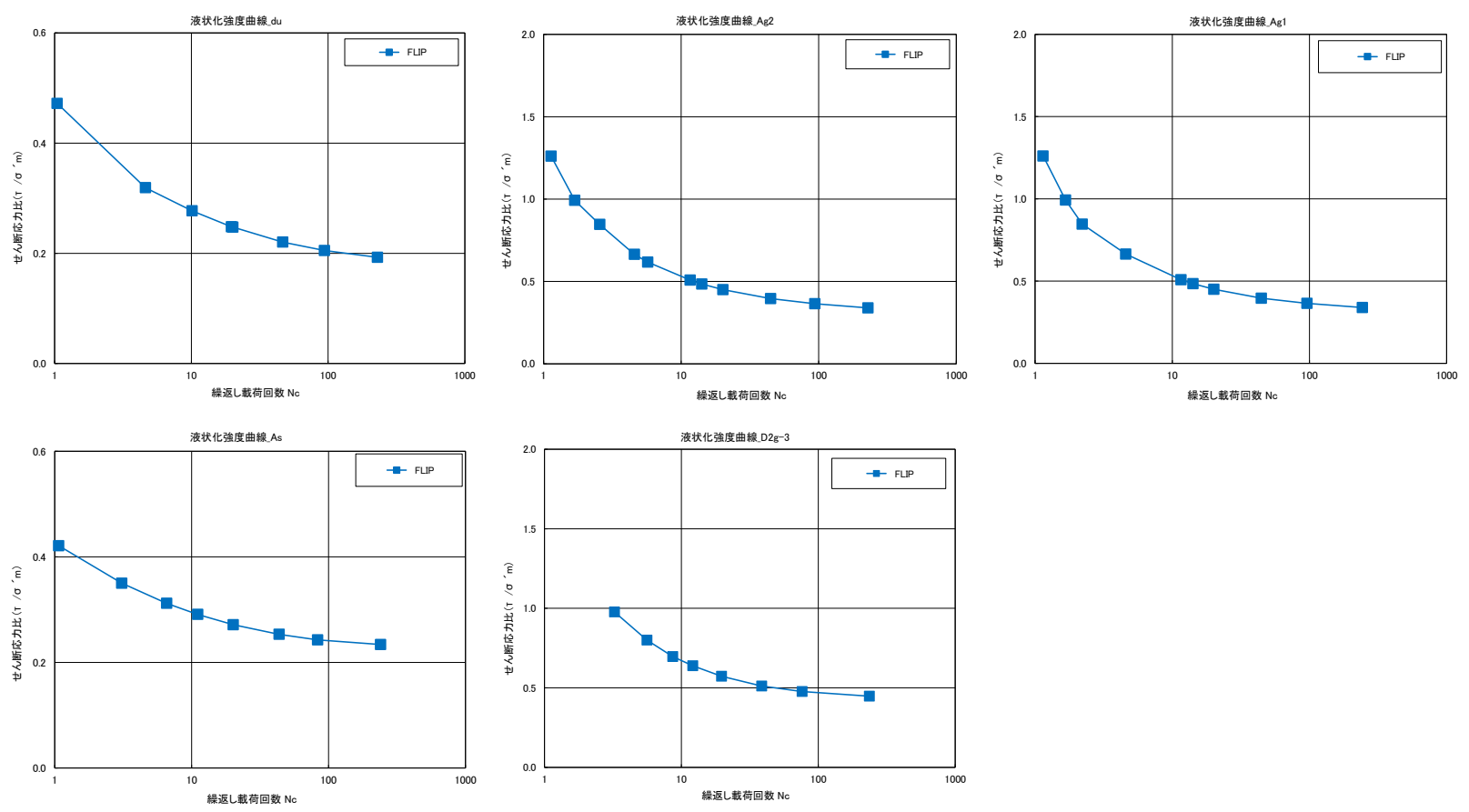
第５表（1）　地盤の物性値と液状化パラメータ

名称		記号	単位	du	Ag2	Ac	As
単位体積質量		ρ	t／m³	1.98	2.01	1.65	1.74
間隙率		n	―	0.43	0.40	0.61	0.55
基準せん断弾性係数		G_{ma}	kN／m²	253,389	278,044	121,857	143,367
基準体積弾性係数		K_{ma}	kN／m²	443,431	463,407	111,702	250,892
基準平均有効主応力		σ_{ma}'	kN／m²	358	497	480	378
拘束圧依存係数		mG,mK	―	0.50	0．50	0.50	0.50
ポアソン比		ν	―	0.26	0.25	0.10	0.26
内部摩擦角		ϕ	°	37.3	37.4	29.1	41.0
粘着力		c	kN／m²	0	0	25	0
最大減衰定数		h_{max}	―	0.220	0.233	0.200	0.216
液状化パラメータ	ϕp		°	34.8	34.9	―	38.3
	s1		―	0.047	0.028	―	0.046
	w1		―	6.5	56.5	―	6.9
	p1		―	1.26	9.00	―	1.00
	p2		―	0.80	0.60	―	0.75
	c1		―	2.00	3.40	―	2.27

第５表（2）　地盤の物性値と液状化パラメータ

名称	記号	単位	Ag1	D2c-3	D2g-3	Km
単位体積質量	ρ	t／m³	2.01	1.77	2.15	$1.72-1.03\times10^{-4}\times Z$
間隙率	n	―	0.40	0.52	0.30	0.54
基準せん断弾性係数	G_{ma}	kN／m²	392,183	285,240	1,361,843	$\rho\times V_s^2$
基準体積弾性係数	K_{ma}	kN／m²	653,638	414,277	2,383,225	$2(1+\nu)/3/(1-2\nu)\times G_{ma}$
基準平均有効主応力	σ_{ma}'	kN／m²	814	696	1167	動的変形試験における有効上載圧と静ポアソン比より深度毎に設定
拘束圧依存係数	mG,mK	―	0.50	0.50	0.50	0.00
ポアソン比	ν	―	0.25	0.22	0.26	$0.16+0.00025\times Z$
内部摩擦角	ϕ	°	37.4	35.6	44.4	$23.2+0.099\times Z$
粘着力	c	kN／m²	0	26	0	$358-6.03\times Z$
最大減衰定数	h_{max}	―	0.221	0.186	0.130	履歴減衰率のせん断ひずみ依存性試験データを最小二乗法誤差で再現する最大履歴減衰率を設定
液状化パラメータ	ϕp	°	34.9	―	41.4	―
	s1	―	0.029	―	0.030	―
	w1	―	51.6	―	45.2	―
	p1	―	12.0	―	8.00	―
	p2	―	0.60	―	0.60	―
	c1	―	3.35	―	3.82	―

Z：標高

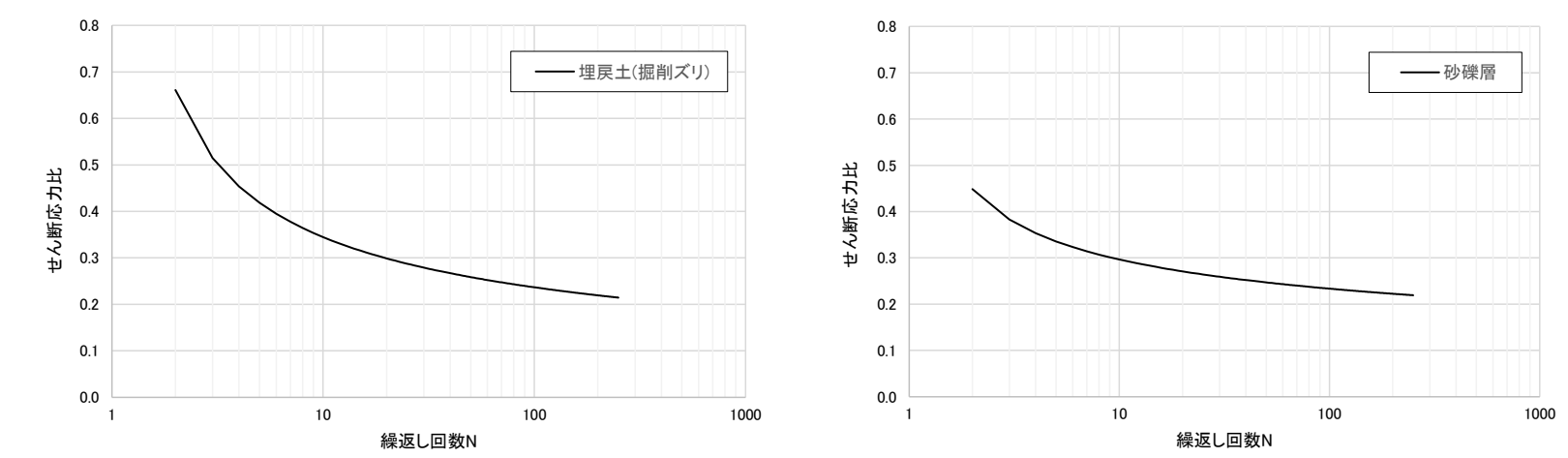


第 15 図　液状化強度曲線

島根原子力発電所　２号炉

第５表　地盤の物性値と液状化パラメータ

材料種別		単位体積重量 飽和,湿潤 γsat, γt (kN/m³)	単位体積重量 水中 γ' (kN/m³)	実測N値 N (平均値)	せん断波速度 Vs (m/s)	せん断抵抗角 φf (°)	粘着力 C (kN/m²)	基準有効拘束圧 σma (kN/m²)	基準初期せん断弾性係数 Gma(kN/m²)	σmaの指数定数 m_G	ポアソン比 ν	基準体積弾性係数 kma (kN/m²)	kmaの指数定数 m_K	間隙率 n	水の体積弾性係数 kw (kN/m²)	最大減衰定数 hmax	細粒分含有率 Fc (%)	液状化特性 変相角 φp (°)	液状化パラメータ s1	w1	p1	p2	c1
地盤	岩盤(第②速度層)	23.3 (2.38)	13.2 (1.35)	―	620	―	―	―	$E=2.601\times10^6$	―	0.42	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	岩盤(第④速度層)	24.5 (2.50)	14.4 (1.47)	―	1520	―	―	―	$E=1.569\times10^7$	―	0.36	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	岩盤(第⑤速度層)	25.2 (2.57)	15.1 (1.54)	―	1900	―	―	―	$E=2.486\times10^7$	―	0.34	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
	埋戻土(気中)	19.6 (2.00)	―	15	―	39.35	0	98.0	76570	0.5	0.33	199700	0.5	0.45	2.2×10^6	0.24	―	―	―	―	―	―	―
	埋戻土(水中)	20.7 (2.11)	10.6 (1.08)	15	―	39.35	0	98.0	76570	0.5	0.33	199700	0.5	0.45	2.2×10^6	0.24	15	28	0.005	6.270	0.500	0.925	2.960
	改良土①-1(気中)	19.6 (2.00)	―	―	―	38.00	628	98.0	404600	0.5	0.33	1055200	0.5	0.45	2.2×10^6	0.24	―	―	―	―	―	―	―
	改良土①-2(気中)	19.6 (2.00)	―	―	―	40.54	490	98.0	327900	0.5	0.33	855000	0.5	0.45	2.2×10^6	0.24	―	―	―	―	―	―	―
	改良土①-3(気中)	19.6 (2.00)	―	―	―	40.54	1140	98.0	742900	0.5	0.33	1937500	0.5	0.45	2.2×10^6	0.24	―	―	―	―	―	―	―
	改良土②-1(水中)	20.7 (2.11)	10.6 (1.08)	―	―	38.71	1253	98.0	777300	0.5	0.33	2027000	0.5	0.45	2.2×10^6	0.24	―	―	―	―	―	―	―



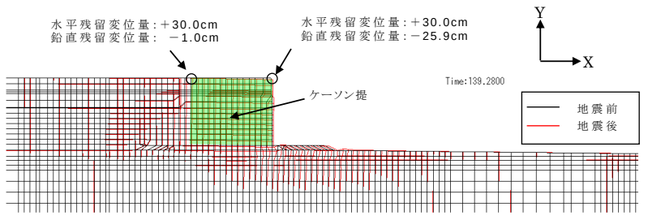
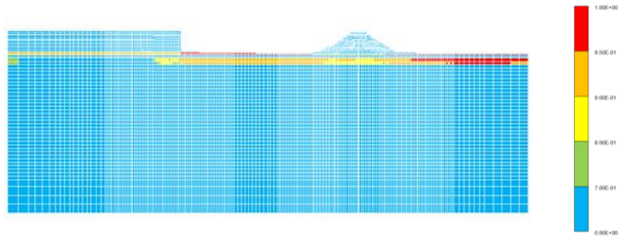
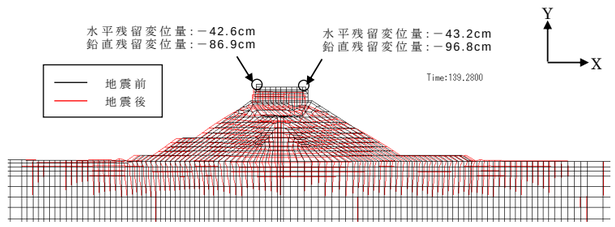
第７図　液状化強度曲線

