

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
<p style="text-align: right;">添付資料6</p> <p style="text-align: center;">管路解析の詳細について</p> <p>6.1 はじめに  海洋から取水路及び放水路を経て各評価地点までの水路の  水理特性を考慮した管路解析を実施した。取水路は、敷地前面  の港湾内（取水口前面）における最大ケース（基準津波1）及  び最小ケース（基準津波2）を入力波形として解析を実施した。  <u>なお、影響評価として、防波堤の損傷を考慮した管路解析を実  施した。</u></p> <p>6.2 管路解析に基づく評価  管路解析を行う上での不確かさの考慮として、添付第6-1 表  に示す各項目についてパラメータスタディを実施し、入力津波  の選定及び津波水位への影響を確認した。  <u>管路解析の解析条件を添付第6-2 表に、貝代を考慮する範囲  を添付第6-1 図に示す。取水路及び放水路の構造図を添付第  6-2 図、添付第6-3 図に示す。また基礎方程式を下記に示す。</u></p>	<p style="text-align: right;">添付資料5</p> <p style="text-align: center;">管路解析のモデルについて</p> <p>1. 取水口～取水ピット  <u>東海第二発電所の取水設備は、取水口～取水ピットに区分さ  れ、鉄筋コンクリート造の8連～10連の矩形ボックスカルバート  構造である。第1-1図に取水口から取水ピットまでの概略構造  図、第1-2図に取水路の管路解析モデルを示す。</u>  <u>モデルは、外海と取水ピットを管路モデルや節点で結び、損  失水頭のうち管路内の摩擦は各管路モデルで、それ以外の損失  は各節点で表現するようにモデル化した。第1-1表～第1-3表及  び第1-3図～第1-6図に各損失を示す。また、第1-4表に損失水頭  表の対応一覧を示し、第1-5表～第1-20表に計算条件毎の具体的  な損失水頭を整理した。なお、解析には解析コード「SURGE」を  使用した。</u></p>	<p style="text-align: right;">添付資料6</p> <p style="text-align: center;">管路計算の詳細について</p> <p>1. はじめに  海洋から取水路及び放水路を経て各評価地点までの水路の  水理特性を考慮した管路計算を基準津波1～6（水位上昇側：  <u>基準津波1, 2, 4, 5, 水位下降側：基準津波1, 3, 4,  6）を入力波形として計算を実施した。</u></p> <p>2. 管路計算に基づく評価  管路計算を行う上での不確かさの考慮として、表1に示す各  項目についてパラメータスタディを実施し、入力津波の選定及  び津波水位への影響を確認した。  <u>管路計算の計算条件を表2に、貝付着を考慮する範囲を図1  に示す。取水路及び放水路の構造図を図2に示す。また、基礎  方程式等の数値計算手法は、「原子力発電所の津波評価技術  2016（土木学会原子力土木委員会津波評価部会、2016）」に  基づき次頁以降に示すとおりとする。</u>  <u>取・放水経路は開水路区間と管路区間が混在するため、微小  区間に分割した水路の各部分が、開水路状態か管路状態かを逐  次判定し、管路区間はその上下流端の開水路区間の水位（自由  水面の水位）を境界条件として流量計算を行い、開水路区間は、  開水路の一次元不定流の式により流量・水位を計算する。また、  水槽及び立坑部は、水面面積を鉛直方向に積算した水位－容積  関係を用いて、水槽及び立坑部に接続する水路の流量合計値か  ら水位を算定する。なお、解析には先行審査で実績のある解析  コード「SURGE」を使用した。</u>  <u>管路については、管路延長・管路勾配・管径を考慮し、モデ  ル化を行い、各管路モデルで摩擦による損失を考慮する。摩  擦損失以外の損失は次頁以降の解析モデルに示す各節点にお  いて考慮する。また、水槽および立坑部は、水槽面積を考慮</u></p>	<p>・記載方法の相違  【柏崎6/7, 東海第二】  島根2号炉は柏崎6/7の  資料をベースに、東海第  二の記載内容も含めて  記載する。</p> <p>・計算方法、条件を記載  【柏崎6/7, 東海第二】  島根2号炉の計算方法、  条件について、詳細に記  載。</p>

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														
<p>取水路における取水路奥の各冷却海水ポンプ位置(補機取水槽)の最高水位をまとめた結果を添付第6-3表に、放水路における放水庭の最高水位をまとめた結果を添付第6-4表に示す。また、それらの詳細な結果について、それぞれ添付第6-5表、添付第6-6表に示す。また時刻歴波形をそれぞれ添付第6-4図、添付第6-5図に示す。</p> <div style="text-align: center;"> <p>添付第6-1表 条件設定</p> <table border="1" data-bbox="350 970 700 1100"> <thead> <tr> <th colspan="2">計算条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>スクリーン損失の有無*</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>貝付着の有無</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>補機冷却海水ポンプ稼働の有無</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">*取水路のみ</p> </div>	計算条件		1	スクリーン損失の有無*	2	貝付着の有無	3	補機冷却海水ポンプ稼働の有無		<p>し、次頁以降の解析モデル図に示す池としてモデル化し、池モデル内においては、保守的に損失水頭は生じないこととする。管路解析モデルを図3に示す。</p> <p>管路計算は、取・放水口における水位の時刻歴波形を入力条件、取・放水槽におけるポンプ取・放水量(号機毎にポンプ運転時・停止時の取・放水量を設定)を境界条件として実施する。</p> <p>表3、4及び図4～10に管路解析モデルに用いた各損失を示す。また、表5に各取放水施設の損失水頭表の整理結果を示す。</p> <p>水位上昇側の評価結果を表6に、水位下降側の評価結果を表7に示す。また、日本海東縁部に想定される地震による津波の各評価地点の最大の時刻歴波形をそれぞれ図11及び図12に、海域活断層から想定される地震による津波の各評価地点の最大の時刻歴波形をそれぞれ図13及び図14に示す。</p> <div style="text-align: center;"> <p>表1 条件設定</p> <table border="1" data-bbox="1849 1020 2383 1171"> <thead> <tr> <th colspan="2">計算条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>貝付着の有無</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>循環水ポンプ稼働の有無</td> </tr> </tbody> </table> </div>	計算条件		1	貝付着の有無	2	循環水ポンプ稼働の有無	<p>・設備の相違 【柏崎6/7、東海第二】 島根2号炉のスクリーンは耐震性、耐津波性を有する。</p>
計算条件																	
1	スクリーン損失の有無*																
2	貝付着の有無																
3	補機冷却海水ポンプ稼働の有無																
計算条件																	
1	貝付着の有無																
2	循環水ポンプ稼働の有無																

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		
添付第6-2表 管路解析における解析条件 (1/2)		<b>表2 管路計算における計算条件</b>			
計算領域	取水口～スクリーン室～取水路～取水槽～取水路分岐～補機取水路～補機取水槽	項目	計算条件		
計算時間間隔 Δt	0.005秒 (取水路) 0.001秒 (放水路)	計算領域	【取水施設】 1,2号炉 取水口～取水管～取水槽 3号炉 取水口～取水トンネル～取水路～取水槽 【放水施設】 放水口～放水路～放水槽		
潮位のバラツキ	+0.16m (上昇側), -0.15m (下降側)	計算時間間隔	0.01秒		
地盤変動	-0.29m (下降側)	取水槽側境界条件 (ポンプ取水量)	1号炉 循環水ポンプ停止時: 1.0m <sup>3</sup> /s <sup>※1</sup> 2号炉 循環水ポンプ運転時: 59m <sup>3</sup> /s, 循環水ポンプ停止時: 2.3m <sup>3</sup> /s 3号炉 循環水ポンプ運転時: 95m <sup>3</sup> /s <sup>※2</sup> , 循環水ポンプ停止時: 3m <sup>3</sup> /s		
取水条件	6号炉	ポンプ種類	ポンプ稼働条件		
		CWP(循環水ポンプ)	0(m <sup>3</sup> /h) <sup>※</sup>		
	RSW(原子炉補機冷却海水ポンプ)	1,800(m <sup>3</sup> /h/台) x6台 =10,800(m <sup>3</sup> /h)	7号炉	TSW(タービン補機冷却海水ポンプ)	0(m <sup>3</sup> /h)
	CWP(循環水ポンプ)	0(m <sup>3</sup> /h) <sup>※</sup>		5号炉	RSW(原子炉補機冷却海水ポンプ)
	TSW(タービン補機冷却海水ポンプ)	2,700(m <sup>3</sup> /h/台) x3台 =8,100(m <sup>3</sup> /h)	HPSW(高圧炉心スプレィディーゼル補機冷却海水ポンプ)		400(m <sup>3</sup> /h)
	放水条件	取水条件で記載した取水量がそのまま放水されるものとして設定			
	ポンプ停止条件	全ポンプ 0(m <sup>3</sup> /h)			
	摩擦損失係数 (マニングの粗度係数)	n=0.02m <sup>-1/3</sup> ・s (貝付着あり) n=0.015m <sup>-1/3</sup> ・s (貝付着なし)			
	貝の付着代	貝代10cmを考慮			
	※ 非常用海水冷却系の海水ポンプ(原子炉補機冷却海水ポンプ)の取水原を確保することを目的に、取水口前面には海水貯留車を設置し、津波による水位低下時には循環水ポンプを停止する運用とすることから、管路解析の前提として「循環水ポンプ停止」とした。				
摩擦損失係数 (マニングの粗度係数)		【取水施設】 (貝付着なし) 1・2号炉取水口 <sup>※3</sup> , 1・2号炉取水管 <sup>※3</sup> : 0.014m <sup>-1/3</sup> ・s 3号炉取水口 <sup>※4</sup> , 3号炉取水路 <sup>※4</sup> , 1~3号炉取水槽 <sup>※4</sup> : 0.015m <sup>-1/3</sup> ・s (貝付着あり) 1~3号炉取水口, 1~3号炉取水管, 1~3号炉取水槽: 0.02 m <sup>-1/3</sup> ・s 【放水施設】 (貝付着なし) 1~3号炉放水口 <sup>※4</sup> , 1~3号炉放水路 <sup>※4</sup> , 1~3号炉放水槽 <sup>※4</sup> : 0.015m <sup>-1/3</sup> ・s (貝付着あり) 1~3号炉放水口, 1~3号炉放水路, 1~3号炉放水槽: 0.02 m <sup>-1/3</sup> ・s			
		貝の付着代	点検結果を踏まえ5cmを考慮		
		局所損失係数	電力土木技術協会(1995): 火力・原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版- 千秋信一(1967): 発電水力演習 土木学会(1999): 水理公式集[平成11年版]による		
		想定する潮位条件 <sup>※5</sup>	水位上昇側: 朔望平均満潮位EL+0.58mに潮位のばらつき+0.14mを考慮 水位下降側: 朔望平均干潮位EL-0.02mに潮位のばらつき-0.17mを考慮		
		地盤変動条件	海域活断層から想定される地震による津波については、0.34mの隆起を考慮 日本海東縁部に想定される地震による津波については、津波が起きる前の海域活断層による地盤変動量として0.34mの隆起を考慮		
		計算時間	日本海東縁部に想定される地震による津波は地震発生後6時間まで 海域活断層から想定される地震による津波は地震発生後3時間まで		
		※1 1号炉取水槽に津波防護施設である流路縮小工を設置することにより、循環水ポンプの運転に必要な通水量が確保できないことから、循環水ポンプの運転は行わない。			
		※2 燃料装荷前であり、原子炉を運転するものではないが、メンテナンス等により循環水ポンプを運転する可能性がある。			
		※3 鋼製			
		※4 コンクリート製			
※5 潮位については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点7「入力津波の設定プロセス及び結果の妥当性」(現在、審議中)の審査結果を適宜反映する。					

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
添付第6-2表 管路解析における解析条件 (2/2)			
局所損失係数	電力土木技術協会(1995): 火力・原子力発電所土木構造物の設計—増補改訂版— 下秋信 (1967): 発電水力演習, 土木学会(1999): 水理公式集 [平成11年版] による		
スクリーン有無	局所損失係数 16.8 (スクリーンあり) 局所損失係数 0.0 (スクリーンなし)		
貯留堰	津波数値シミュレーションに反映		
基準津波	基準津波1: 日本海東縁部 (2領域モデル) + 地すべり (LS-2) 基準津波2: 日本海東縁部 (2領域モデル)		
初期水位	上昇側: 湖望平均満潮位 (T.M.S.L. +0.49m) 下降側: 湖望平均干潮位 (T.M.S.L. +0.03m)		
計算時間	地震発生から4時間		

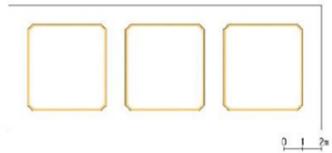
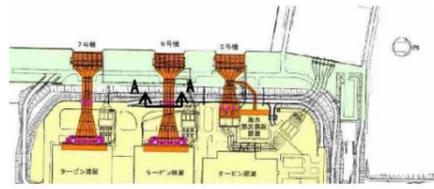
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>※基礎方程式 管路解析では、非定常の開水路及び管路流れの連続式・運動方程式を用いた。</p> <p>【開水路】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運動方程式 <math display="block">\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left( \frac{n^2  v  v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{ v  v}{2g} \right) = 0</math></li> <li>・連続式 <math display="block">\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0</math></li> </ul> <p>【管路】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運動方程式 <math display="block">\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left( \frac{n^2  v  v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{ v  v}{2g} \right) = 0</math></li> <li>・連続式 <math display="block">\frac{\partial Q}{\partial x} = 0</math></li> </ul> <p>ここに、<math>t</math> : 時間 <math>Q</math> : 流量 <math>v</math> : 流速 <math>x</math> : 管底に沿った座標  <math>A</math> : 流水断面積  <math>H</math> : 圧力水頭+位置水頭(管路の場合), 位置水頭(開水路の場合)  <math>z</math> : 管底高 <math>g</math> : 重力加速度  <math>n</math> : マニングの粗度係数 <math>R</math> : 径深  <math>\Delta x</math> : 管路の流れ方向の長さ <math>f</math> : 局所損失係数</p> <p>【水槽及び立坑部】</p> $A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$ <p>ここに <math>A_p</math>: 水槽の平面積(水位の関数となる) <math>H_p</math>: 水槽水位  <math>Q_s</math>: 水槽へ流入する流量の総和 <math>t</math>: 時間</p>		<p>※基礎方程式 管路計算では、非定常の開水路及び管路流れの連続式・運動方程式を用いた。</p> <p>【開水路】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運動方程式 <math display="block">\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left( \frac{n^2  v  v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{ v  v}{2g} \right) = 0</math></li> <li>・連続式 <math display="block">\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0</math></li> </ul> <p>【管路】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運動方程式 <math display="block">\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left( \frac{n^2  v  v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{ v  v}{2g} \right) = 0</math></li> <li>・連続式 <math display="block">\frac{\partial Q}{\partial x} = 0</math></li> </ul> <p><math>t</math>: 時間, <math>Q</math>: 流量, <math>v</math>: 流速, <math>x</math>: 管底に沿った座標, <math>A</math>: 流水断面積  <math>H</math>: 圧力水頭+位置水頭(管路の場合), 位置水頭(開水路の場合)  <math>z</math>: 管底高, <math>g</math>: 重力加速度, <math>n</math>: マニングの粗度係数, <math>R</math>: 径深  <math>\Delta x</math>: 水路の流れ方向の長さ, <math>f</math>: 局所損失係数</p> <p>【水槽及び立坑部】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・連続式 <math display="block">A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s</math></li> </ul> <p>ここに <math>A_p</math>: 水槽の平面積(水位の関数となる) <math>H_p</math>: 水槽水位  <math>Q_s</math>: 水槽へ流入する流量の総和 <math>t</math>: 時間</p> <p>【開水路・管路の区別】</p> <p>原子力発電所の津波評価技術 2016 (土木学会)より引用</p>	

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

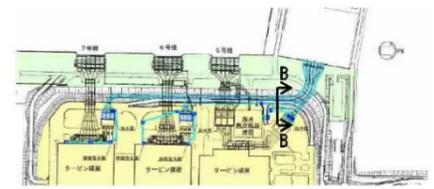
備考



貝代付着考慮範囲

0 1 2m

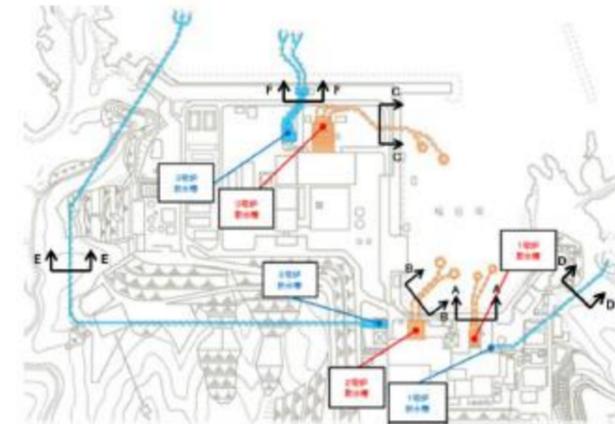
添付第 6-1 図 (1) 貝代考慮範囲 (6号炉取水路 A-A 断面図)



貝代付着考慮範囲

0 1 2m

添付第 6-1 図 (2) 貝代考慮範囲 (6・7号炉放水路 B-B 断面図)

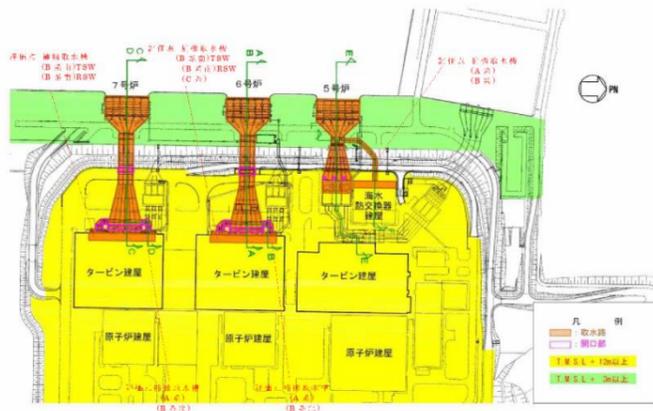


	1号炉	2号炉	3号炉
取水設備	 A-A 断面	 B-B 断面	 C-C 断面
放水設備	 D-D 断面	 E-E 断面	 F-F 断面

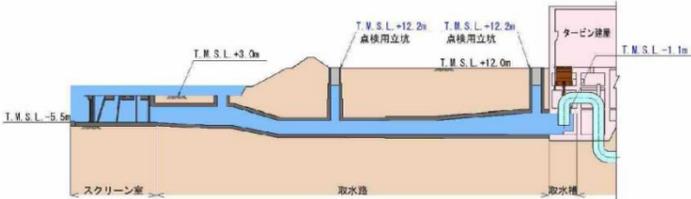
貝代付着考慮範囲

図 1 貝代付着考慮範囲

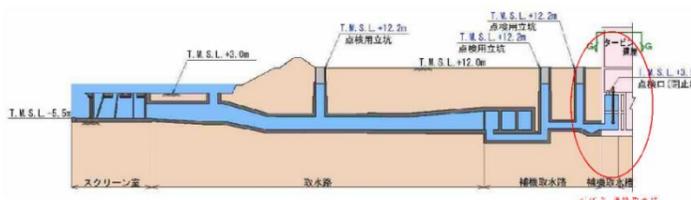
柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)



添付第6-2図(1) 大湊側取水路配置平面図

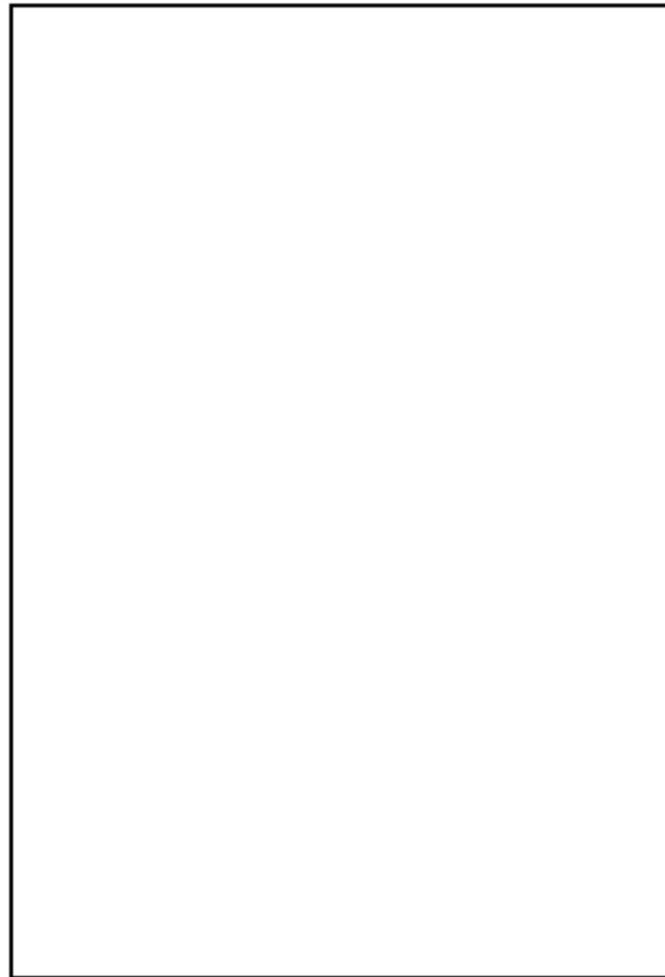


添付第6-2図(2) 6号炉取水路(A-A断面)