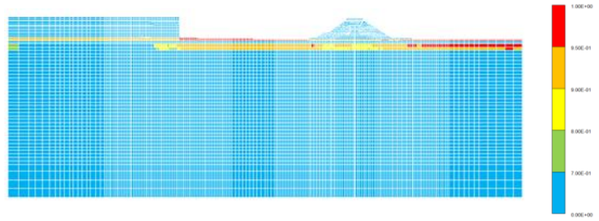
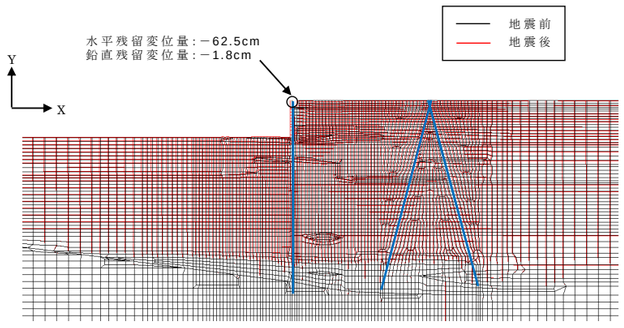
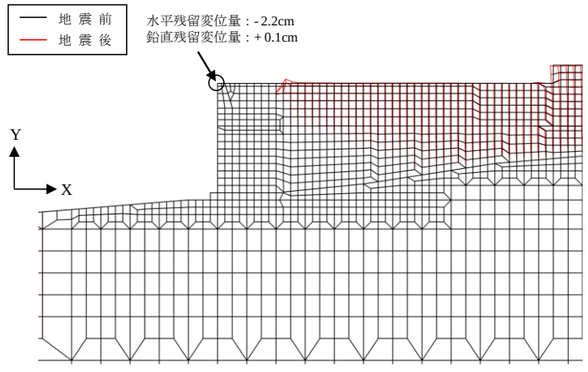
備考

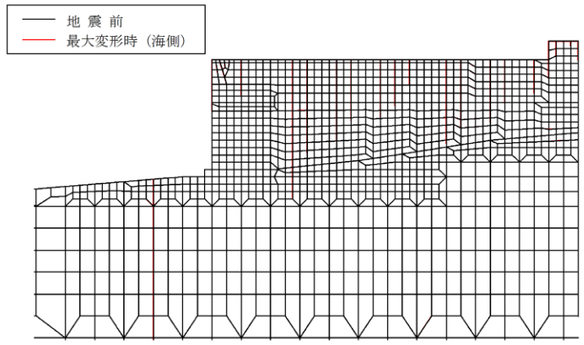
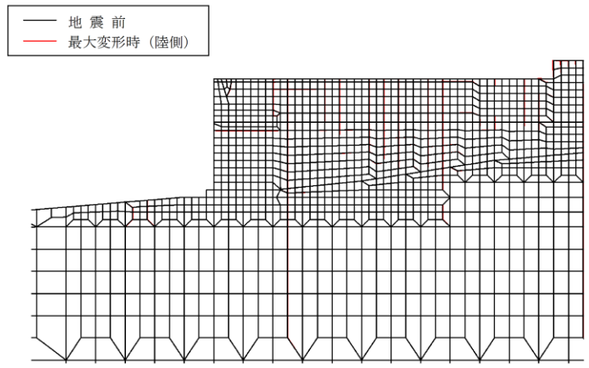
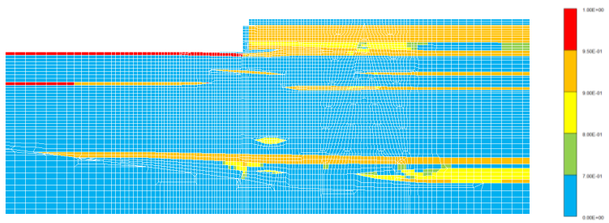
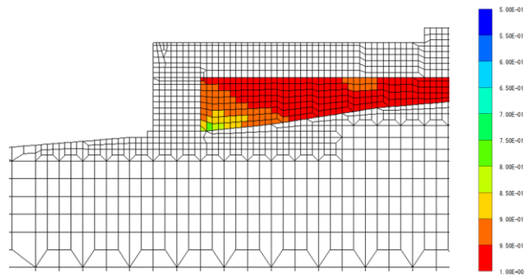
・対象施設の相違
【東海第二】
島根２号炉は荷揚場の地盤物性値について記載している

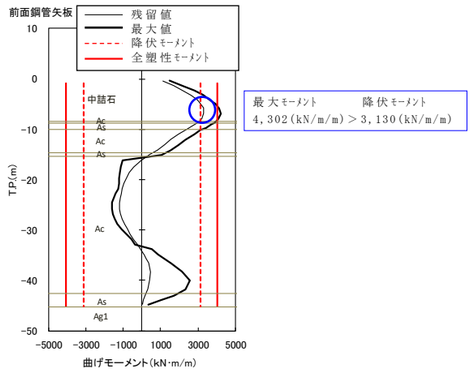
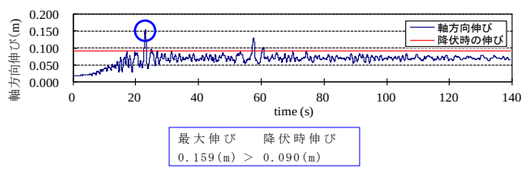
・対象施設の相違
【東海第二】
島根２号炉は荷揚場の液状化強度曲線について記載している

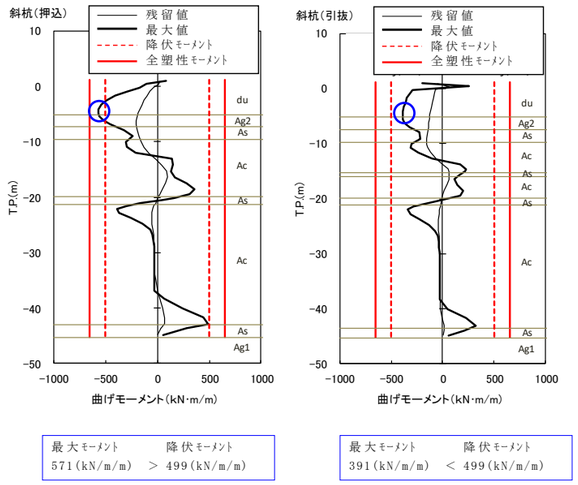
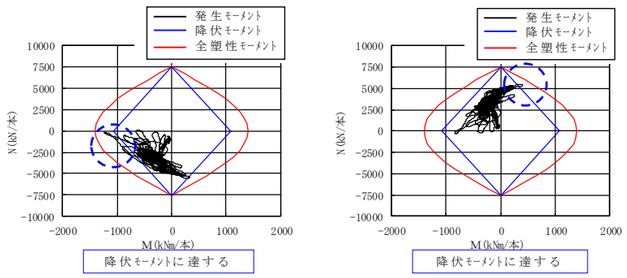
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	3)　ジョイント要素 構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることを基本とし，境界部での剥離・すべりを考慮する。ジョイント要素の特性は法線方向，接線方向に分けて設定する。法線方向では，引張応力が生じた場合，剛性及び応力をゼロとして剥離を考慮する。接線方向では，構造物と地盤の境界部のせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合，剛性をゼロとし，すべりを考慮する。静止摩擦力 τ_f は Mohr-Coulomb 式により規定する。	3)　ジョイント要素 構造物と地盤及び構造物と構造物の境界部にジョイント要素を設けることを基本とし，境界部での剥離・すべりを考慮する。ジョイント要素の特性は法線方向，接線方向に分けて設定する。法線方向では，引張応力が生じた場合，剛性及び応力をゼロとして剥離を考慮する。接線方向では，構造物と地盤の境界部のせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合，剛性をゼロとし，すべりを考慮する。静止摩擦力 τ_f は Mohr-Coulomb 式により規定する。	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の解析条件について記載している
	4)　荷重の入力方法 ａ．常時荷重 常時荷重である自重は，鉄筋コンクリートや鋼管矢板等の単位体積重量を踏まえ，構造物の断面の大きさに応じて算定する。 ｂ．地震荷重 地震荷重は，解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を，一次元波動論によって地震応答解析モデルの下端位置で評価した地震波を用いて算定する。	4)　荷重の入力方法 ａ．常時荷重 常時荷重である自重は，コンクリートの単位体積重量を踏まえ，構造物の断面の大きさに応じて算定する。 ｂ．地震荷重 地震荷重は，解放基盤表面で定義される基準地震動 Ｓｓ を，一次元波動論によって地震応答解析モデルの下端位置で評価した地震波を用いて算定する。	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の荷重条件について記載している
	(6)　評価結果 現状のケーソン堤，傾斜堤，物揚岸壁に対する評価結果を示す。 1)　ケーソン堤 ケーソン堤は基準地震動 S_s 後に多少傾斜し，水平残留変位量は約 30㎝，鉛直残留変位量は約 26㎝ である。 したがって，基準地震動 S_s 後，津波襲来前のケーソン堤の状態としては，ほぼ当初の位置，高さを確保しているものと判断される。残留変位図を第 16 図，過剰間隙水圧比分布図を第 17 図に示す。	(6)　評価結果 現状の荷揚場に対する評価結果を示す。	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の評価結果について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第 16 図　残留変位図（ケーソン堤）  第 17 図　過剰間隙水圧比分布図 2）　傾斜堤 傾斜堤の基準地震動Ｓ$_S$による水平残留変位量は約 43cm，鉛直残留変位量は堤外側で約 97cm である。 したがって，基準地震動Ｓ$_S$後，津波襲来前の傾斜堤の状態としては，ほぼ当初の位置に存在するものの，傾斜堤天端高さとしては約 1m 低い状態にあると判断される。残留変位図を第 18 図，過剰間隙水圧比分布図を第 19 図に示す。  第 18 図　残留変位図（傾斜堤）		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の評価結果について記載している

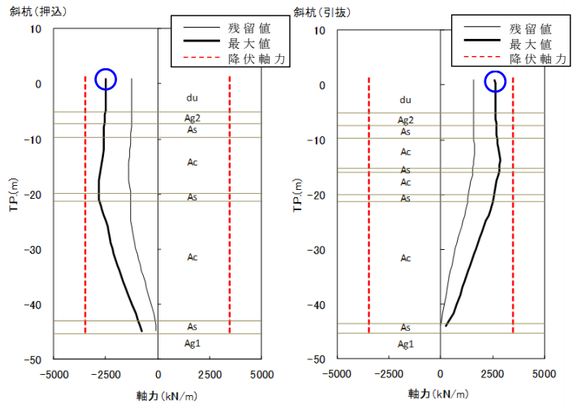
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第 19 図　過剰間隙水圧比分布図 3)　物揚岸壁 a．残留変位量 前面鋼管矢板は，基準地震動Ｓ$_s$により多少前面に変形し，水平残留変位量は約 63cm，鉛直残留変位量は約 2cm である。 残留変位図を第 20 図，過剰間隙水圧比分布図を第 21 図に示す。  第 20 図　残留変位図（物揚岸壁）	a．最終変形量 荷揚場は，基準地震動Ｓｓにほとんど変形せず，水平残留変形量は約 2.2cm，鉛直残留変形量は約 0.1cm である。 なお，地震時におけるセルラーブロックの海側及び陸側の最大変形量を確認したところ，いずれも変形量は軽微であり，また，当該時刻における埋戻土中間のジョイント要素に有意な剥離等は生じておらず，ジョイント要素が荷揚護岸の地震時挙動に悪影響を及ぼしていないことを確認した。 最終変形量図を第 8 図に，地震時におけるセルラーブロックの海側及び陸側の最大変形量図を第 9 図及び第 10 図に，過剰間隙水圧比分布図を第 11 図に示す。  第 8 図　最終変形量図	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の最終変形量について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		 第９図　最大変形量図（最大変形時（海側））  第 10 図　最大変形量図（最大変形時（陸側））	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の最終変形量に加え，最大変形量についても記載している
	 第 21 図　過剰間隙水圧比分布図	 第 11 図　過剰間隙水圧比分布図	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	ｂ．照査結果 前面鋼管矢板の最大曲げモーメント分布図を第 22 図，タイロッドの軸方向伸び量時刻歴図を第 23 図，控え工鋼管杭（斜杭）の最大曲げモーメント図を第 24 図，控え工鋼管杭（斜杭）の最大曲げモーメント位置における軸力を考慮した合成照査図（Ｍ－Ｎ図）を第 25 図，控え工鋼管杭（斜杭）の最大軸力分布図を第 26 図，支持力の照査結果を第 6 表に示す。 前面鋼管矢板は，曲げに対して海底面付近で降伏モーメントを超過する。また，前面鋼管矢板を支えるタイロッドは，降伏時の伸びを超過する。さらに，控え工鋼管杭（斜杭）は，作用軸力が地盤の極限支持力以下であるが，最大曲げモーメント位置における軸力を考慮した合成照査において，降伏モーメントを超過する。 ① 前面鋼管矢板  第 22 図　前面鋼管矢板の最大曲げモーメント分布図 ①② タイロッド  第 23 図　タイロッドの軸方向伸び量時刻歴図	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の最終変形量について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	③ 控え工鋼管杭（斜杭）  第 24 図　控え工鋼管杭（斜杭）の最大曲げモーメント図 （押込杭）　（引抜杭）  第 25 図　控え工鋼管杭（斜杭）のＭ－Ｎ図（最大モーメント位置）		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の最終変形量について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
			・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の評価結果について記載している



支持力照査用軸力：
2,612(kN/m)×2.16(m)※1=5,642kN/本

支持力照査用軸力：
2,608(kN/m)×2.16(m)※1=5,633kN/本

※1　控え工鋼管杭間隔

第 26 図　控え工鋼管杭（斜杭）の最大軸力分布図

第６表　控え工鋼管杭（斜杭）の支持力照査結果

	作用軸力（kN/本）	極限支持力※2（kN/本）	判定
押込杭	5,642	10,267	O．K
引抜杭	5,633	10,040	O．K

※2　極限支持力の算出：道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編にて算定

c．物揚岸壁の評価結果

基準地震動S_sにより，物揚岸壁の前面鋼管矢板は，曲　げに対して全塑性モーメントに至り，降伏点を超過する。また，タイロッド並びに，控え工鋼管杭（斜杭）についても，降伏点を超過する。

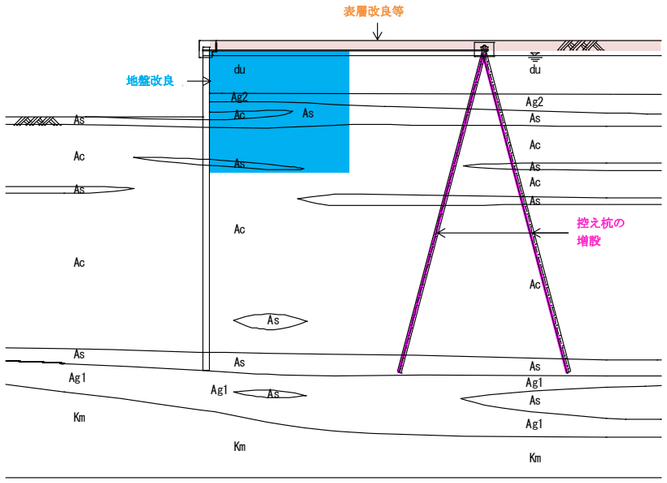
したがって，物揚岸壁は，基準地震動S_sに対して全ての構造部材が降伏点を超過し，健全性が確保されないことから耐震対策を実施すると共に，漂流物化しない設計方針とする。

b．評価結果

荷揚場を構成する荷揚護岸の最終変形量の許容限界については，荷揚護岸自体が漂流物化せず，また，燃料等輸送船の漂流防止装置である係船柱等の支持性能を保持する観点から，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」に基づき，１ｍを許容限界値とする。

荷揚場は，基準地震動Ｓｓによる地震応答解析から得られる最終変形量が許容限界値を超えないことを確認した。

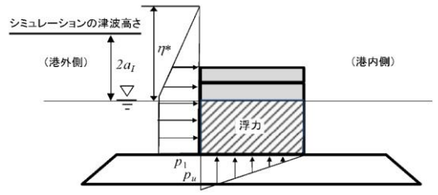
・対象施設の相違
【東海第二】
島根２号炉は荷揚場の影響評価について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	ｄ．物揚岸壁対策の方針 物揚岸壁においては，前面鋼管矢板，タイロッド，並びに控え工鋼管杭の発生断面力を低減させるために，地盤改良，控え工の増設等による対策を検討し，基準地震動Ｓ$_s$後においても，物揚岸壁が健全な状態を維持するように設計する。 また，津波襲来時の越流による前面鋼管矢板背後地盤の洗掘防止に対しては，表層改良等により，津波襲来時の土砂流出等を防止する方針とする。物揚岸壁の対策工イメージを第 27 図に示す。  第 27 図　物揚岸壁の対策工イメージ図		
	(7)　基準地震動Ｓ$_s$による防波堤への影響評価のまとめ 基準地震動Ｓ$_s$が防波堤に及ぼす影響としては，主に傾斜堤の沈下であるが，地震後の残留変位量の評価結果から，大規模な損傷には至らないと考えられる。したがって，基準地震動Ｓ$_s$後に航路への影響はないものと考えられる。また，物揚岸壁においては，対策工を実施する方針とすることにより，物揚岸壁の健全性を維持することから，基準地震動Ｓ$_s$による大型船舶の緊急離岸に関しては，影響はないものと判断される。	(7)　基準地震動Ｓｓによる荷揚場への影響評価のまとめ 基準地震動Ｓｓが荷揚場に及ぼす影響としては，主に荷揚場の沈下であるが，地震後の最終変形量が許容限界を満足していることから，基準地震動Ｓｓによる大型船舶の緊急離岸への影響はないものと判断される。	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	4.　津波時評価 (1)　評価方法 津波に対する防波堤の安定性を評価するにあたっては，防波堤を構成する各部材の重量や形状に対して，津波の水位や流速，波圧データに基づき評価を行う。 1)　傾斜堤（被覆材・ブロック類） 傾斜堤の被覆材やブロック類の安定性検討としては，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」に準じて，イスバッシュ式※1 を用いて評価する。この式は米国の海岸工学研究センターが潮流による洗掘を防止するための捨石質量として示したものであり，水の流れに対する被覆材の安定質量を求めるものである。 ※1 「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」のイスバッシュ式 $M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 (y_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos\theta - \sin\theta)^3}$ M ： 捨石等の安定質量(t) ρr：捨石等の密度(t/m^3) U ：捨石等の上面における水の流れの速度(m/s) g ：重力加速度(m/s^2) y ：イスバッシュ(Isbash)の定数 （埋込まれた石は 1.20，露出した石は 0.86） Sr：捨石等の水に対する比重 θ ：水路床の軸方向の斜面の勾配（°） なお，上式に用いるイスバッシュ係数は，各検討状態において設定するものとし，基準津波襲来時においては，マウンド被覆材が露出した状態として 0.86 とする。また，基準津波襲来後の状態においては，海底表層の液状化による緩い状態の地盤面に落下し埋もれることから，イスバッシュ係数は 1.20 と設定する。 2)　ケーソン堤 ケーソン堤については，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」の滑動，転倒※2 に基づく安定性の評価並びにイスバッシュ式による漂流物化の評価を行う。なお，津波波力は，「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省，平成 27 年 12 月）」の式※3 を用いる。	4.　津波時評価	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	※２「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」の滑動，転倒照査式 ○堤体の滑動照査式 $f_d\left(W_d - P_{B_d} - P_{U_d}\right) \geq \gamma_a P_{H_d}$ f：壁体底面と基礎との摩擦係数 W：堤体の重量（kN／m） P_B：浮力（kN／m） P_U：津波の揚圧力（kN／m） P_H：津波の水平波力（kN／m） γ_a：構造解析係数 ○堤体の転倒照査式 $a_1 W_d - a_2 P_{B_d} - a_3 P_{U_d} \geq \gamma_a a_4 P_{H_d}$ W：堤体の重量（kN／m） P_B：浮力（kN／m） P_U：津波の揚圧力（kN／m） P_H：津波の水平波力（kN／m） a_1～a_4　：各作用のアーム長（m） γ_a：構造解析係数 ※３「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省，平成 27 年 12 月）」の津波波力算定式 $\eta^* = 3.0 a_I$ $p_1 = 3.0 \rho_0 g a_I$ $p_u = p_1$ η^*：静水面上の波圧作用高さ（m） a_I　：入射津波の静水面上の高さ（振幅）（m） $\rho_0 g$：海水の単位体積重量(kN／m^3) p_1　：静水面における波圧強度（kN／m^2） p_u　：直立壁前面下端における揚圧力（kN／m^2）		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
			・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している



(2)　傾斜堤の津波時安定性

1)　基準津波襲来時（1 波目）での限界流速

イスバッシュ式を適用する防波堤マウンドの被覆材等の種類とその重量及び算定した限界流速について第 7 表に示す。なお，基準津波襲来時においては，マウンド被覆材が露出した状態としてイスバッシュ係数は，0.86 とする。

第 7 表　被覆材等の安定性に係る限界流速（1）

部位	規格	限界流速 （ｲｽﾊﾞｯｼｭ式より算定）
ケーソン	5,000t／基（防波堤堤頭部）	16.3m／s
上部工	600t／基（傾斜堤部）	12.0m／s
被覆ブロック	32t 根固め方塊ブロック	7.2m／s
	30t 被覆ブロック	5.5m／s
	8t ガンマエル	2.5m／s
	5t ガンマエル	2.3m／s
	2t ガンマエル	2.0m／s
消波ブロック	16t テトラポット	2.8m／s
	25t テトラポット	3.7m／s
石類	基礎割石 100kg／個以下	1.1m／s
	基礎栗石 1000kg／個	1.9m／s
	被覆石 500～1000kg／個	1.7m／s
	グラベルマット等 100～500kg／個	1.3m／s

2)　基準津波襲来後（2 波目以降）の限界流速

イスバッシュ式を適用する防波堤マウンドの被覆材等の種類とその重量及び算定した限界流速について第 8 表に示す。なお，基準津波襲来後の状態においては，海底表層の液状化による緩い状態の地盤面に落下し埋もれることから，イスバッシュ係数は，1.20 とする。

第 8 表　被覆材等の安定性に係る限界流速（2）

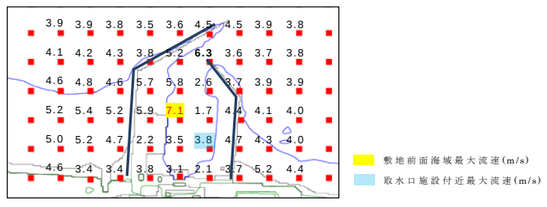
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

部位	規格	限界流速 （ｲｽﾊﾞｯｼｭ式より算定）
ケーソン	5,000t／基（防波堤堤頭部）	22.7m／s
上部工	600t／基（傾斜堤部）	16.8m／s
被覆ブロック	32t 根固め方塊ブロック	10.1m／s
	30t 被覆ブロック	10.0m／s
	8t ガンマエル	8.0m／s
	5t ガンマエル	7.4m／s
	2t ガンマエル	6.4m／s
消波ブロック	16t テトラポット	8.9m／s
	25t テトラポット	9.6m／s
石類	基礎割石 100kg／個以下	3.6m／s
	基礎栗石 1000kg／個	6.2m／s
	被覆石 500～1000kg／個	5.5m／s
	グラベルマット等 100～500kg／個	4.1m／s

3)　敷地前面海域の流速

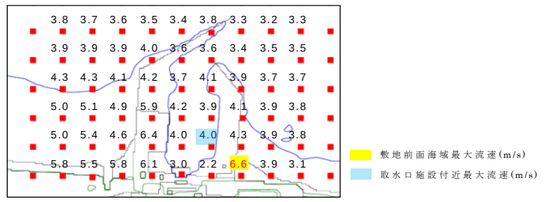
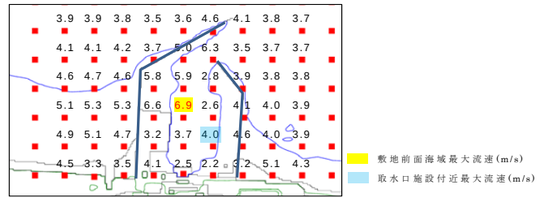
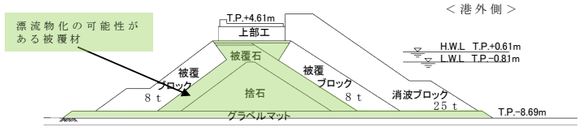
基準津波に対して，防波堤がある場合とない場合及び耐震評価結果から保守的に防波堤を 1m沈下させた場合の 3 つのケースで津波シミュレーションを実施し流速を確認した。その結果，防波堤範囲における最大流速は，防波堤がある場合の約 7.0m／s であることから，基準津波襲来時（1 波目）においては，30t 被覆ブロック以下の重量の被覆材については，安定性が確保されずに漂流物化する。一方，基準津波襲来後（2 波目以降）においては，海底表層の液状化による緩い状態の地盤面に落下し埋もれることから，限界流速が増加するため，2t 被覆ブロック以下の重量のマウンドの被覆材については，安定性が確保されずに漂流物化するものと考える。

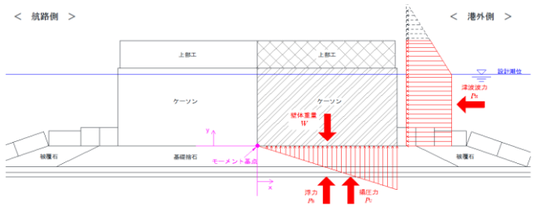
敷地前面海域における最大流速分布図を第 28 図～第 30 図，漂流物化の可能性があるマウンドの被覆材について第 9 表及び第 31 図に示す。