添付第6-2図(3) 6号炉取水路(B-B断面)

東海第二発電所 (2018.9.12版)



第1-1図 取水口～取水ピット概略構造図(1/2)

島根原子力発電所 2号炉

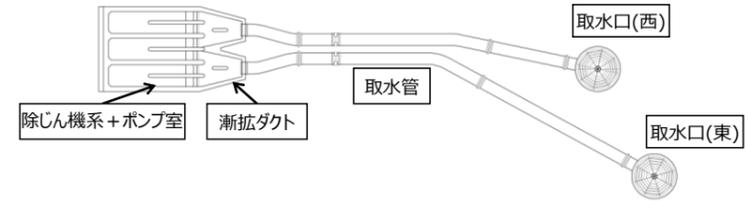


図2-1 1号炉取水施設断面図

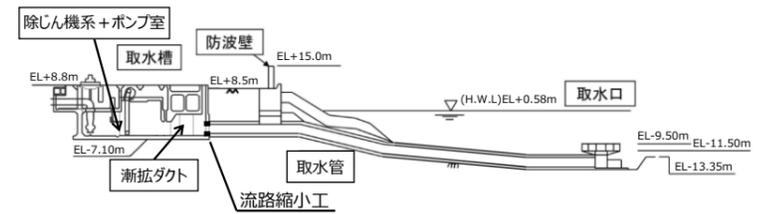


図2-2 1号炉取水施設断面図

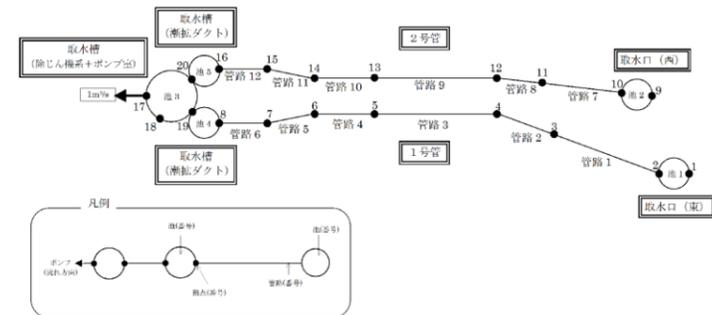
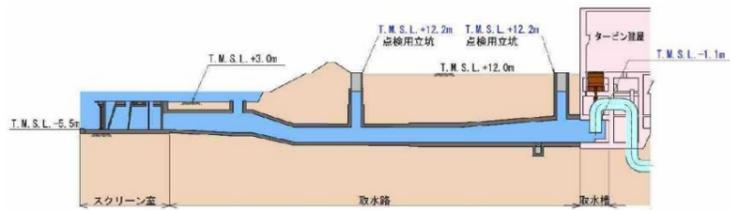
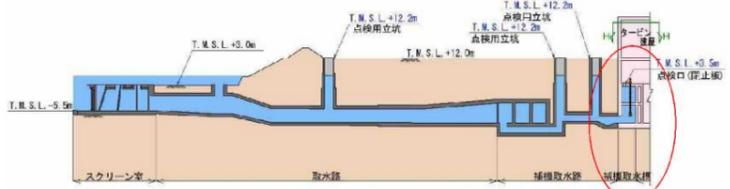


図3-1 1号炉取水施設の管路計算モデル図

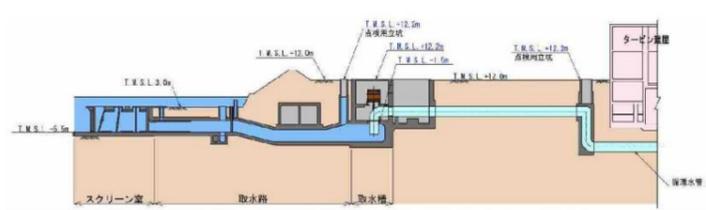
備考



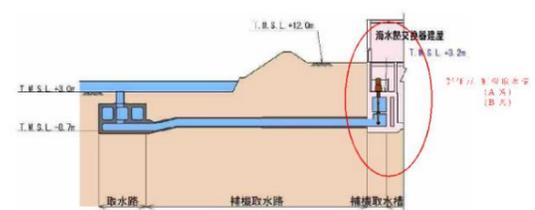
添付第6-2図(4) 7号炉取水路 (C-C断面)



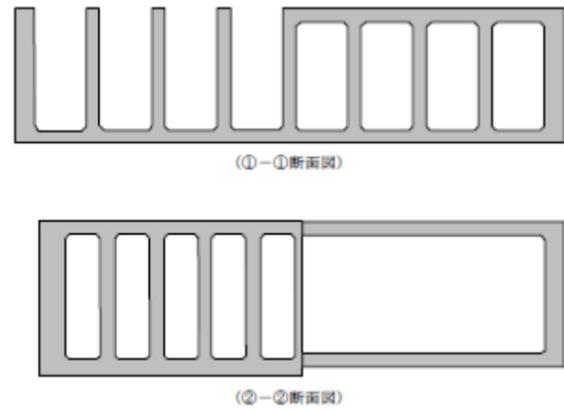
添付第6-2図(5) 7号炉取水路 (D-D断面)



添付第6-2図(6) 5号炉取水路 (E-E断面)



添付第6-2図(7) 5号炉取水路 (F-F断面)



第1-1図 取水口～取水ピット概略構造図 (2/2)

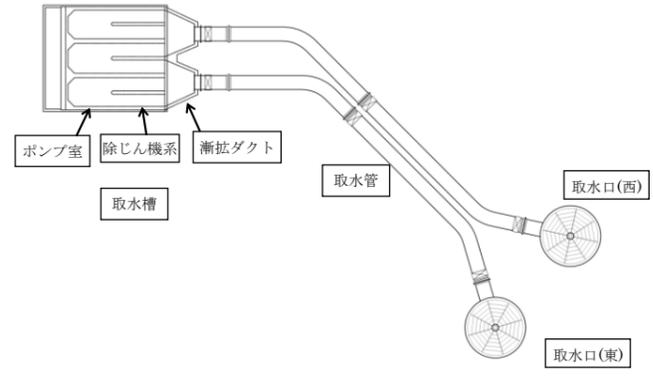


図2-3 2号炉取水施設平面図

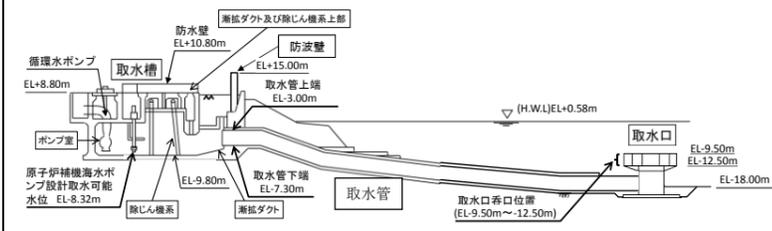


図2-4 2号炉取水施設断面図

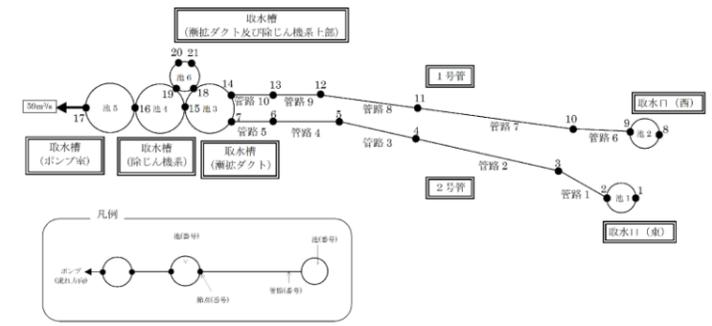
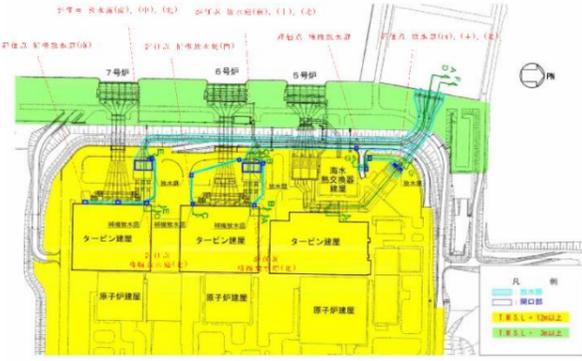
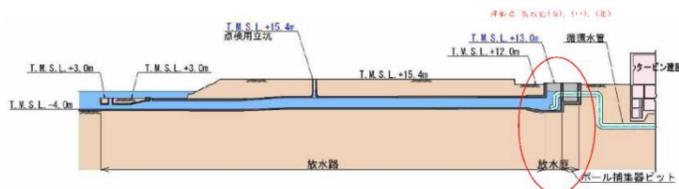


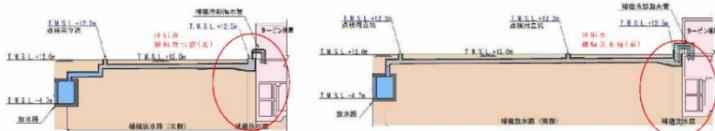
図3-2 2号炉取水施設の管路計算モデル図



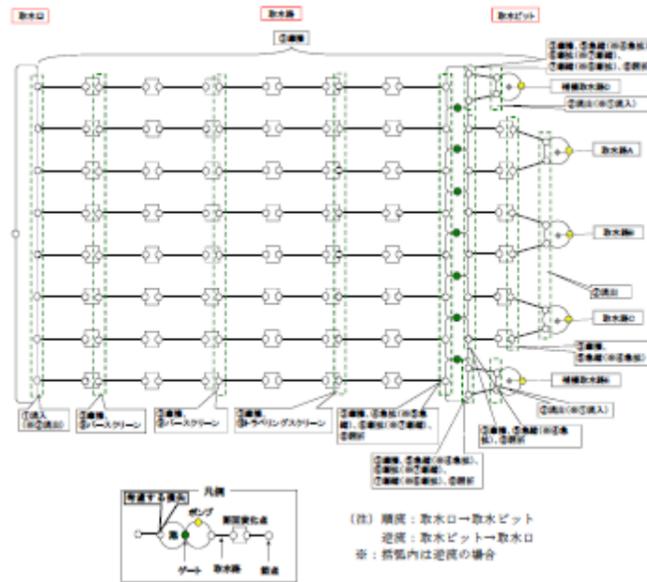
添付第6-3図(1) 大湊側放水路配置平面図



添付第6-3図(2) 6号炉放水路(A-A断面)



添付第6-3図(3) 6号炉放水路(左: B-B断面, 右: C-C断面)



第1-2図 取水路の管路解析モデル

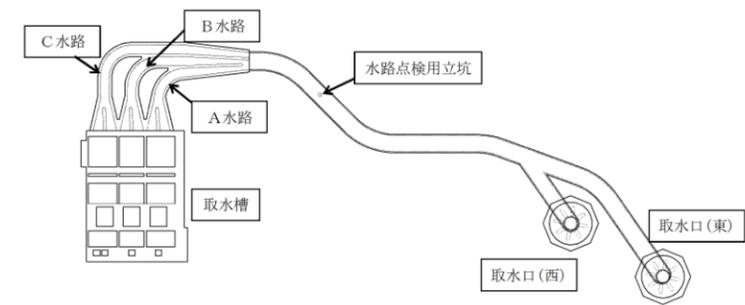


図2-5 3号炉取水施設平面図

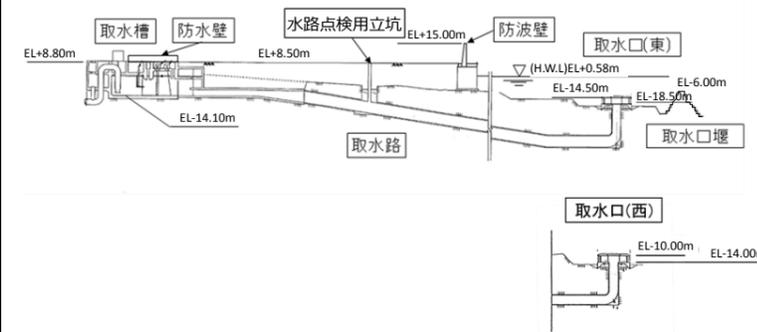


図2-6 3号炉取水施設断面図

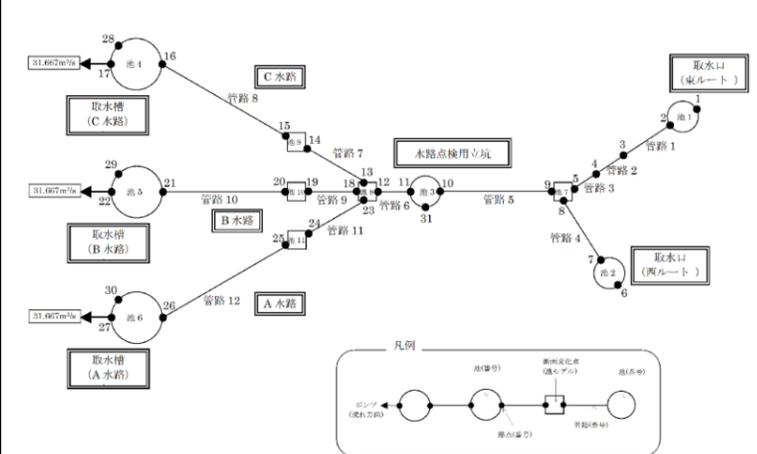
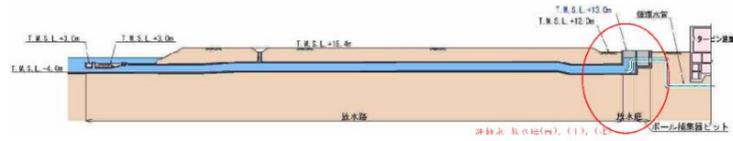
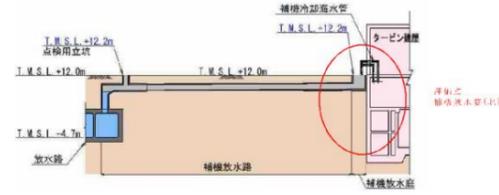


図3-3 3号炉取水施設の管路計算モデル図

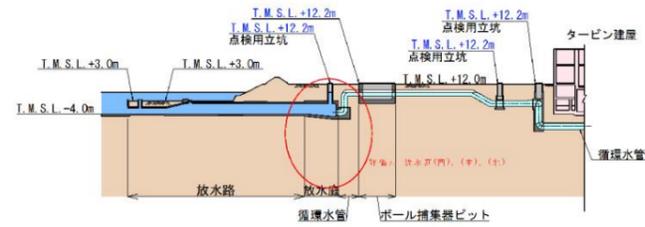
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)



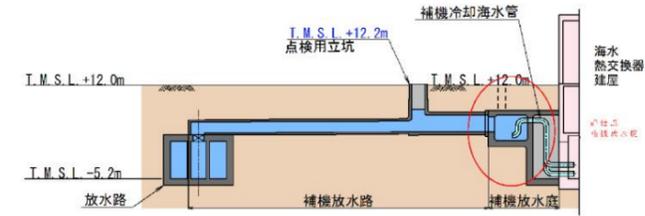
添付第6-3図(4) 7号炉放水路(D-D断面)



添付第6-3図(5) 7号炉放水路(E-E断面)



添付第6-3図(6) 5号炉放水路(F-F断面)



添付第6-3図(7) 5号炉放水路(G-G断面)

東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

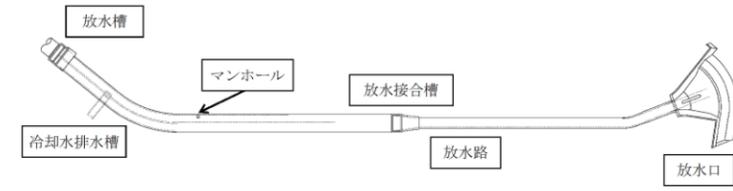


図2-7 1号炉放水施設平面図

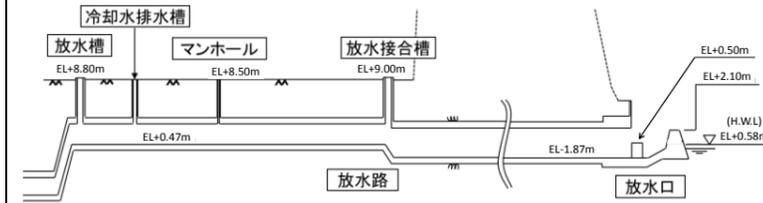


図2-8 1号炉放水施設断面図

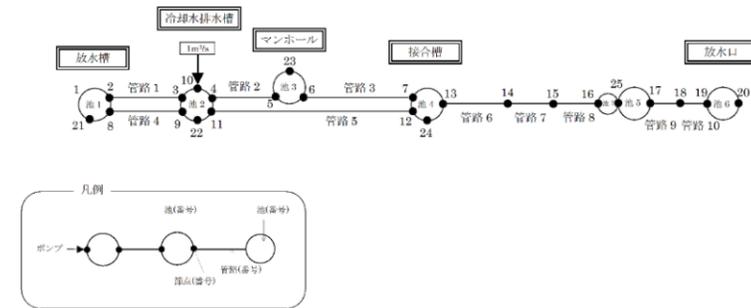


図3-4 1号炉放水施設の管路計算モデル図

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
-------------------------------------	-------------------------	--------------	----