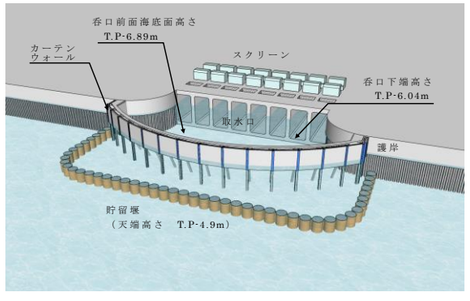
第 28 図　前面海域における最大流速分布図（防波堤あり）

・対象施設の相違
【東海第二】
島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第 29 図　前面海域における最大流速分布図（防波堤なし）  第 30 図　前面海域における最大流速分布図（防波堤 1m 沈下） 第 9 表　漂流物化の可能性があるマウンドの被覆材 部位 / 規格 被覆ブロック：2t ガンマエル（北，南側防波堤等の一部範囲） 石類：基礎割石 100kg／個以下 基礎栗石 1000kg／個 被覆石 500～1000kg／個 グラベルマット等 100～500kg／個  第 31 図　漂流物化の可能性がある範囲図 （二次元有効応力解析断面） (3)　ケーソン堤の津波時安定性 ケーソン堤における基準津波時の津波波力を「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省，平成 27 年 12 月）」の式※3 を用いて算定し，「港湾の施設の技術上の基準・同解説（日本港湾協会，平成 19 年 7 月）」※2 に準じて，ケーソン堤の滑	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	動，転倒照査を行った。 ケーソン堤位置の最大津波高さは，南防波堤で T.P.＋13m 程度であり，滑動，転倒照査の結果，安定性は確保されない結果となった。ケーソン堤照査図を第 32 図に示す。  第 32 図　ケーソン堤照査図 また，イスバッシュ式による安定性の評価は，第７表，第８表に示す通り，限界流速が最大流速を上回ることから，ケーソンは漂流物化しないものと判断される。 ※2：添付 18－32 ページで示した式。 ※3：添付 18－33 ページで示した式。 (4)　防波堤漂流物の重要施設への到達の可能性評価 1)　傾斜堤 傾斜堤においては，基準津波襲来後（2 波目以降）に，海底表層の液状化による緩い状態の地盤面に落下し埋もれることから，限界流速が増加するため，2t 被覆ブロック以下の重量のマウンドの被覆材については，安定性が確保されずに漂流物化するものと考える。しかし，取水施設付近での最大流速は概ね 4m／s 程度であり限界流速を下回ることから，マウンドの被覆材が漂流物化したとしても，これらの施設へ到達する可能性は低いと考えられるが，保守的に漂流物化する可能性があるものとして取り扱う。 2)　ケーソン堤 海域の沖合に 4 函設置されているケーソン堤は，取水施設から直線距離にして 350m～550m 程度の離隔距離がある。ケーソン堤に関する既往の津波被災事例※4 を調査した結果，津波による強い流れによって防波堤		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	のマウンドが大きく洗掘・流出し，かつ津波による強い水平力が原因でケーソン堤が転倒し，場合によっては回転しながらの移動が推定されるとされている。また，津波によるケーソン堤の移動距離は，最大 150m 程度の事例（東北地方太平洋沖地震，田老漁港，1,000t 級ケーソン）が報告されている。 東海第二発電所のケーソン堤は，5,000t 級の重量構造物であり，取水施設まで十分な離隔距離があること及びイスバッシュ式による評価では限界流速が最大津波流速を上回っているため，漂流物として取水施設までの到達を考慮しない。第 33 図に取水設備からの離隔距離図を示す。  第 33 図　取水設備からの離隔距離図 ※４ 水産総合研究センター 震災復興に向けた活動報告集１，平成 24 年 3 月，東日本大震災による漁港施設の地震・津波被害に関する調査報告（第１報），独立行政法人 水産総合研究センター		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している
	3)　物揚岸壁 物揚岸壁は，耐震性を確保する対策工及び岸壁背後地の洗掘防止対策工を実施することから，物揚岸壁構造部材並びに背後地の土砂の漂流物化はないものと考える。	入力津波が荷揚場に及ぼす影響としては，荷揚場の漂流物化が考えられる。 荷揚場は，前述のとおり，基準地震動Ｓｓ後でも，ほぼ当初の位置及び高さを確保しており，荷揚場背後地はコンクリート舗装等の洗掘防止対策工を実施することから，荷揚場構造部材並びに背後地の土砂の漂流物化はないものと考える。	・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	(5)　取水施設における取水機能の成立性 1)　取水口 取水口周りの概念図を第 34 図に示す。 取水口の呑口は 8 口あり，幅 42.8m，高さ 10.35m（1 口当たりの内部寸法は幅 4.1m，高さ 8.35m）である。また，呑口下端高さは T.P.－6.04m，呑口前面海底面高さは T.P.－6.89m であり，取水口前面（カーテンウォール外側）には，天端高さ T.P.－4.9m の貯留堰を設置する。 仮にマウンドの被覆材が漂流物化し，取水口周りに到達したとしても貯留堰やカーテンウォールの鋼管杭等の存在，呑口前面海底面高さ（T.P.－6.89m）と呑口下端高さ（T.P.－6.04m）に約 85cm の段差があることから，漂流物が取水口前面又は固定バースクリーンへ到達し難いことは明らかであるが，保守的にマウンドの被覆材が漂流物化し，取水口前面に堆積した場合の取水機能を検討する。 マウンドの被覆材が貯留堰から固定式バースクリーンまで堆積したと仮定し，マウンドの被覆材（100kg／個の捨石程度）の透水係数を 10^2cm／s※5 として算出される通水量は約 14m^3／s※6 となる。ここで，マウンドの被覆材の石材は砂利より間隙が大きく，透水性は高いと考えられるが，保守側に砂利相当の透水係数を用いた。 また，非常用ポンプ 7 台の必要取水量は，1.2m^3／s※であり，被覆材の堆積を仮定した場合の通水量が上回ることから，取水機能が失われることはない。  第 34 図　取水口周りの概念図		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	※5　マウンドの被覆材の透水係数： 「水理公式集（土木学会）　P375　表 1.1」より		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

表 1.1　透水係数の概略値と決定法[1)a]

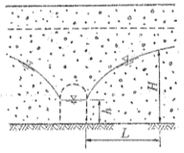
k (cm/s)	10^{2} 1.0	10^{-2}	10^{-4}	10^{-6}	10^{-8}
土砂の種類	きれいな砂利	きれいな砂 きれいな砂利まじりの砂	細砂，シルト， 砂とシルトの混合砂		難透水性土 粘　土
決定法	揚水試験法，定水位法，実験公式		変水位法		

※5　マウンドの被覆材の透水係数：
「水理公式集（土木学会）　P383　表 1.5」より

・集水暗きょの取水量公式

$$Q=\frac{k(H^2-h^2)\cdot l}{L}$$

〔解説〕本式は単一様流の仮定より得られ、Dupuit-Forchheimer の式と呼ばれている。



※左式は水路両面からの流入量のため，算出は 1/2 倍とする。
・捨石の透水係数 $k=1\times10^{2}$cm/s
・静水面＝L.W.L.＝T.P.－0.81m
※常時を想定，水位が低い方が保守側
・水路床高＝T.P.－6.89m
・H＝(T.P.－0.81m)－(T.P.－6.89m)＝6.08m
・h＝(T.P.－5.66m)－(T.P.－6.89m)＝1.23m
・ℓ＝32.8m
水路幅（スクリーン室幅 4.1m×8 箇所）
・L＝42.33m
流路長（貯留堰～スクリーンの距離）

$$Q=\frac{k\times\left(H^2-h^2\right)\times\ell}{L}\times\frac{1}{2}=\frac{1\times10^{2}\times10^{-2}\times\left(6.08^2-1.23^2\right)\times32.8}{42.33}\times\frac{1}{2}=13.7\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$$

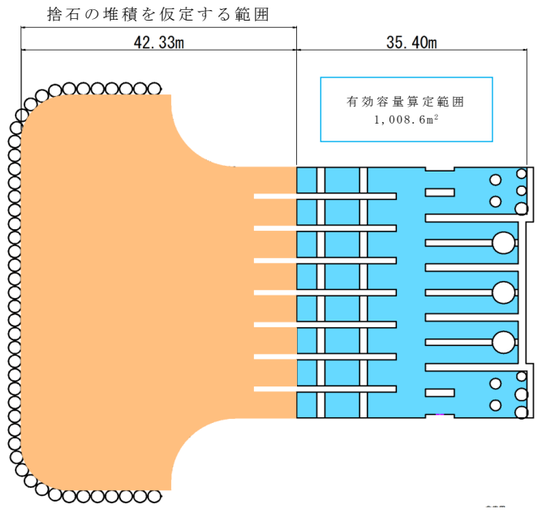
※7　非常用ポンプ必要取水量：

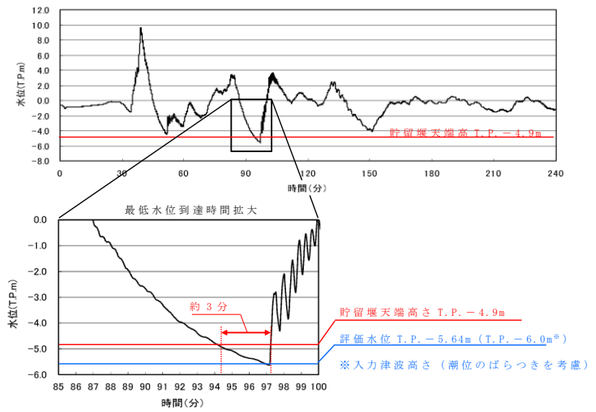
ポンプ名称	定格流量（m^3／h）	運転台数（台）	取水量合計	
			（m^3／h）	（m^3／min）
残留熱除去系海水系ポンプ	886	4	3,544	59.07
非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	273	2	546	9.10
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	233	1	233	3.88
合計			4,323	72.05

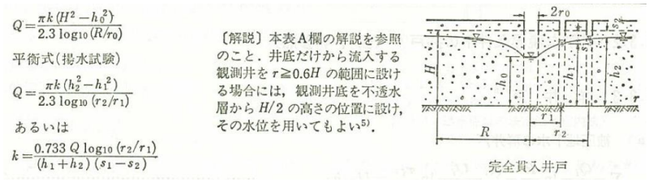
必要取水量：72.05m^3／min＝1.2m^3／s

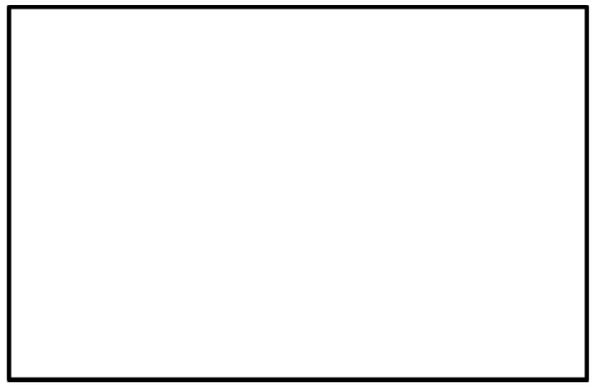
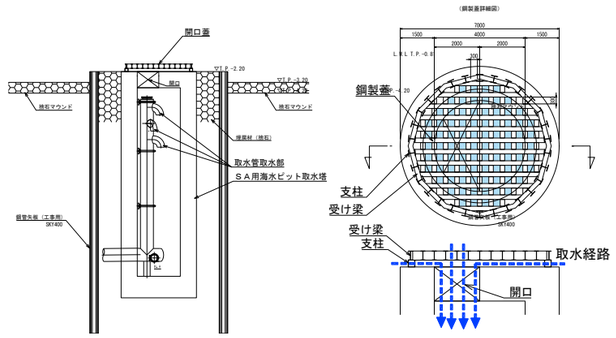
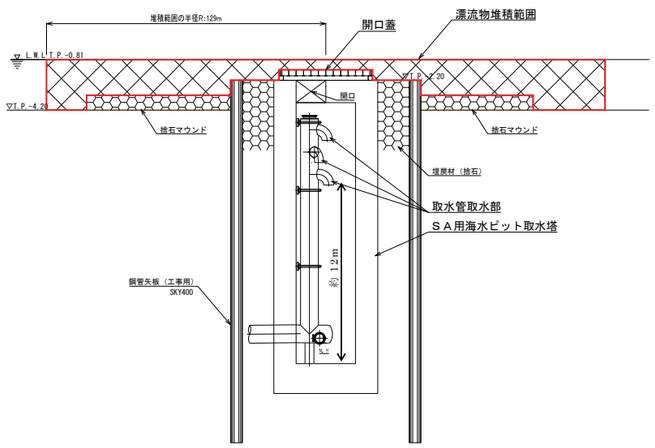
2)　貯留堰

貯留堰は，取水口の前面に設置されており，50t の漂流物の衝突荷重を考慮した設計としている。仮に最大重量の漂流物である 2t 被覆ブロックが衝突したとしても，損壊はしない。また，マウンドの被覆材が漂

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	流物化し，貯留堰を越えて貯留堰内に流入する可能性は低いと考えられるものの，保守的に貯留堰内に到達したものと仮定し，引き波時の貯留機能を検討する。 被覆材が貯留堰からスクリーンまでの約 40m 範囲を埋めつくしたとしても，スクリーン内部の貯留量が約 517m^3（第 36 図）であり，引き波時間約 3 分間の非常用ポンプ必要取水量約 220m^3（≒72.05m^3／min×3min）を確保することが出来る。 貯留堰の有効容量平面図を第 35 図に，有効容量縦断面図を第 36 図に，貯留堰前面の引き波の継続時間を第 37 図に示す。  第 35 図　有効容量平面図  第 36 図　有効容量縦断面図		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	※8　スロッシングによる溢水量： 「貯留堰の設置位置及び天端高さの決定の考え方」から引用  第 37 図　引き波の継続時間 3)　ＳＡ用海水ピット取水塔 ＳＡ用海水ピット取水塔の平面図を第 38 図，断面図を第 39 図に示す。ＳＡ用海水ピット取水塔は，海底面からＲＣ構造の立坑が 1m 程度突出した構造であり，立坑内には鋼製の通水管を設置している。 当該取水塔は，50t の漂流物の衝突荷重を考慮した設計としている。仮に最大重量の漂流物である 2t 被覆ブロックが衝突したとしても，損壊しない。 水塔上面には，漂流物の流入防止として取水塔の側壁上部に沿って円周上に約 60cm 間隔で設置する幅約 30cm，高さ約 30cm の支柱の上部に約 30cm 角の格子状の鋼材により開口を設けた蓋を設置するため，漂流物化した防波堤のマウンド被覆材のうち，100kg／個（形状：立方体 1 辺　約 32cm～35cm）のものに対しても，進入を防止出来る。 また，立坑内に設置する通水管の取水部は，ピット底部から約 12m 上方に，複数個設置し，その開口は下		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	向きとすることでピット上部の格子蓋を通過した漂流物の直接的な侵入及び堆積物の進入を抑止している。 更に，漂流物化するマウンド被覆材が，ＳＡ用海水ピット取水塔周辺を覆いつくしたとして，ＳＡ用海水ピットの取水機能を検討する。 漂流物化したマウンドの被覆材が，ＳＡ用海水ピット取水塔を中心に円形に堆積したと仮定し，マウンドの被覆材（100kg／個の捨石程度）の透水係数を 10^2cm／s※5 として算出される通水量は約 1.5m³／s※9 となる。ここで，マウンドの被覆材の石材は砂利より間隙が大きく，透水性は高いと考えられるが，保守側に砂利相当の透水係数を用いた。また，ＳＡ用海水ピット取水塔の必要取水量は 0.75m³／s※10であり，マウンドの被覆材の堆積を仮定した場合の通水量が上回ることから，取水機能が失われることはない。ＳＡ用海水ピット取水塔部の漂流物堆積イメージ図を第 40 図に示す。 ※9　捨石の堆積箇所における通水量： 「水理公式集（土木学会）　P378　表 1.3」より ・通常井戸の取水量公式  $Q=\frac{\pi k(H^2-h_0^2)}{2.3\log_{10}(R/r_0)}$ 平衡式（揚水試験） $Q=\frac{\pi k(h_2^2-h_1^2)}{2.3\log_{10}(r_2/r_1)}$ あるいは $k=\frac{0.733\,Q\log_{10}(r_2/r_1)}{(h_1+h_2)(s_1-s_2)}$ 【解説】本表A欄の解説を参照のこと．井底だけから流入する観測井を $r\geqq 0.6H$ の範囲に設ける場合には，観測井底を不透水層から $H/2$ の高さの位置に設け，その水位を用いてもよい[5]． $2r_0$ H h_0 h_1 h_2 r r_1 R r_2 完全貫入井戸 ・漂流物の透水係数 $k=1\times10^2$cm/s　※捨石の透水係数 ・原地下水位＝T.P.－0.81m ※水位が L.W.L，漂流物が L.W.L の高さまで堆積した状態を想定 ・水路床高＝T.P.－2.20m　※SA 用海水ピット取水塔の天端高さ ・H＝（T.P.－0.81m）－（T.P.－2.20m）＝1.39m ・h_0＝（T.P.－2.20m）－（T.P.－2.20m）＝0.00m ・堆積範囲の半径 R＝129m ※マウンドの被覆材が SA 用海水ピット取水塔を中心に円形に堆積した状態を想定 ・取水口の半径 r_0＝2.85m（防護蓋の支柱の内側の半径） $Q=\frac{\pi\times k\times\left(H^2-h_0^{\,2}\right)}{2.3\times\log_{10}(R/r_0)}=\frac{\pi\times1\times10^2\times10^{-2}\times\left(1.39^2-0^2\right)}{2.3\times\log_{10}(129/2.85)}=1.593\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$ ※10　ＳＡ用海水ピット取水塔の必要取水量： 2,680m³／h＝0.75m³／s		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	 第 38 図　ＳＡ用海水ピット取水塔の平面図  第 39 図　ＳＡ用海水ピット取水塔の断面図（案）  第 40 図　ＳＡ用海水ピット取水塔部漂流物堆積イメージ図		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	(6)　津波による防波堤損壊の影響評価のまとめ 基準津波が防波堤に及ぼす影響としては，防波堤のマウンドの被覆材の漂流物化が考えられるが，取水施設周辺の流速が小さいことから取水施設へ到達する可能性は低いものと考えられる。 防波堤損壊により漂流物化したマウンドの被覆材が取水施設に到達したとしても，各取水施設は漂流物の衝突に対して十分な耐力を確保している。また，仮にマウンドの被覆材が取水施設の周辺に堆積したとしても，マウンドの被覆材の透水性能が高いことから，取水施設は取水機能を満足する。したがって，防波堤損壊により取水施設が取水機能を失うことはないものと判断する。 漂流物による各取水施設への影響評価結果を以下に示す。 ・取水口において，堆積したマウンド被覆材の通水量約 14m³／s が，非常用ポンプ 7 台の必要取水量 1.2m³／s を上回るため，取水口の取水機能を満足する。 ・貯留堰において，貯留堰からスクリーンまでの範囲をマウンド被覆材が埋めつくしたとしても，スクリーン内部の貯留量約 517m³ により，引き波時間約 3 分間の非常用ポンプ必要取水量約 220m³ を確保しており，引き波時の取水機能を満足する。 ・ＳＡ用海水ピット取水塔において，堆積したマウンド被覆材の通水量約 1.5m³／s が，ＳＡ用海水ピット取水塔の必要取水量 0.75m³／s を上回るため，ＳＡ用海水ピット取水塔の取水機能を満足する。なお，ＳＡ用海水ピット取水塔内に堆積する砂については，定期的な点検を実施し，必要に応じて排砂することとする。		・対象施設の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の漂流化について記載している
		5.　地震後の荷揚場の津波による影響評価のまとめ 以上のことから，荷揚場は基準地震動Ｓｓ並びに入力津波に対する耐性を有しており，荷揚場の損傷が想定されないことから，取水施設である取水口に波及的影響を及ぼす可能性は低いものと判断する。	・資料構成の相違 【東海第二】 島根２号炉は荷揚場の影響評価についてまとめを記載している

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		添付資料 39 防波壁通路防波扉の設計及び運用対応について １．防波壁通路防波扉の設計について 津波防護施設である防波壁通路防波扉（以下「防波扉」という。）については，耐震Ｓクラスの設備とし，人力での開閉が可能な設計とし，さらに発電機又は常用電源により開閉が可能な設計とする。 防波扉の人力による閉止操作に係る時間は最大 30 分程度（電動による閉止操作に係る時間は最大 10 分程度）であり，日本海東縁部に想定される地震による津波の到達時間（約 110 分）を十分に下回る。 また，開閉状態の確認のため，防波扉に対して扉設置場所及び中央制御室に警報ブザーを設置することにより，「扉設置場所での“開”状態の認知性向上」及び「中央制御室での開閉状態の監視」を実施し，防波扉の閉め忘れを防止する。 ２．防波扉の運用管理について 防波扉については，常時閉運用とし，現場に注意表示をし，各種手順書に明記するとともに，開放後の確実な閉操作，閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作を確実に実施するための運用管理を行う。また，開放の際には，津波注意報，津波警報又は大津波警報発令時に速やかに閉止できる人員を確保することとしている。 具体的な運用について，積雪，風等の様々な環境条件下でも確実に閉止できることとするための配慮事項及び設備の保守・点検の方針を以下に示す。 ・防波扉は常時閉運用とし，作業上車両通過が必要な場合等には，一時的に開放し，車両通過後は速やかに閉止する。ただし，車両が連続して通過する場合等は，速やかに閉止できる体制を維持することを条件に，連続開放を許容する。 ・防波扉開放時に，津波注意報，津波警報又は大津波警報が発令された場合は，防波壁外側の人員が退避後，速やかに扉を	・資料構成の相違 【柏崎 6/7，東海第二】 島根２号炉は防波扉の設計及び運用対応について添付資料を作成

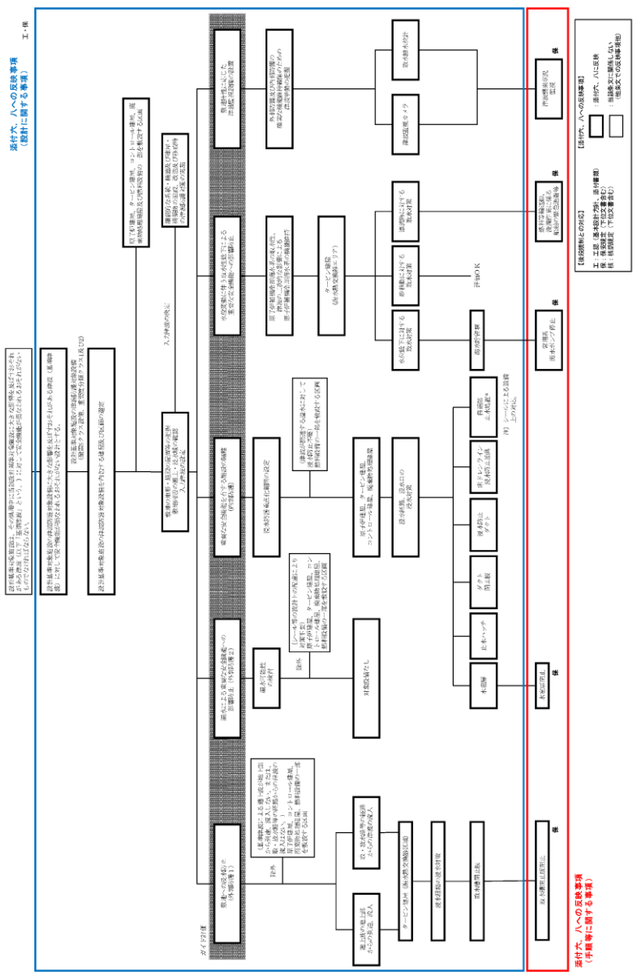
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		閉止する。敷地近傍の震源による津波が発生した場合は，人員の安全を優先し，可能な範囲で扉の閉止操作を行う（海域活断層から想定される地震による津波は，敷地への遡上はない）。 ・防波扉については，人員が出入りする昇降設備（梯子など）を設置し，車両が通過する等の扉開放が必要な場合以外は，扉を開放しない運用とする。また，防波壁の内側と外側の両方から開閉操作ができるよう設計する。 ・雪や風等に関する警報が発出されている場合には原則開操作を行わないこととするなど，閉止が困難となる可能性がある場合に開操作を行わない運用を定めることとする。 ・日本海東縁部に想定される地震による津波の到達までに，手動ウインチを用いた操作により確実に閉止可能な運用とする。また，より水密性を確保するため，ロックを設ける。 ・設備の保守点検については，各部位の要求性能等を踏まえ，点検項目や点検方法等を定めて実施するものとする。また，確実に開閉可能であることを維持するため，動作を確認する点検を実施する。 ・交換が必要な部品が発生した場合には，作業中に防波扉が連続して開放状態にならないような配慮として，代替品を準備するなどの対応を行う。 ３．防波扉の開放作業について 防波扉は常時閉運用であるが，作業上車両通過が必要な場合等に一時的に開放を許容する運用とする。防波扉の開放を伴う作業は，以下のとおりである。 ・荷揚場作業実施時：使用済燃料輸送作業（車両が連続して通過する作業） LLW 搬出作業（車両が連続して通過する作業） デリッククレーン点検作業 防舷材設置作業　等 ・重大事故等時　：海上モニタリング 放射能測定装置による水中の放射性物質の濃度測定	

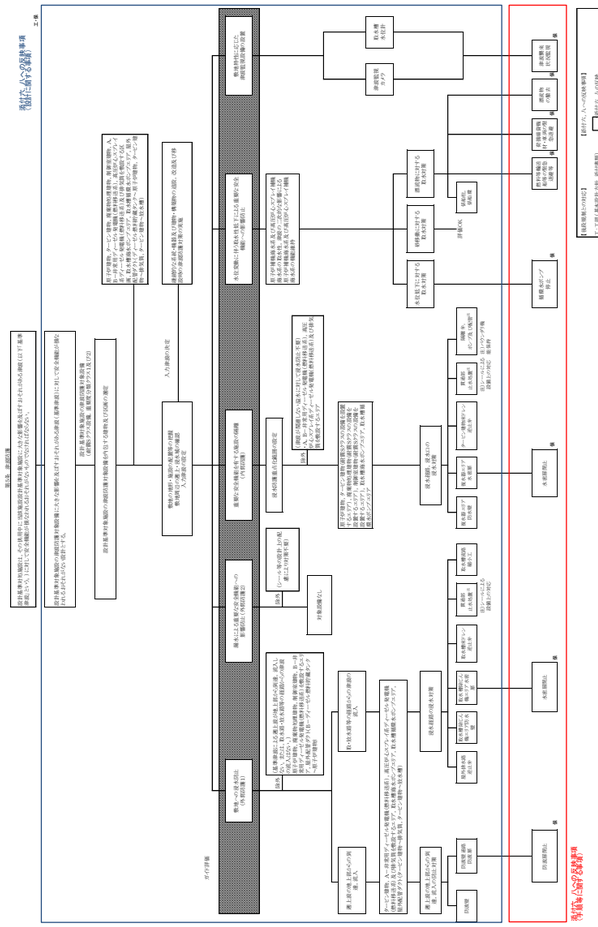
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
		シルトフェンスによる海洋への放射性物質の拡散抑制 海を水源とした送水及び補給　等 ・その他　：発電所長が認めたもの	

実線・・設備運用又は体制等の相違（設計方針の相違）
波線・・記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
柏崎刈羽原子力発電所6 号及び7 号炉 運用，手順説明資料 津波による損傷の防止		島根原子力発電所２号炉 運用，手順説明 津波による損傷の防止	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
第５条　津波防護		第５条　津波防護	・津波に対する防護対策の相違





柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

設計基準に係る運用対策等

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第５条　津波	常用系海水ポンプ停止	運用・手順	・引き波時の非常用海水冷却系の取水性確保を目的として，水位低下時の常用系海水ポンプ停止操作の手順等を定める。
		体制	・運転員によるポンプ停止操作
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	水密扉閉止	運用・手順	・開放後の確実な閉止操作，中央制御室における閉止状態の確認及び閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順等を定める。
		体制	・運転員によるポンプ停止状態確認，閉止操作
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	取水槽閉止板閉止	運用・手順	・点検等により開放する際の閉止操作の手順等を定める。
		体制	・担当箇所による閉止操作
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	燃料等輸送船，波漂作業船の緊急退避	運用・手順	・燃料等輸送船に関し，津波警報等が発令された場合において，荷役作業を中断し，陸側作業員及び輸送物を退避させるとともに，緊急離岸する船側と退避状況に関する情報連絡を行う手順等を定める。 ・波漂作業で使用する土運船等に関し，津波警報等が発令された場合において，作業を中断し，陸側作業員を退避させるとともに，緊急離岸する船側と退避状況に関する情報連絡を行う手順等を定める。
		体制	・担当箇所ー船会社，担当箇所ー施工会社間の情報連絡
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	津波襲来状況監視	運用・手順	・津波監視カメラ及び取水槽水位計による津波の襲来状況の監視に係る手順等を定める。
		体制	・運転員による監視
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育

東海第二発電所（2018.9.12 版）

島根原子力発電所　２号炉

設計基準に係る運用対策等

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第５条　津波	防波扉・水密扉閉止	運用・手順	・開放後の確実な閉止操作，中央制御室における閉止状態の確認及び閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順等を定める。
		体制	・運転員による閉止状態確認，閉止操作
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	循環水ポンプ停止	運用・手順	・大津波警報発令時に循環水ポンプを停止する手順等を定める。
		体制	・運転員による閉止状態確認，閉止操作
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	燃料等輸送船等の緊急退避等	運用・手順	・燃料等輸送船等に関し，津波警報等が発令された場合において，荷役作業を中断し，陸側作業員及び輸送物を退避させるとともに，緊急離岸する船側と退避状況に関する情報連絡を行う手順等を定める。また，入構する前までに，津波時に漂流物とならない係留方法を策定する手順等を定める。
		体制	・担当箇所ー船会社
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	荷揚場資機材・車両の緊急退避	運用・手順	・荷揚場の資機材・車両に関し，津波警報等が発令された場合において，作業を中断し，陸側作業員及び輸送物を退避させるとともに，敷地近傍の震源による地震が発生し，荷揚場の沈下や車両の故障等が生じた場合に，資機材・車両を防波壁内へ退避させる手順等を定める。
		体制	・担当箇所ー作業会社
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	漂流物の撤去	運用・手順	・敷地周辺の中長期的に漂流する林木等に関し，巡視点検や必要により撤去する手順等を定める。
		体制	・担当箇所
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育
	津波襲来状況監視	運用・手順	・津波監視カメラ及び取水槽水位計による津波の襲来状況の監視に係る手順等を定める。
		体制	・運転員による監視
		保守・点検	—
		教育・訓練	・運用・手順に関する教育

備考

・津波に対する防護対策の相違

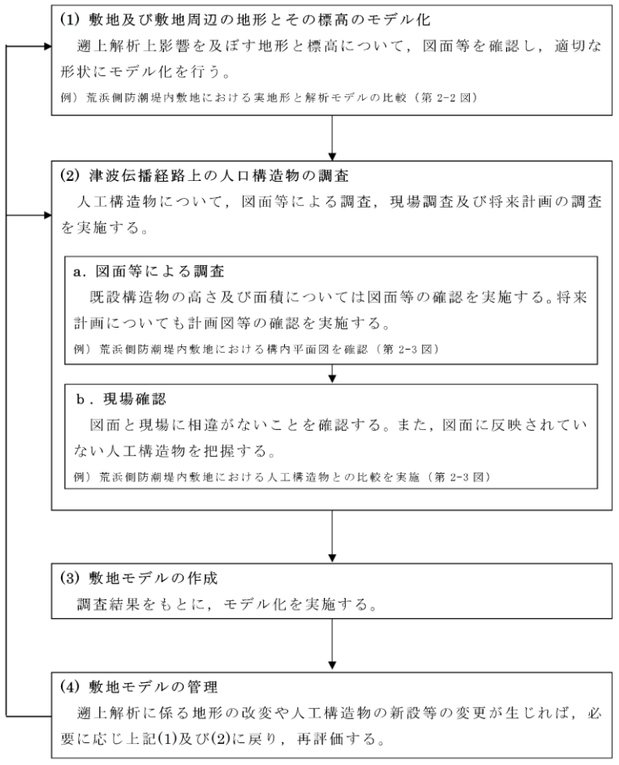
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
柏崎刈羽原子力発電所6 号及び7 号炉 耐津波設計において 現場確認を要するプロセス 目 次 1. はじめに 2. 遡上解析に関する敷地モデルの作成プロセス 2.1 基準要求 2.2 作成プロセス 2.3 現場確認記録の品質保証上の取り扱い 2.4 今後の対応 3. 耐津波設計に関する入力条件等の設定プロセス 3.1 基準要求 3.2 入力条件等の設定プロセス 3.3 現場確認記録の品質保証上の取り扱い 3.4 今後の対応	添付資料２ 耐津波設計における現場確認プロセスについて	島根原子力発電所２号炉 耐津波設計における 現場確認を要するプロセスについて 目次 1. はじめに 2. 遡上解析に関する敷地モデルの作成プロセス 2.1 基準要求 2.2 作成プロセス 2.3 現場確認記録の品質保証上の取り扱い 2.4 今後の対応 3. 耐津波設計に関する入力条件等の設定プロセス 3.1 基準要求 3.2 入力条件等の設定プロセス 3.3 現場確認記録の品質保証上の取り扱い 3.4 今後の対応	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
1. はじめに 耐津波設計を行うに当たって現場確認を要するプロセスとして，遡上解析に必要となる敷地モデルの作成プロセスと耐津波設計の入力条件等（各施設及び設備の配置，寸法等）の設定プロセスの2 つがある。現場確認を含めたこれらのプロセスをそれぞれ以下に示す。 2. 遡上解析に関する敷地モデルの作成プロセス 2.1 基準要求 【第五条】 設置許可基準規則第五条（津波による損傷の防止）においては，設計基準対象施設は，その供用中に当該設計基準対象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るおそれがないことを要求されている。また，解釈の別記3 により，遡上波の到達防止に当たっては，敷地及び敷地周辺の地形とその標高などを考慮して，敷地への遡上の可能性を検討することが規定されている。 当該基準要求を満足するにあたっては，「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」において，遡上解析上，影響を及ぼすものの考慮が要求されており，具体的には，敷地及び敷地周辺の地形とその標高，伝播経路上の人工構造物を考慮した遡上解析を実施することとしている。 2.2 作成プロセス 上記要求事項を満足するために，第2-1 図に示すフローに従って敷地モデルを作成した。次の(1)～(4)にプロセスの具体的内容を示す。 (1) 敷地及び敷地周辺の地形とその標高のモデル化 敷地及び敷地周辺の地形とその標高について，QMS 図書として維持管理されている図面等を確認し，遡上域のメッシュサイズを踏まえて，適切な形状にモデル化を行った。 (2) 津波伝播経路上の人工構造物の調査 敷地において津波伝播経路上に存在する人工構造物として抽出すべき対象物をあらかじめ定義し調査を実施した。	1. はじめに 耐津波設計を行うに当たって必要となる現場確認について，遡上解析に必要となる敷地モデル作成に関する現場確認プロセスと，耐津波設計の入力条件等（配置，寸法等）の現場確認プロセスの２つに分けて以下に示す。 2. 津波遡上解析に関する敷地モデル作成に関する現場確認プロセスについて 2.1 基準要求 設置許可基準規則第５条（津波による損傷の防止）において，設計基準対象施設は，その供用中に当該設計基準対象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るおそれがないことを要求している。また，解釈の別記３により，遡上波の到達防止に当たっては，敷地及び敷地周辺の地形及びその標高などを考慮して，敷地への遡上の可能性を検討することを規定している。 当該基準要求を満足するに当たっては，「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」において，遡上解析上，影響を及ぼすものの考慮を要求しており，具体的には，敷地及び敷地周辺の地形とその標高，伝播経路上の人工構造物を考慮した遡上解析を実施することとしている。 2.2 敷地モデル作成プロセス 上記要求事項を満足するために，第１図に示すフローに従って敷地モデルを作成した。次の(１)～(４)にプロセスの具体的内容を示す。 (１)敷地及び敷地周辺の地形とその標高のモデル化 敷地及び敷地周辺の地形とその標高について，ＱＭＳ図書として維持管理されている図面等を確認し，遡上域の格子サイズを踏まえて，適切な形状にモデル化を行った。 (２)津波伝播経路上の人工構造物の調査 敷地において伝播経路上に存在する人工構造物として抽出すべき対象物をあらかじめ定義し調査を実施した。	1. はじめに 耐津波設計を行うに当たって現場確認を要するプロセスとして，遡上解析に必要となる敷地モデルの作成プロセスと耐津波設計の入力条件等（各施設及び設備の配置，寸法等）の設定プロセスの２つがある。現場確認を含めたこれらのプロセスをそれぞれ以下に示す。 2. 遡上解析に関する敷地モデルの作成プロセス 2.1 基準要求 【第五条】 設置許可基準規則第五条（津波による損傷の防止）においては，設計基準対象施設は，その供用中に当該設計基準対象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るおそれがないことを要求されている。また，解釈の別記３により，遡上波の到達防止に当たっては，敷地及び敷地周辺の地形とその標高などを考慮して，敷地への遡上の可能性を検討することが規定されている。 当該基準要求を満足するに当たっては，「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」において，遡上解析上，影響を及ぼすものの考慮が要求されており，具体的には，敷地及び敷地周辺の地形とその標高，伝播経路上の人工構造物を考慮した遡上解析を実施することとしている。 2.2 作成プロセス 上記要求事項を満足するために，図１に示すフローに従って敷地モデルを作成した。次の(1)～(4)にプロセスの具体的内容を示す。 (1) 敷地及び敷地周辺の地形とその標高のモデル化 敷地及び敷地周辺の地形とその標高について，ＱＭＳ図書として維持管理されている図面等を確認し，遡上域のメッシュサイズを踏まえて，適切な形状にモデル化を行った。 (2) 津波伝播経路上の人工構造物の調査 敷地において津波伝播経路上に存在する人工構造物として抽出すべき対象物をあらかじめ定義し調査を実施した。	