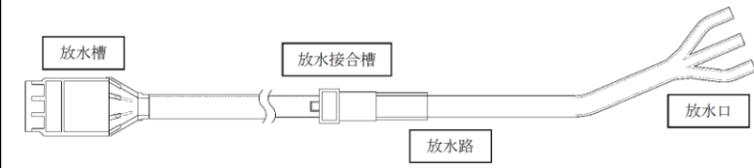


図 2 - 9 2号炉放水施設平面図

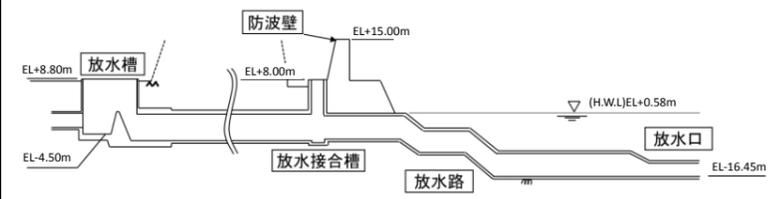


図 2 - 10 2号炉放水施設断面図

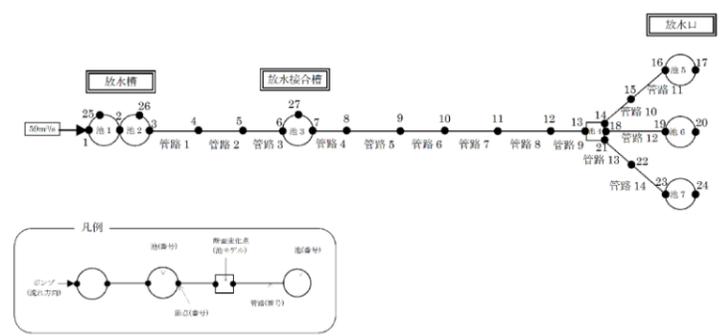


図 3 - 5 2号炉放水施設の管路計算モデル図

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

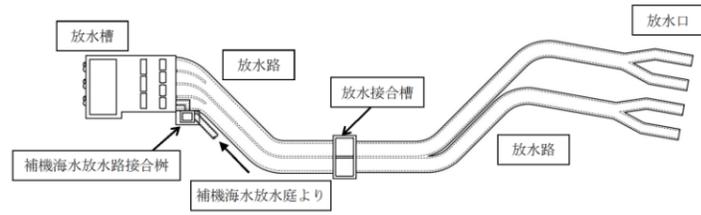


図 2-11 3号炉放水施設平面図

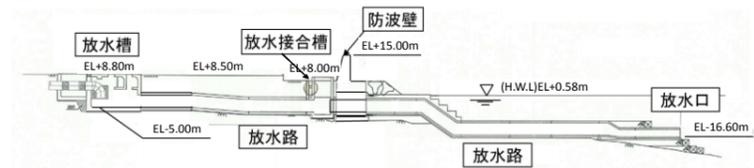


図 2-12 3号炉放水施設断面図

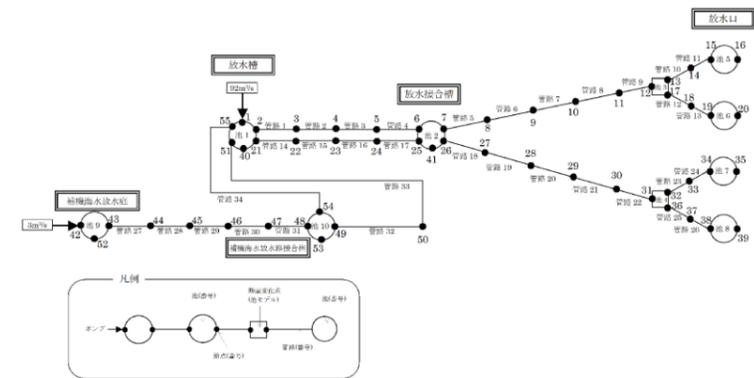


図 3-6 3号炉放水施設の管路計算モデル図

第1-1表 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
①流入損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	$h_e$ : 流入による損失水頭 (m) 【第1-3図 ベルヌーイ】 $f_e$ : 流入損失係数 (0.05) $V$ : 管内流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成11年版) p.374-375
②流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	$h_o$ : 流出による損失水頭 (m) $V$ : 管内流速 (m/s) $f_o$ : 流出損失係数 (1.0)	土木学会水理公式集 (平成11年版) p.375
③摩擦損失	$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	$V$ : 平均流速 (m/s) $L$ : 水路の長さ (m) $R$ : 水路の径深 (m) $n$ : 粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ ) 【第1-2図】	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.788, p.829
④急拡大損失	$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	$f_{se}$ : 急拡大損失係数 $A_1$ : 急拡大前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 急拡大後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.829
⑤急縮小損失	$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{sc}$ : 急縮小損失係数 (管断面積による値【第1-3表】) $V_2$ : 急縮小後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.829-830
⑥漸拡大損失	$h_{ge} = f_{ge} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$	$f_{ge}$ : 漸拡大損失係数 (管断面積による値【第1-4図】) $V_1$ : 漸拡大前の平均流速 (m/s) $A_1$ : 漸拡大前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 漸拡大後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830
⑦漸縮小損失	$h_{gc} = f_{gc} \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{gc}$ : 漸縮小損失係数 (管断面積による値【第1-5図】) $V_2$ : 漸縮小後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830-831
⑧屈折損失	$h_w = f_w \frac{V^2}{2g}$ $f_w = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$	$h_w$ : 各屈折後の本管動水位 (m) $V$ : 管内平均流速 (m/s) $f_w$ : 屈折損失係数 $\theta$ : 屈折角	土木学会水理公式集 (平成11年版) p.376-377
⑨バースクリン損失	$h_{s1} = f_{s1} \frac{V^2}{2g}$	$f_{s1}$ : スクリン損失係数 (2.26) $V$ : スクリン上流側での平均流速 (m/s)	
⑩トフバリンダスクリン損失	$h_{s2} = f_{s2} \frac{V^2}{2g}$	$f_{s2}$ : スクリン損失係数 (8.0) $V$ : スクリン上流側での平均流速 (m/s)	

※引用文献を以下に示す。  
・土木学会 (1999): 土木学会水理公式集 (平成11年版)  
・電力土木技術協会 (1995): 火力原子力発電所土木構造物の設計

表3-1 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
①流入損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	$f_e$ : 流入損失係数 $V$ : 管内流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成11年版) p.374-375【図4参照】
②流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	$f_o$ : 流出損失係数 $V$ : 管内流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成11年版) p.375
③摩擦損失	$h_f = n^2 V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	$V$ : 平均流速 (m/s) $L$ : 水路の長さ (m) $R$ : 水路の径深 (m) $n$ : 粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ )	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.829
④急拡大損失	$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left\{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)\right\}^2$	$f_{se}$ : 急拡大損失係数 $V_1$ : 急拡大前の平均流速 (m/s) $A_1$ : 急拡大前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 急拡大後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.829
⑤急縮小損失	$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{sc}$ : 急縮小損失係数 $V_2$ : 急縮小後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.829-830【表4参照】
⑥漸拡大損失	$h_{ge} = f_{ge} \cdot f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left\{1 - \left(\frac{A_1}{A_2}\right)\right\}^2$	$f_{ge}$ : 漸拡大損失係数 $V_1$ : 漸拡大前の平均流速 (m/s) $A_1$ : 漸拡大前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 漸拡大後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830【図5参照】
⑦漸縮小損失	$h_{gc} = f_{gc} \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{gc}$ : 漸縮小損失係数 $V_2$ : 漸縮小後の平均流速 (m/s)	発電水力演習 p.84【図6参照】
⑧屈折損失	$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g}$ $f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\alpha}{2}$	$f_{be}$ : 屈折損失係数 $V$ : 管内平均流速 (m/s) $\alpha$ : 屈折角 ( $^\circ$ )	発電水力演習 p.88【図7参照】

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																								
		<p style="text-align: center;">表3-2 損失水頭算定公式</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 25%;">公式</th> <th style="width: 40%;">係数</th> <th style="width: 20%;">根拠</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>⑨ 曲がり損失</td> <td> <math display="block">h_b = f_{b1} \cdot f_{b2} \frac{V^2}{2g}</math> <math display="block">f_{b1} = 0.131 + 0.1632 \times (D/\rho)^{7/2}</math> <math display="block">f_{b2} = (\theta/90)^{1/2}</math> </td> <td> <math>V</math>:管内平均流速(m/s)  <math>f_{b1}</math>:曲がりの曲率半径 <math>\rho</math> と管径 <math>D</math> との比によって決まる損失係数  <math>f_{b2}</math>:任意の曲がり中心角 <math>\theta</math> の場合の損失と中心角 <math>90^\circ</math> の場合の損失との比 </td> <td>           発電水力演習            p.86-87            【図8参照】 </td> </tr> <tr> <td>⑩ ピヤーによる損失</td> <td> <math display="block">\Delta h_p' = \left\{ \frac{1}{C^2} \left( \frac{b_1}{b_2} \right)^2 - 1 \right\} \frac{V_1^2}{2g}</math> </td> <td> <math>V_1</math>:ピヤー上流側の流速(m/s)  <math>C</math>:ピヤーの水平断面形状による係数  <math>b_1</math>:ピヤー直前の水路幅(m)  <math>b_2</math>:水路幅からピヤー幅の総計を控除した幅(m) </td> <td>           発電水力演習            p.92-93            【図9参照】 </td> </tr> <tr> <td>⑪ 分流による損失</td> <td> <math display="block">H_\alpha - H_\gamma = f_{d,\gamma} \times \frac{V_\alpha^2}{2g}</math> <math display="block">H_\alpha - H_\beta = f_{d,\beta} \times \frac{V_\alpha^2}{2g}</math> </td> <td> <math>H_\alpha, H_\gamma</math>:分流前後の本管動水位(位置水頭と圧力水頭の和)(m)  <math>H_\beta</math>:支管動水位(m)  <math>V_\alpha</math>:分流前の本管内流速(m/s)  <math>f_{d,\gamma}, f_{d,\beta}</math>:分流損失係数 </td> <td>           土木学会水理公式集(平成11年版)            p.376-377            【図10参照】 </td> </tr> <tr> <td>⑫ 合流による損失</td> <td> <math display="block">H_\alpha - H_\gamma = f_{c,\alpha} \times \frac{V_\gamma^2}{2g}</math> <math display="block">H_\beta - H_\gamma = f_{c,\beta} \times \frac{V_\gamma^2}{2g}</math> </td> <td> <math>H_\alpha, H_\gamma</math>:合流前後の本管動水位(m)  <math>H_\beta</math>:支管動水位(m)  <math>V_\gamma</math>:合流後の本管内流速(m/s)  <math>f_{c,\alpha}, f_{c,\beta}</math>:合流損失係数 </td> <td>           土木学会水理公式集(平成11年版)            p.377            【図10参照】 </td> </tr> <tr> <td>⑬ 分岐による損失</td> <td> <math display="block">h_b = f_b \times \frac{V_0^2}{2g}</math> </td> <td> <math>V_0</math>:分流前の水圧管内の平均流速(m/s)  <math>f_b</math>:分岐による損失係数            (Y分岐:0.75、三分岐:0.69) </td> <td>           発電水力演習            p.120-123 </td> </tr> </tbody> </table>		公式	係数	根拠	⑨ 曲がり損失	$h_b = f_{b1} \cdot f_{b2} \frac{V^2}{2g}$ $f_{b1} = 0.131 + 0.1632 \times (D/\rho)^{7/2}$ $f_{b2} = (\theta/90)^{1/2}$	$V$ :管内平均流速(m/s) $f_{b1}$ :曲がりの曲率半径 $\rho$ と管径 $D$ との比によって決まる損失係数 $f_{b2}$ :任意の曲がり中心角 $\theta$ の場合の損失と中心角 $90^\circ$ の場合の損失との比	発電水力演習 p.86-87 【図8参照】	⑩ ピヤーによる損失	$\Delta h_p' = \left\{ \frac{1}{C^2} \left( \frac{b_1}{b_2} \right)^2 - 1 \right\} \frac{V_1^2}{2g}$	$V_1$ :ピヤー上流側の流速(m/s) $C$ :ピヤーの水平断面形状による係数 $b_1$ :ピヤー直前の水路幅(m) $b_2$ :水路幅からピヤー幅の総計を控除した幅(m)	発電水力演習 p.92-93 【図9参照】	⑪ 分流による損失	$H_\alpha - H_\gamma = f_{d,\gamma} \times \frac{V_\alpha^2}{2g}$ $H_\alpha - H_\beta = f_{d,\beta} \times \frac{V_\alpha^2}{2g}$	$H_\alpha, H_\gamma$ :分流前後の本管動水位(位置水頭と圧力水頭の和)(m) $H_\beta$ :支管動水位(m) $V_\alpha$ :分流前の本管内流速(m/s) $f_{d,\gamma}, f_{d,\beta}$ :分流損失係数	土木学会水理公式集(平成11年版) p.376-377 【図10参照】	⑫ 合流による損失	$H_\alpha - H_\gamma = f_{c,\alpha} \times \frac{V_\gamma^2}{2g}$ $H_\beta - H_\gamma = f_{c,\beta} \times \frac{V_\gamma^2}{2g}$	$H_\alpha, H_\gamma$ :合流前後の本管動水位(m) $H_\beta$ :支管動水位(m) $V_\gamma$ :合流後の本管内流速(m/s) $f_{c,\alpha}, f_{c,\beta}$ :合流損失係数	土木学会水理公式集(平成11年版) p.377 【図10参照】	⑬ 分岐による損失	$h_b = f_b \times \frac{V_0^2}{2g}$	$V_0$ :分流前の水圧管内の平均流速(m/s) $f_b$ :分岐による損失係数 (Y分岐:0.75、三分岐:0.69)	発電水力演習 p.120-123	
	公式	係数	根拠																								
⑨ 曲がり損失	$h_b = f_{b1} \cdot f_{b2} \frac{V^2}{2g}$ $f_{b1} = 0.131 + 0.1632 \times (D/\rho)^{7/2}$ $f_{b2} = (\theta/90)^{1/2}$	$V$ :管内平均流速(m/s) $f_{b1}$ :曲がりの曲率半径 $\rho$ と管径 $D$ との比によって決まる損失係数 $f_{b2}$ :任意の曲がり中心角 $\theta$ の場合の損失と中心角 $90^\circ$ の場合の損失との比	発電水力演習 p.86-87 【図8参照】																								
⑩ ピヤーによる損失	$\Delta h_p' = \left\{ \frac{1}{C^2} \left( \frac{b_1}{b_2} \right)^2 - 1 \right\} \frac{V_1^2}{2g}$	$V_1$ :ピヤー上流側の流速(m/s) $C$ :ピヤーの水平断面形状による係数 $b_1$ :ピヤー直前の水路幅(m) $b_2$ :水路幅からピヤー幅の総計を控除した幅(m)	発電水力演習 p.92-93 【図9参照】																								
⑪ 分流による損失	$H_\alpha - H_\gamma = f_{d,\gamma} \times \frac{V_\alpha^2}{2g}$ $H_\alpha - H_\beta = f_{d,\beta} \times \frac{V_\alpha^2}{2g}$	$H_\alpha, H_\gamma$ :分流前後の本管動水位(位置水頭と圧力水頭の和)(m) $H_\beta$ :支管動水位(m) $V_\alpha$ :分流前の本管内流速(m/s) $f_{d,\gamma}, f_{d,\beta}$ :分流損失係数	土木学会水理公式集(平成11年版) p.376-377 【図10参照】																								
⑫ 合流による損失	$H_\alpha - H_\gamma = f_{c,\alpha} \times \frac{V_\gamma^2}{2g}$ $H_\beta - H_\gamma = f_{c,\beta} \times \frac{V_\gamma^2}{2g}$	$H_\alpha, H_\gamma$ :合流前後の本管動水位(m) $H_\beta$ :支管動水位(m) $V_\gamma$ :合流後の本管内流速(m/s) $f_{c,\alpha}, f_{c,\beta}$ :合流損失係数	土木学会水理公式集(平成11年版) p.377 【図10参照】																								
⑬ 分岐による損失	$h_b = f_b \times \frac{V_0^2}{2g}$	$V_0$ :分流前の水圧管内の平均流速(m/s) $f_b$ :分岐による損失係数 (Y分岐:0.75、三分岐:0.69)	発電水力演習 p.120-123																								



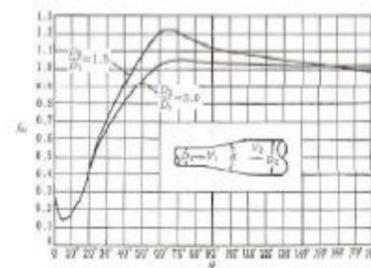
第1-3 図 入口形状と損失係数  
(土木学会水理公式集(平成11年版) p.375)

第1-2 表 貝等の付着代と粗度係数  
(火力原子力発電所土木構造物の設計 p.788 より抜粋)

	貝付着なし	貝付着あり
貝付着厚	0 [cm]	10 [cm]
粗度係数	0.015 [m <sup>-1/2</sup> ・s]	0.020 [m <sup>-1/2</sup> ・s]

第1-3 表 急縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830)

D <sub>2</sub> /D <sub>1</sub>	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f <sub>sc</sub>	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0



第1-4 図 漸拡損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830)

D1, D2 : 漸拡前後の管径 (m), V1, V2 : 漸拡前後の平均流速 (m/s),  
θ : 漸拡部の開き  
(※本施設では矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径D1, D2 を算出した。)

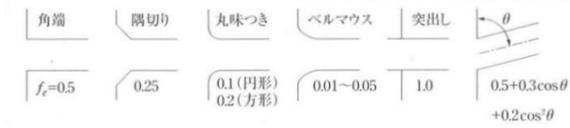


図4 入口形状と損失係数 (土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p.375)

表4 急縮損失係数 (火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830)

D <sub>2</sub> / D <sub>1</sub>	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f <sub>sc</sub>	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0

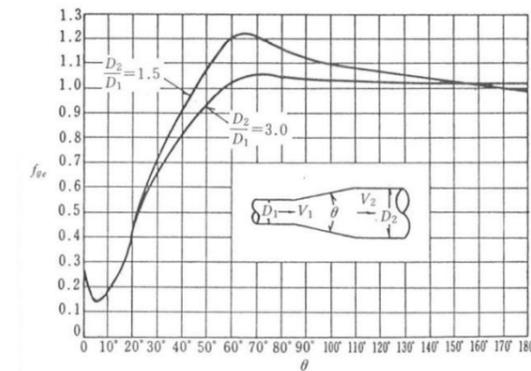
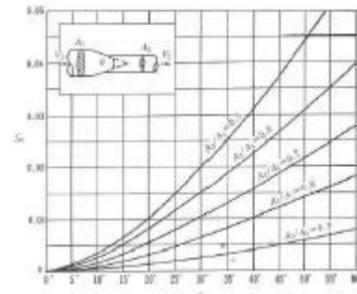


図5 漸拡損失係数 (火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830)

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> : 漸拡前後の管径(m), V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> : 漸拡前後の平均流速(m/s),  
θ : 漸拡部の開き (°)  
(※本施設では、円形断面管と矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面管の場合、矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> を算出した。)



第1-5 図 漸縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 831)

D1, D2 : 漸縮前後の管径 (m), V1, V2 : 漸縮前後の平均流速 (m/s),  
 $\theta$  : 漸縮部の開き  
 (※本施設では矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して, 半径D1, D2 を算出した。)

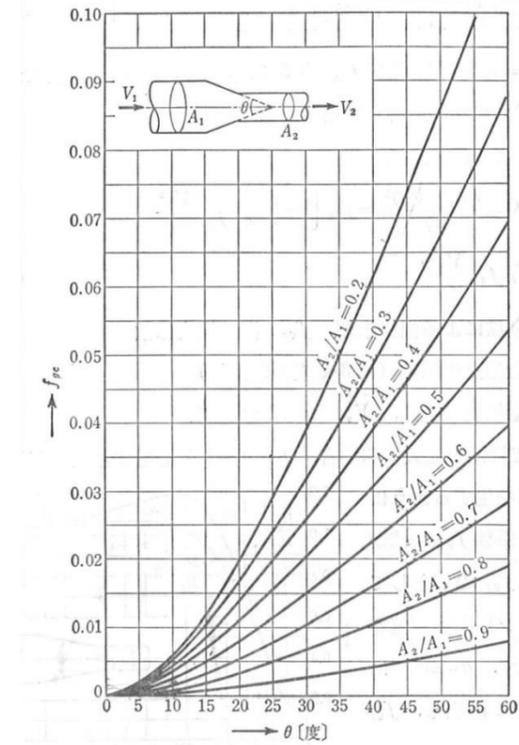


図6 漸縮損失係数 (発電水力演習 p.84)

$A_1, A_2$  : 漸縮前後の管断面積(m<sup>2</sup>),  $V_1, V_2$  : 漸縮前後の平均流速 (m/s),  $\theta$  : 漸縮部の開き (°)  
 (※本施設では, 円形断面管と矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。)

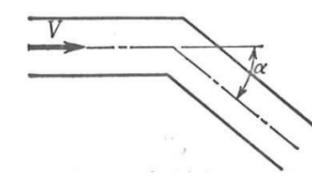


図7 屈折損失係数 (発電水力演習 p.88)

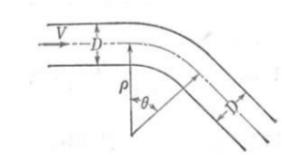
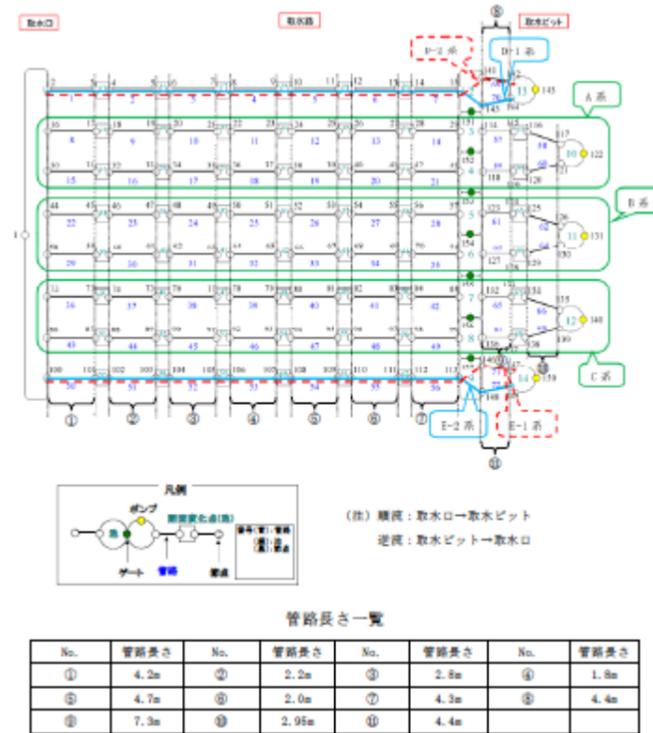


図8 曲がりの損失係数 (発電水力演習 p.87)



第1-6 図 取水路の管路解析モデル (管路, 節点番号)

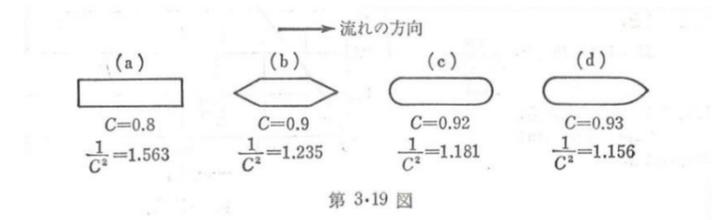


図 9 ピヤの形状による係数Cの値 (発電水力演習p.92)

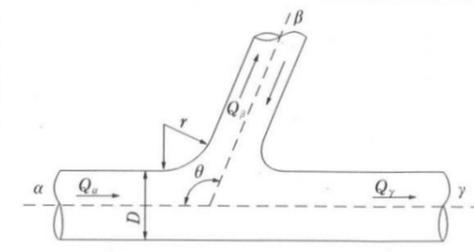


図10 分・合流管 (土木学会水理公式集 (平成11年版) p.377)

(a)分流による損失係数

$$f_{d,\gamma} = 0.58q_\beta^2 - 0.26q_\beta + 0.03$$

$$f_{d,\beta} = 0.95(1-q_\beta)^2 + q_\beta^2 \left( 1.3 \cot \frac{\theta}{2} - 0.3 + \frac{0.4-0.1\phi}{\phi^2} \right) \cdot \left( 1 - 0.9 \sqrt{\frac{\rho}{\phi}} \right) + 0.4q_\beta(1-q_\beta) \left( 1 + \frac{1}{\phi} \right) \cot \frac{\theta}{2}$$