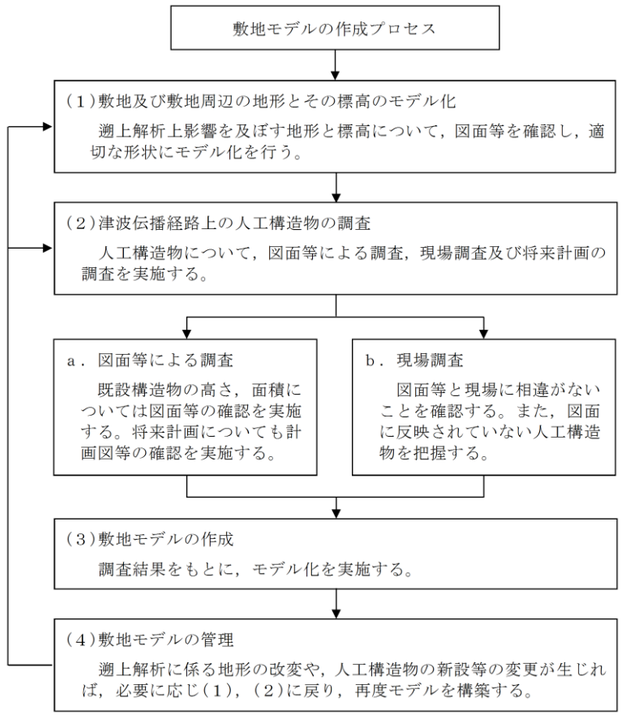
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
具体的な対象物は，耐震性や耐津波性を有する恒設の人工構造物である。その他の津波伝播経路上の人工構造物については，構造物が存在することで津波の影響軽減効果が生じ，遡上範囲を過小に評価する可能性があることから，遡上解析上，保守的な評価となるよう対象外とした。	具体的な対象物は，津波の遡上経路に影響する護岸などの恒設の人工構造物及び耐震性や耐津波性を有する建物などの恒設の人工構造物である。その他の津波伝播経路上の人工構造物については，構造物が存在することで津波の影響軽減効果が生じ，遡上範囲を過小に評価する可能性があることから，遡上解析上，保守的な評価となるよう対象外とした。	具体的な対象物は，耐震性や耐津波性を有する恒設の人工構造物である。その他の津波伝播経路上の人工構造物については，構造物が存在することで津波の影響軽減効果が生じ，遡上範囲を過小に評価する可能性があることから，遡上解析上，保守的な評価となるよう対象外とした。	
a．図面等による調査 上記で定義した対象物となる既設の人工構造物については，高さ，面積について，QMS 図書として維持管理されている図面等の確認を実施した。また，将来設置される計画がある人工構造物のうち，上記で定義した対象物に該当するものについては，計画図面等により調査を実施した。 海底地形及び陸域の地形については，一般財団法人 日本水路協会の最新の地形データ及び国土地理院発行の最新の地形図からデータを抽出した。発電所敷地内の地形及び構造物のデータについては，建設時の工事竣工図からデータを抽出した。	ａ．図面等による調査 上記で定義した対象物となる既設の人工構造物については，高さ，面積について，ＱＭＳ図書として維持管理されている図面等の確認を実施した。また，将来設置される計画がある人工構造物のうち，上記で定義した対象物に該当するものについては，計画図面等により調査を実施した。	ａ．図面等による調査 上記で定義した対象物となる既設の人工構造物については，高さ，面積について，ＱＭＳ図書として維持管理されている図面等の確認を実施した。また，将来設置される計画がある人工構造物のうち，上記で定義した対象物に該当するものについては，計画図面等により調査を実施した。 海底地形及び陸域の地形については，一般財団法人　日本水路協会の最新の地形データ及び国土地理院発行の最新の地形図からデータを抽出した。発電所敷地内の地形及び構造物のデータについては，建設時の工事竣工図からデータを抽出した。	
b．現場確認 上記a.で実施した図面等による調査において確認した既設の人工構造物については，社員による現場ウォークダウンにより図面等と相違ないことを確認した。また，図面に反映されていない人工構造物について，遡上解析に影響する変更がないことを確認した。 発電所敷地における構造物，地盤などの変位及び変形については，発電所における定期保守業務で特定地点の計測を実施し，有意な変位及び変形がないことを確認した。	ｂ．現場調査 ａ．で実施した図面等による調査において確認した既設の人工構造物については，社員による現場ウォークダウンにより図面等と相違ないことを確認した。また，図面に反映されていない対象物となる人工構造物について，遡上解析に影響する変更がないことを確認した。	ｂ．現場調査 上記ａ．で実施した図面等による調査において確認した既設の人工構造物については，社員による現場ウォークダウンにより図面等と相違ないことを確認した。また，図面に反映されていない人工構造物について，遡上解析に影響する変更がないことを確認した。 発電所敷地における構造物，地盤などの変位及び変形については，発電所における定期保守業務で特定地点の計測を実施し，有意な変位及び変形がないことを確認した。	
(3) 敷地モデルの作成 (2)で実施した調査結果を踏まえ，敷地モデルの作成を実施した。	(３)敷地モデルの作成 （２)で実施した調査結果を踏まえ，敷地モデルの作成を実施した。	(3) 敷地モデルの作成 (2)で実施した調査結果を踏まえ，敷地モデルの作成を実施した。	
(4) 敷地モデルの管理 遡上解析に係る地形の改変や人工構造物の新設等の変更が生じれば，必要に応じ上記(1)及び(2)に戻り再度モデルを構築	(４)敷地モデルの管理 遡上解析に係る地形の改変や，人工構造物の新設等の変更が生じれば必要に応じ(１)，(２)に戻り再度モデルを構築する。	(4) 敷地モデルの管理 遡上解析に係る地形の改変や人工構造物の新設等の変更が生じれば，必要に応じ上記(1)及び(2)に戻り再度モデルを構築	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
する。 2.3 現場確認記録の品質保証上の取り扱い 現場確認手順及び確認結果の記録について，品質保証記録として管理する。 2.4 今後の対応 今後，改造工事等により，津波伝播経路上の敷地の状況（地形の改変，人工構造物の新設等）が変更となる場合は，その変更が耐津波設計の評価に与える影響の有無を検討し，必要に応じて遡上解析を再度実施する。	 2.3 現場調査の品質保証上の取り扱い 現場確認手順及び確認結果の記録について，品質記録として管理する。 2.4 今後の対応 今後，改造工事等により，津波伝播経路上の敷地の状況（地形の改変，人工構造物の新設等）が変更となる場合は，その変更が耐津波設計の評価に与える影響の有無を検討し，必要に応じて遡上解析を再度実施する体制を構築する。	する。 2.3 現場確認記録の品質保証上の取り扱い 現場確認手順及び確認結果の記録について，品質記録として管理する。 2.4 今後の対応 今後，改造工事等により，津波伝播経路上の敷地の状況（地形の改変，人工構造物の新設等）が変更となる場合は，その変更が耐津波設計の評価に与える影響の有無を検討し，必要に応じて遡上解析を再度実施する。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



第 2-1 図　敷地のモデルの作成プロセスフロー図



第１図　敷地モデル作成に関する現場確認プロセスフロー図

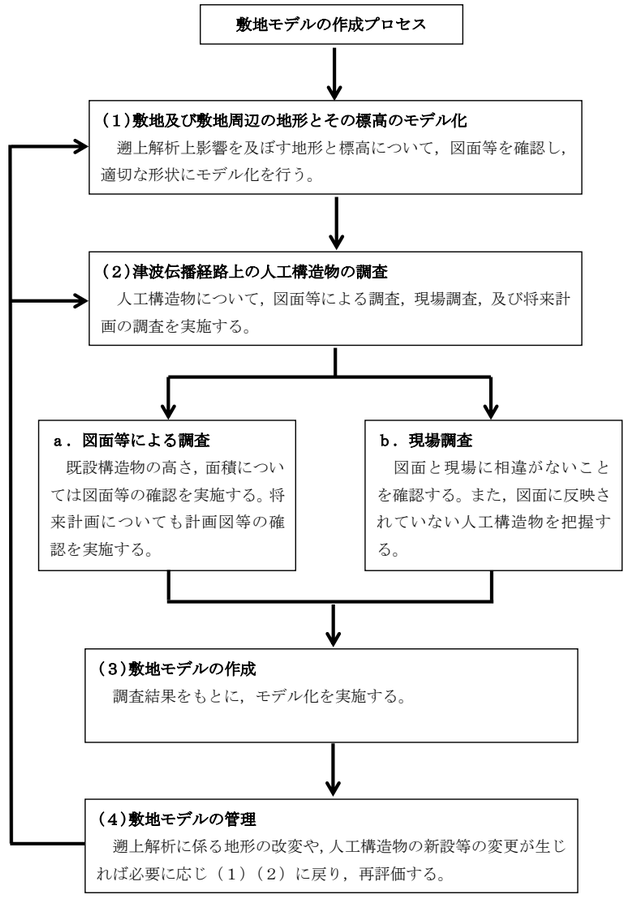
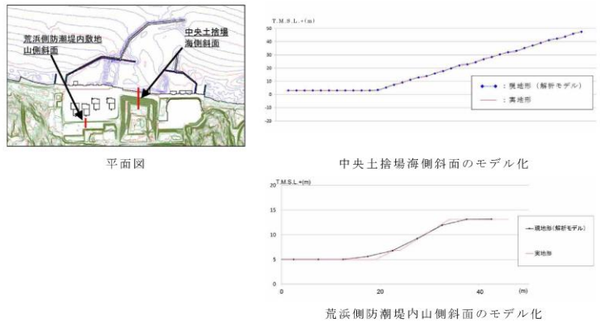
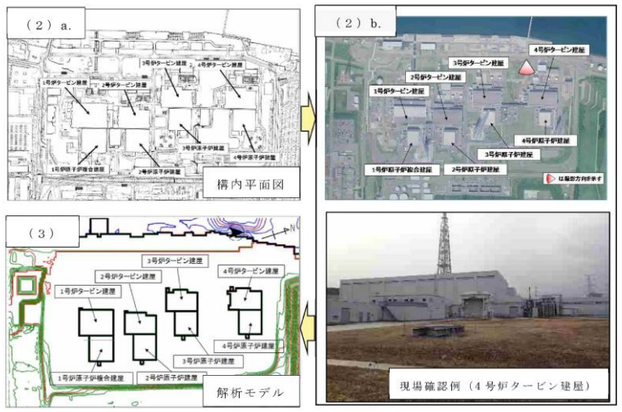


図１　敷地モデル作成に関する現場確認プロセスフロー図

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



第 2-2 図　解析モデルの確認例



第 2-3 図　調査による確認例

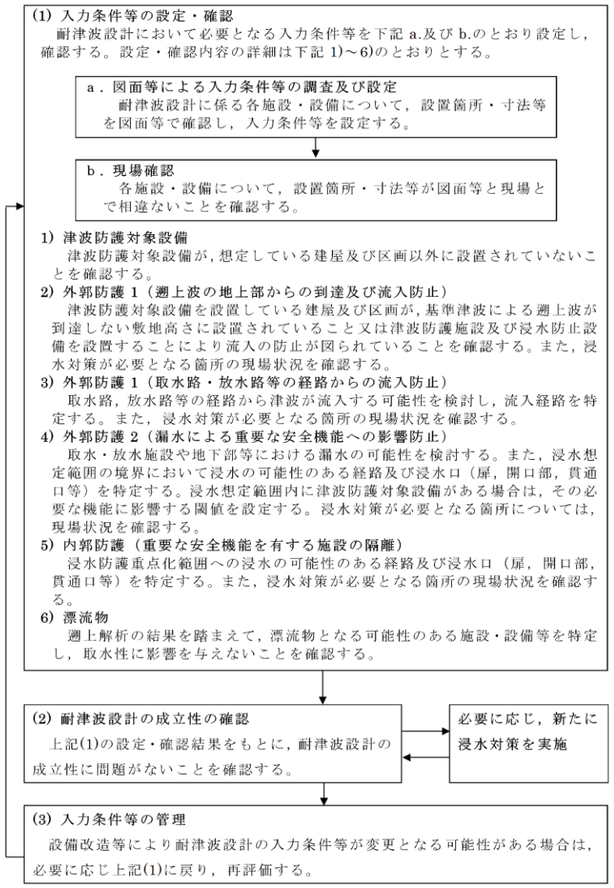
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
3. 耐津波設計に関する入力条件等の設定プロセス 3.1 基準要求 【第五条】 設置許可基準規則第五条（津波による損傷の防止）においては，設計基準対象施設は，その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないことを要求されている。また，解釈の別記3 及び「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」において，敷地への浸水の可能性のある経路の特定，バイパス経路からの流入経路の特定，取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性の検討，浸水想定範囲の境界における浸水の可能性のある経路の特定，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路の特定及び漂流物の可能性の検討を行うこととしている。 【第四十条】 設置許可基準規則第四十条（津波による損傷の防止）においては，重大事故等対処施設は，基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを要求しており，解釈は同解釈の別記3 に準じるとしている。 3.2 入力条件等の設定プロセス 上記要求事項を満足するために，第3-1 図に示すフローに従って耐津波設計において必要となる入力条件等を設定した。次の(1)～(3)にプロセスの具体的内容を示す。なお，本資料において，設計基準対象施設の津波防護対象設備と重大事故等対処施設の津波防護対象設備を併せて，「津波防護対象設備」とする。 (1) 入力条件等の設定・確認 耐津波設計において必要となる入力条件等は，下記a. 及びb. のとおり設定し，確認する。 a. 図面等による入力条件等の調査及び設定 耐津波設計に係る各施設・設備について，図面等を用いて設置箇所・寸法等を確認し，入力条件等を設定する。	3. 耐津波設計に関する入力条件等現場確認プロセス 3.1 基準要求 設置許可基準規則第５条（津波による損傷の防止）において，設計基準対象施設は，その供用中に当該設計基準対象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るおそれがないことを要求している。また，解釈の別記３及び「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」において，敷地への浸水の可能性のある経路の特定，バイパス経路からの流入経路の特定，取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性の検討及び浸水想定範囲の境界における浸水の可能性のある経路の特定，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路の特定及び漂流物の検討を行うことを規定している。 また，設置許可基準規則第４０条（津波による損傷の防止）においては，重大事故等対処施設は，基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを要求しており，解釈は第５条に準じるとしている。 3.2 入力条件等現場確認プロセス 上記要求事項を満足するために，第２図に示すフローに従って耐津波設計において必要となる入力条件等の確認を行った。次の（１）～（８）にプロセスの具体的内容を示す。なお，本資料において，設計基準対象施設の津波防護対象設備と重大事故等対処施設の津波防護対象設備を併せて，「津波防護対象設備」とする。	3. 耐津波設計に関する入力条件等の設定プロセス 3.1 基準要求 【第五条】 設置許可基準規則第五条（津波による損傷の防止）においては，設計基準対象施設は，その供用中に当該設計基準対象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るおそれがないことを要求されている。また，解釈の別記３及び「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」において，敷地への浸水の可能性のある経路の特定，バイパス経路からの流入経路の特定，取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性の検討及び浸水想定範囲の境界における浸水の可能性のある経路の特定，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路の特定及び漂流物の可能性の検討を行うこととしている。 【第四十条】 設置許可基準規則第四十条（津波による損傷の防止）においては，重大事故等対処施設は，基準津波に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを要求しており，解釈は同解釈の別記３に準じるとしている。 3.2 入力条件等の設定プロセス 上記要求事項を満足するために，図２に示すフローに従って耐津波設計において必要となる入力条件等を設定した。次の(1)～(3)にプロセスの具体的内容を示す。なお，本資料において，設計基準対象施設の津波防護対象設備と重大事故等対処施設の津波防護対象設備を併せて，「津波防護対象設備」とする。 (1) 入力条件等の設定・確認 耐津波設計において必要となる入力条件等は，下記 a. 及び b. のとおり設定し，確認する。 a．図面等による入力条件等の調査及び設定 耐津波設計に係る各施設・設備について，図面等を用いて設置個所・寸法等を確認し，入力条件等を設定する。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
b. 現場確認 a. で実施した図面等による調査により設定した入力条件等について，現場ウォークダウンにより現場と相違ないことを確認する。 各施設・設備等における入力条件等の設定及び確認内容の詳細を以下に記載する。 1）津波防護対象設備について 設置許可基準規則第五条及び第四十条においては，設計基準対象施設の安全機能及び重大事故等対処施設の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことが要求されている。そのため，津波防護対象設備を設定し，想定している建屋及び区画以外に津波防護対象設備が設置されていないことを確認する。 2）外郭防護1（遡上波の地上部からの到達及び流入防止）について 津波防護対象設備を内包する建屋及び区画は，基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置する，または，津波防護施設及び浸水防止設備を設置することで流入を防止することが要求されている。そのため，各施設・設備が設置されている敷地高さを調査し，基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置されていること又は津波防護施設及び浸水防止設備により流入を防止されていることを確認する。また，浸水対策が必要となる箇所については，現場状況を確認する。 3）外郭防護1（取水路，放水路等の経路からの流入防止）について 取水路，放水路等の経路から津波が流入する可能性を検討し特定すること及び必要に応じて浸水対策を行うことが要求されている。そのため，海水が流入する可能性のある経路を網羅的に調査し，特定する。また，浸水対策が必要となる箇所については，現場状況を確認する。	（１）津波防護対象設備について 設置許可基準規則第５条及び第４０条において，設計基準対象施設の安全機能及び重大事故等対処施設の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを要求している。このため，津波防護対象設備を設定し，津波防護対象設備を内包する建屋及び区画以外に，津波防護対象設備が設置されていないことを確認する。 （２）外郭防護１（敷地への浸水防止）について 津波防護対象設備を内包する建屋及び区画は，基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置する，又は，津波防護施設，浸水防止設備を設置することで流入を防止することが要求されている。このため，各施設・設備が設置されている敷地高さ及び必要な浸水対策の現場状況を確認する。 （３）外郭防護１（取水路・放水路等の経路からの津波の流入防止）について 取水路，放水路等の経路から津波が流入する可能性の検討，特定及び必要に応じて浸水対策を行うことを要求している。このため，海水が流入する可能性のある経路を網羅的に調査し，必要な浸水対策の現場状況を確認する。	ｂ．現場調査 ａ．で実施した図面等による調査により設定した入力条件等について，現場ウォークダウンにより現場と相違ないことを確認する。 各施設・設備等における入力条件等の設定及び確認内容の詳細を以下に記載する。 1）津波防護対象設備について 設置許可基準規則第五条及び第四十条においては，設計基準対象施設の安全機能及び重大事故等対処施設の重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことが要求されている。そのため，津波防護対象設備を設定し，想定している建物及び区画以外に津波防護対象設備が設置されていないことを確認する。 2）外郭防護１（遡上波の地上部からの到達及び流入防止）について 津波防護対象設備を内包する建物及び区画は，基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置する，または，津波防護施設及び浸水防止設備を設置することで流入を防止することが要求されている。そのため，各施設・設備が設置されている敷地高さを調査し，基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置されていること又は津波防護施設及び浸水防止設備により流入を防止されていることを確認する。また，浸水対策が必要となる箇所については，現場状況を確認する。 3）外郭防護１（取水路，放水路等の経路からの流入防止）について 取水路，放水路等の経路から津波が流入する可能性を検討し特定すること及び必要に応じて浸水対策を行うことが要求されている。そのため，海水が流入する可能性のある経路を網羅的に調査し，特定する。また，浸水対策が必要となる箇所については，現場状況を確認する。	