ここに、 $f_{d,\gamma}$ 、 $f_{d,\beta}$  : 分流失損係数、 $\theta$  : 本管と支管の交角、 $\phi$  : 本管断面積に対する支管断面積の比、 $\rho = r/D$  : 支管と本管の接続部面取り半径  $r$  の本管直径に対する比、 $q_\beta = Q_\beta/Q_\alpha$  : 分流前の本管流量  $Q_\alpha$  に対する支管流量  $Q_\beta$  の比

(b)合流による損失係数

$$f_{c,\alpha} = -q_\beta^2 \left\{ 2.59 + (1.62 - \sqrt{\rho}) \left( \frac{\cos \theta}{\phi} - 1 \right) - 0.62\phi \right\} - q_\beta(1.94 - \phi) + 0.03$$

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
		$f_{c,\beta} = -q_\beta^2 \left\{ (1.2 - \sqrt{\rho}) \left( \frac{\cos \theta}{\phi} - 1 \right) + 0.8 \left( 1 - \frac{1}{\phi^2} \right) - (1 - \phi) \frac{\cos \theta}{\phi} \right\} - (1 + q_\beta) \{ 0.92 + q_\beta (2.92 - \phi) \}$ <p>ここに、<math>f_{c,\alpha}, f_{c,\beta}</math> : 合流損失係数、<math>\theta</math> : 本管と支管の交角、<math>\phi</math> : 本管断面積に対する支管断面積の比、<math>\rho = r/D</math> : 支管と本管の接続部面取り半径 <math>r</math> の本管直径に対する比、<math>q_\beta = Q_\beta/Q_\gamma</math> : 合流後の本管流量 <math>Q_\gamma</math> に対する支管流量 <math>Q_\beta</math> の比</p>	

表5-1 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 (m³/s)	種類	係数		断面積 (m²)		損失水頭 (m)		モデル化		
			1号管	2号管	1号管	2号管	1号管	2号管			
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 <sup>-1/2</sup> ·s)	0.014	0.014						
			長さ(m)	2.600	2.600	12.566	12.566	0.000	0.000		節点2.10
			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 <sup>-1/2</sup> ·s)	0.014	0.014						
			長さ(m)	127.075	102.915	8.814	8.814	0.000	0.000		管路1~6 管路7~12
			径深(m)	0.838	0.838						
		曲がり	F <sub>s1</sub>	0.135	0.135						
			F <sub>s2</sub>	0.279	0.319	8.814	8.814	0.000	0.000		節点3.11
		曲がり	F <sub>s1</sub>	0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000		節点4.12
			F <sub>s2</sub>	0.571	0.366						
		曲がり	F <sub>s1</sub>	0.135	0.135						
			F <sub>s2</sub>	0.412	0.379	8.814	8.814	0.000	0.000		節点5.13
		曲がり	F <sub>s1</sub>	0.135	0.135						
			F <sub>s2</sub>	0.413	0.413	8.814	8.814	0.000	0.000		節点6.14
		曲がり	F <sub>s1</sub>	0.135	0.135						
			F <sub>s2</sub>	0.413	0.413	8.814	8.814	0.000	0.000		節点7.15
		流路縮小工	0.500	急縮	F	0.282	0.282	4.407	4.407	0.000	0.000
急拡	F			0.754	0.754	4.407	4.407	0.000	0.000	節点8.16	
取水槽	0.500	摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> ·s)	0.015	0.015						
			長さ(m)	9.100	9.100	41.667	41.667	0.000	0.000		節点8.16
			径深(m)	1.682	1.682						
		摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> ·s)	0.015	0.015						
			長さ(m)	1.700	1.700	50.000	50.000	0.000	0.000		節点8.16
			径深(m)	1.716	1.716						
		摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> ·s)	0.015	0.015						
			長さ(m)	1.000	1.000	31.250	31.250	0.000	0.000		節点8.16
			径深(m)	0.805	0.805						
		摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> ·s)	0.015	0.015						
			長さ(m)	2.000	2.000	33.333	33.333	0.000	0.000		節点8.16
			径深(m)	0.820	0.820						
		ピヤ-	ビアの水平断面形状による係数	0.920	0.920						
			ビア直前の水路幅(m)	6.859	6.859	45.455	45.455	0.000	0.000		節点8.16
		水路幅からピヤ幅の総計を控除した幅(m)		6.059	6.059						
		漸拡	F <sub>ex</sub>	0.280	0.280	33.500	33.500	0.000	0.000		節点8.16
			F <sub>ex</sub>	0.204	0.204						
		漸縮	F	0.020	0.020	42.557	42.557	0.000	0.000		節点8.16
			F	0.100	0.100	32.237	32.237	0.000	0.000		節点8.16
		漸拡	F <sub>ex</sub>	0.200	0.200	32.237	32.237	0.000	0.000		節点8.16
			F <sub>ex</sub>	0.003	0.003						
		流出	F	1.000	1.000	34.185	34.185	0.000	0.000		節点8.16
合計							0.000	0.000			

第1-4表 損失水頭表の対応一覧

計算条件				損失水頭表	
貝付着あり/なし	スクリーンによる損失あり/なし	海水ポンプ運転状態		順流	逆流
		循環水ポンプ(常用系)	海水ポンプ(非常用系)		
あり	あり	0台	5台	第1-5表	第1-6表
		0台	0台	第1-7表	第1-8表
なし	なし	0台	5台	第1-9表	第1-10表
		0台	0台	第1-11表	第1-12表
なし	あり	0台	5台	第1-13表	第1-14表
		0台	0台	第1-15表	第1-16表
	なし	0台	5台	第1-17表	第1-18表
		0台	0台	第1-19表	第1-20表

表5-2 2号炉取水施設の損失水頭表  
(貝付着無し, 循環水ポンプ運転時)

場所	流量 (m³/s)	種類	係数		断面積 (m²)		損失水頭 (m)※		モデル化				
			1号管	2号管	1号管	2号管	1号管	2号管					
取水口	29.500	流入	F	0.500	0.500	160.221	160.221	0.001	0.001	第点2.9			
		急縮	F	0.440	0.440	50.265	50.265	0.008	0.008	第点2.9			
		摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> , ε)	0.014	0.014								
			長さ(m)	5.350	5.350	50.265	50.265	0.000	0.000		第点2.9		
			径深(m)	2.000	2.000								
		屈折	F	0.986	0.986	50.265	50.265	0.017	0.017		第点2.9		
急縮	F	0.410	0.410	14.522	14.522	0.086	0.086		第点2.9				
取水管	29.500	摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> , ε)	0.014	0.014								
			長さ(m)	136.358	130.657	14.522	14.522	0.100	0.096		管路1~5 管路6~10		
			径深(m)	1.075	1.075								
		曲がり	F <sub>B1</sub>	0.134	0.134	14.522	14.522	0.017	0.016		第点3.10		
			F <sub>B2</sub>	0.603	0.565								
		曲がり	F <sub>B1</sub>	0.133	0.133	14.522	14.522	0.004	0.004		第点3.10		
			F <sub>B2</sub>	0.156	0.156								
		曲がり	F <sub>B1</sub>	0.133	0.133	14.522	14.522	0.006	0.006		第点4.11		
			F <sub>B2</sub>	0.228	0.228								
		曲がり	F <sub>B1</sub>	0.134	0.134	14.522	14.522	0.020	0.020		第点5.12		
			F <sub>B2</sub>	0.707	0.707								
		曲がり	F <sub>B1</sub>	0.133	0.133	14.522	14.522	0.010	0.010		第点5.12		
			F <sub>B2</sub>	0.367	0.359								
		曲がり	F <sub>B1</sub>	0.133	0.133	14.522	14.522	0.013	0.013		第点6.13		
			F <sub>B2</sub>	0.460	0.453								
		急拡	F	0.395	0.395	14.522	14.522	0.083	0.083		第点7.14		
		取水槽	29.500	摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> , ε)	0.015	0.015						
					長さ(m)	8.000	8.000	55.037	55.037	0.000	0.000		第点7.14
					径深(m)	1.941	1.941						
				摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> , ε)	0.015	0.015						
長さ(m)	1.000				1.000	81.044	81.044	0.000	0.000		第点7.14		
径深(m)	2.093				2.093								
摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> , ε)			0.015	0.015								
	長さ(m)			3.500	3.500	65.265	65.265	0.000	0.000		第点7.14		
	径深(m)			1.139	1.139								
ビヤ-	ビアの水平断面形状による係数			0.900	0.900								
	ビア直前の水路幅(m)			7.933	7.933	51.304	51.304	0.026	0.026		第点7.14		
	水路幅からビア幅の総計を控除した幅(m)			5.533	5.533								
漸拡	F <sub>BE</sub>			0.670	0.670	39.060	39.060	0.007	0.007		第点7.14		
	F <sub>EE</sub>			0.338	0.338								
急縮	F			0.040	0.040	82.991	82.991	0.000	0.000		第点7.14		
漸縮	F			0.001	0.001	79.170	79.170	0.000	0.000		第点7.14		
急縮	F			0.060	0.060	65.250	65.250	0.001	0.001		第点7.14		
流出	F			1.000	1.000	65.250	65.250	0.010	0.010		第点7.14		
合計						0.409	0.404						

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示



2. 放水口～放水ピット

東海第二発電所の放水路は、鉄筋コンクリート製の3連の矩形ボックスカルバート構造であり、放水口（開渠式表層放水方式）に接続される。第2-1図に放水路ゲートから放水口までの概略構造図、第2-2図に放水路の管路解析モデルを示す。