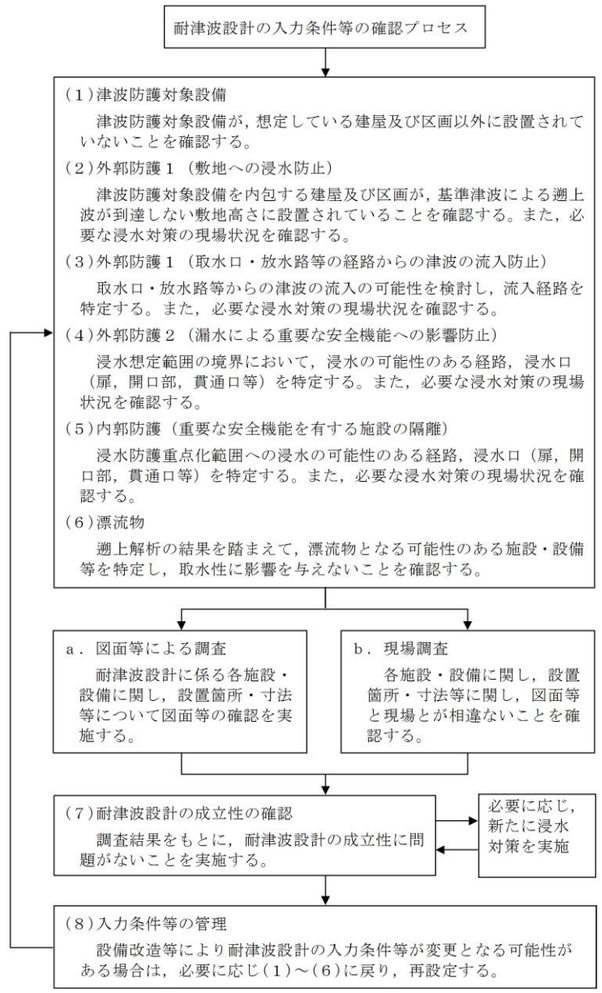
柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
4）外郭防護2（漏水による重要な安全機能への影響防止）について 取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して，取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討すること，浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定すること並びに特定した経路及び浸水口に対して浸水対策を施し，浸水範囲を限定することが要求されている。そのため，漏水の可能性並びに浸水想定範囲の境界における浸水の可能性のある経路及び浸水口を調査し，特定する。浸水想定範囲内に津波防護対象設備がある場合は，その重要な安全機能又は重大事故等に対処する機能に影響を与える閾値（機能喪失高さ）を調査し，設定する。また，浸水対策が必要となる箇所については，現場状況を確認する。	（４）外郭防護２（漏水による重要な安全機能への影響防止）について 取水，放水設備の構造上の特徴等を考慮して，取水，放水施設や地下部等における漏水の可能性の検討及び浸水想定範囲の境界において，浸水の可能性のある経路，浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定することを要求している。このため，漏水の可能性のある経路及び浸水想定範囲内の津波防護対象設備の安全機能もしくは重大事故等に対処するために必要な機能に影響を与える閾値（機能喪失高さ）並びに必要な浸水対策の現場状況を確認する。	4）外郭防護２（漏水による重要な安全機能への影響防止）について 取水・放水設備に構造上の特徴等を考慮して，取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討すること，浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定すること並びに特定した経路及び浸水口に対して浸水対策を施し，浸水範囲を限定することが要求されている。そのため，漏水の可能性並びに浸水想定範囲の境界における浸水の可能性のある経路及び浸水口を調査し，特定する。浸水想定範囲内に津波防護対象設備がある場合は，その重要な安全機能又は重大事故等に対処する機能に影響を与える閾値（機能喪失高さ）を調査し，設定する。また，浸水対策が必要となる箇所については，現場状況を確認する。	
5）内郭防護（重要な安全機能を有する施設の隔離）について 浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，それらに対して浸水対策を施すことが要求されている。そのため，浸水の可能性のある経路及び浸水口を特定し，浸水対策が必要な箇所の現場状況を確認する。	（５）内郭防護（重要な安全機能を有する施設の隔離）について 浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路，浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，それらに対して浸水対策を施すことを要求している。このため，可能性のある経路を特定し，必要な浸水対策の現場状況を確認する。	5）内郭防護（重要な安全機能を有する施設の隔離）について 浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，それらに対して浸水対策を施すことが要求されている。そのため，浸水の可能性のある経路及び浸水口を特定し，浸水対策が必要な箇所の現場状況を確認する。	
6）漏流物について 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については，遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向及び速度の変化を分析した上で，漂流物の可能性を検討することが要求されている。そのため，遡上解析を踏まえた上で漂流物調査を網羅的に行い，取水性に影響を与えないことを確認する。	（６）漂流物について 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については，遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の押し波及び引き波の方向，速度の変化の分析した上で，漂流物の可能性を検討することを要求している。このため，遡上解析を踏まえた上で漂流物調査を網羅的に行い，取水性に影響を与えないことを確認する。 ａ．図面等による調査 上記の調査対象となる施設・設備等については図面等を用いて確認を実施する。 ｂ．現場調査 ａ．で実施した図面等による調査において確認した施設・設備等については，現場ウォークダウンにより図面等と相違ないことを確認する。	6）漂流物について 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については，遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向及び速度の変化を分析した上で，漂流物の可能性を検討することが要求されている。そのため，遡上解析を踏まえた上で漂流物調査を網羅的に行い，取水性に影響を与えないことを確認する。	（島根２は，a.に記載）

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
(2) 耐津波設計の成立性の確認 上記(1)で実施した設定・確認結果を踏まえ，耐津波設計の成立性を確認する。また，新たに必要となる浸水対策がある場合は，実施する。 (3) 入力条件等の管理 設備改造等により耐津波設計の入力条件等が変更となる可能性がある場合は，必要に応じ上記(1)に戻り，再評価する。 3.3 現場確認記録の品質保証上の取り扱い 現場確認手順及び確認結果の記録について，品質保証記録として管理する。 3.4 今後の対応 今後，改造工事等により，耐津波設計に用いる入力条件等の変更が生じた場合，その変更が耐津波設計の評価に与える影響の有無を検討し，必要に応じて入力条件等の再設定・再確認を実施する。	（７）耐津波設計の成立性の確認 （１）～（６）で実施した調査結果を踏まえ，耐津波設計の成立性を確認する。また，新たに必要となる浸水対策がある場合は実施する。 （８）入力条件等の管理 設備改造等により耐津波設計の入力条件等が変更となる可能性がある場合は，必要に応じ（１）～（６）に戻り，再設定する。 3.3 品質保証上の取り扱い 現場確認手順及び確認結果の記録について，品質記録として管理する。 3.4 今後の対応 今後，改造工事等により，耐津波設計に用いる入力条件等の変更が生じた場合，その変更が耐津波設計の評価に与える影響の有無を検討し，必要に応じて入力条件等の再評価を実施する。	(2) 耐津波設計の成立性の確認 上記(1)で実施した設定・確認結果を踏まえ，耐津波設計の成立性を確認する。また，新たに必要となる浸水対策がある場合は，実施する。 (3) 入力条件等の管理 設備改造等により耐津波設計の入力条件等が変更となる可能性がある場合は，必要に応じ上記(1)に戻り，再評価する。 3.3 現場確認記録の品質保証上の取り扱い 現場確認手順及び確認結果の記録について，品質記録として管理する。 3.4 今後の対応 今後，改造工事等により，耐津波設計に用いる入力条件等の変更が生じた場合，その変更が耐津波設計の評価に与える影響の有無を検討し，必要に応じて入力条件等の再設定・再確認を実施する。	

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）	東海第二発電所（2018.9.12 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考



第 3-1 入力条件等の設定プロセスフロー図



第２図　耐津波設計の入力条件等の現場確認プロセスフロー図

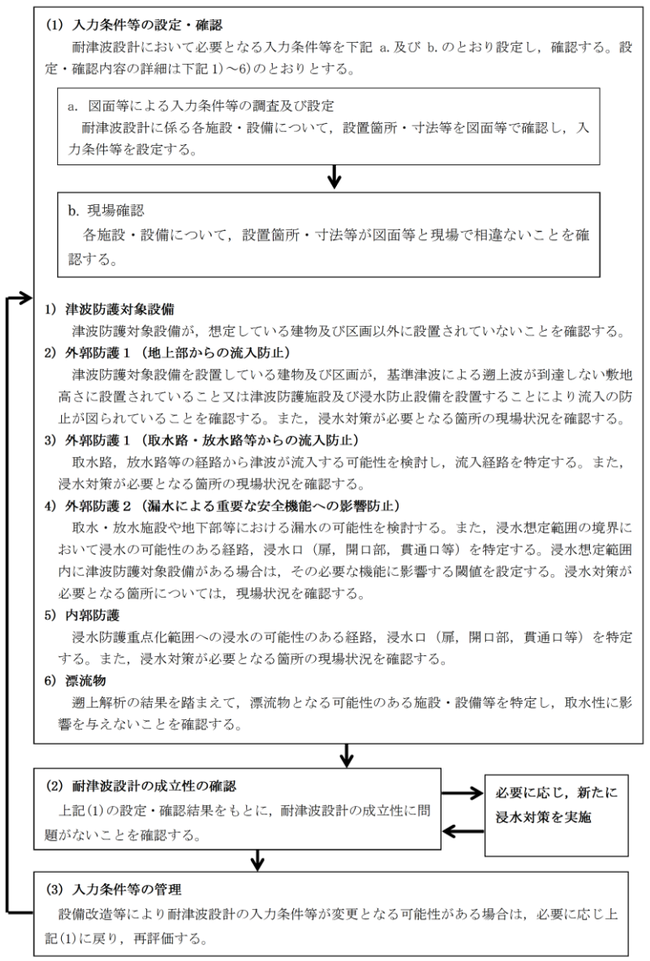


図２　耐津波設計の入力条件等の現場確認プロセスフロー図