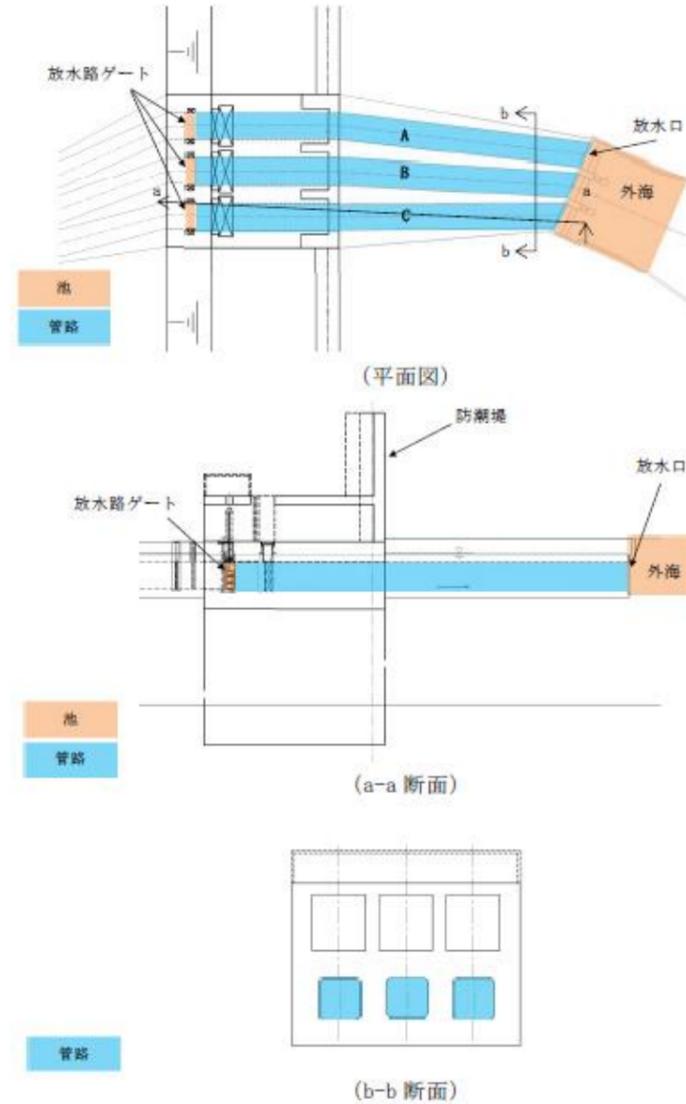
放水ピットに流入した海水、プラント排水等は、直管部、曲がり部を有するA、B、Cの3水路を通り外海に放水される。放水路モデルは池と管路から成っており、池、管路間は節点により接続する。また、本解析では放水路ゲートを池でモデル化し、放水路ゲートと外海を管路モデルや節点で結び、損失水頭のうち管路内の摩擦は各管路モデルで、それ以外の損失は各節点で表現するようにモデル化した。第2-1表及び第2-3図に解析に用いた各損失を示す。第2-2表に損失水頭表の対応一覧を示し、第2-3表から第2-9表に計算条件毎の具体的な損失水頭を整理した。なお、解析には解析コード「SURGE」を使用した。

表5-4 1号炉放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 (m³/s)	種類	係数		断面積 (m²)		損失水頭 (m)		モデル化	
			北ルート	南ルート	北ルート	南ルート	北ルート	南ルート		
放水槽	0.000	流入	F	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	節点2.8
		摩擦		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	節点2.8
一般部(矩形)	0.000	摩擦	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	0.015	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	節点1.4
			長さ(m)	27.800	27.800	0.000	0.000	0.000	0.000	節点3.9
			径深(m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	節点4.11
冷却水排水槽	0.000	急流	F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	節点4.11
			粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	0.015	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	節点4.11
			長さ(m)	2.800	2.800	0.000	0.000	0.000	0.000	節点4.11
一般部(矩形)	0.500	急流	F	0.049	0.049	0.696	0.696	0.001	0.001	節点4.11
			粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	0.015	—	—	—	—	—	節点2
			長さ(m)	43.833	—	0.696	—	0.044	—	節点5
マンホール	0.500	摩擦	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点5.12
			長さ(m)	—	141.646	—	—	0.696	—	節点6
			径深(m)	—	0.197	—	—	0.001	—	節点6
一般部(矩形)	0.500	摩擦	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点6
			長さ(m)	—	93.823	—	—	0.005	—	節点3
			径深(m)	—	0.197	—	—	—	—	節点3
混合槽	0.500	急流	F	0.032	0.032	0.696	0.696	0.001	0.001	節点7.12
			粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	0.015	—	—	—	—	—	節点13
			長さ(m)	—	4.000	—	—	3.077	—	節点13
一般部(異径管)	1.000	摩擦	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点13
			長さ(m)	—	0.840	—	—	1.695	—	節点13
			径深(m)	—	0.808	—	—	0.008	—	節点13
一般部(異径管)	1.000	急流	F	0.008	0.008	16.397	16.397	0.000	0.000	節点13
			粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	0.015	—	—	—	9.212	—	節点13
			長さ(m)	—	9.000	—	—	11.765	—	節点13
一般部(異径管)	1.000	摩擦	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点6
			長さ(m)	—	102.171	—	—	9.212	—	節点14
			径深(m)	—	1.168	—	—	0.000	—	節点14
一般部(異径管)	1.000	摩擦	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点7
			長さ(m)	—	17.828	—	—	9.212	—	節点7
			径深(m)	—	1.168	—	—	—	—	節点15
放水口	1.000	急流	F	0.159	0.159	9.212	9.212	0.000	0.000	節点15
			粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	0.015	—	—	—	—	—	節点8
			長さ(m)	—	6.061	—	—	10.526	—	節点8
堰	1.000	摩擦	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点25
			長さ(m)	—	4.100	—	—	1.812	—	節点25
			径深(m)	—	0.461	—	—	0.019	—	節点25
ビヤール	1.000	急流	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点17
			長さ(m)	—	17.065	—	—	20.000	—	節点17
			径深(m)	—	1.272	—	—	0.000	—	節点17
急流	1.000	急流	粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点17
			長さ(m)	—	6.700	—	—	19.163	—	節点17
			径深(m)	—	5.500	—	—	3.754	—	節点17
急流	1.000	急流	F	0.847	0.847	3.754	3.754	0.002	0.002	節点17
			粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点17
			長さ(m)	—	1.207	—	—	19.163	—	節点17
急流	1.000	急流	F	0.153	0.153	0.177	0.177	0.180	0.180	節点17
			粗度係数(m <sup>-1.5</sup> ,g)	—	0.015	—	—	—	—	節点17
			長さ(m)	—	0.153	—	—	—	—	節点17

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示

・記載方法の相違  
【東海第二】  
島根2号炉は、取水施設、放水施設とまとめて記載。



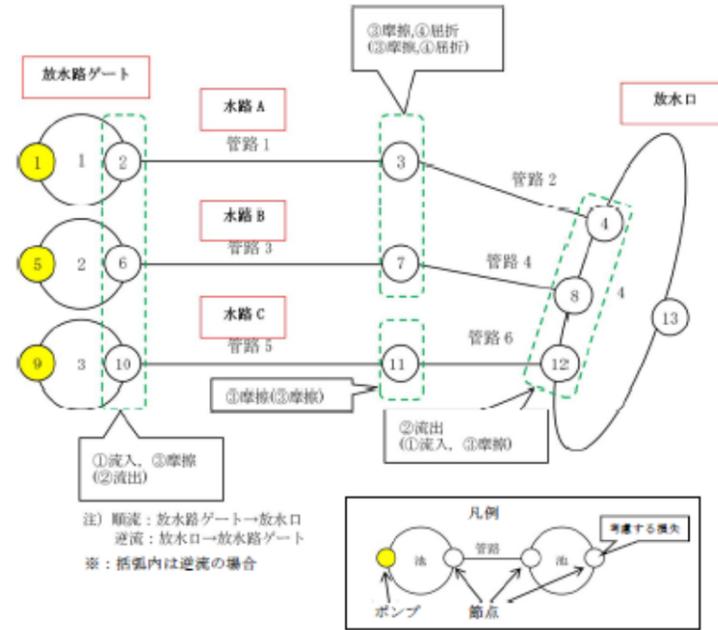
第2-1 図 放水路ゲート～放水口概略構造図

表5-5 2号炉放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 <sup>3</sup> /s)	種類	係数		断面積 (m <sup>2</sup> )	損失水頭 (m)※	モデル化		
放水路(漸縮部) 17.6m × 6.0m →6.0m × 6.0m	59,000	流入	F	0.500	103,850	0.008	節点3		
		漸縮	F	0.080	35,500	0.011	節点3		
		ビヤ-	ピアの水平断面形状による係数		0.920	89,187	0.011	節点3	
			ピア直前の水路幅(m)		15,097				
			水路幅からピア幅の総計を控除した幅(m)		13,497				
		粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		0.015	52,915	0.001	節点3		
長さ(m)		10,800							
径深(m)		1,926	30,575	0.000	節点3				
粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		0.015							
長さ(m)		3,900	32,851	0.002	節点3				
径深(m)		1,538							
放水路(一般部) 馬路	59,000	摩擦	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		1183,727	30,575	0.567	管路1~3	
			長さ(m)						1,521
			径深(m)						0.131
		曲がり	F <sub>31</sub>	1.000	30,575	0.025	節点4		
曲がり	F <sub>32</sub>	0.131	30,575	0.015	節点5				
放水路合槽	59,000	摩擦	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		5,000	88,400	0.000	節点6	
			長さ(m)						3,194
			径深(m)						0.369
放水路(一般部) 5.8m × 5.8m	59,000	急縮	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		0.015	33,140	0.060	節点7	
			長さ(m)						121,807
		屈折	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		0.067	33,140	0.011	節点8	
			長さ(m)						1,504
		屈折	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		0.067	33,140	0.011	節点9	
			長さ(m)						0.067
		屈折	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		0.067	33,140	0.011	節点10	
			長さ(m)						0.067
曲がり	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		0.136	33,140	0.011	節点11			
	長さ(m)						0.508		
放水路(分岐部)	59,000	急縮	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )		0.069	25,621	0.024	節点13	
			長さ(m)						0.690
小計								1.022	

場所	流量 (m <sup>3</sup> /s)	種類	係数			断面積 (m <sup>2</sup> )			損失水頭 (m)※			モデル化	
			粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )	中央	西側	東側	中央	西側	東側	中央	西側		
放水路(先端部) φ2.9m(円形)	19,667	摩擦	粗度係数(m <sup>-1/3-s</sup> )	0.015	0.015	0.015	6,605	6,605	6,605	0.092	0.084	0.092	管路10,11
			長さ(m)	30,157	27,450	30,157	6,605	6,605	6,605	0.044	—	0.044	管路12
			径深(m)	0.725	0.725	0.725	—	—	—	—	—	—	管路13,14
			曲がり	F <sub>31</sub>	0.170	—	0.170	6,605	—	6,605	0.044	—	0.044
		流出	F	1,000	1,000	1,000	6,605	6,605	6,605	0.452	0.452	0.452	管路16,19,23
小計									0.588	0.536	0.588		
小計 (両側と中央の平均)												1.584	
合計												1.584	

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示



管路長さ一覧

管路 No.	管路長さ	管路 No.	管路長さ
1	35.695m	2	19.511m
3	35.695m	4	17.565m
5	35.695m	6	15.767m

第2-2 図 放水路の管路解析モデル(管路, 節点番号)

表5-6 3号炉放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 (m³/s)	種類	係数		断面積 (m²)		損失水頭 (m)※		モデル化		
			西側	東側	西側	東側	西側	東側			
放水路(漸縮部) (西)8.439m×5.2m (東)8.5m×5.2m →5.2m×5.2m	47.500	流入	F	0.500	0.500	42.883	43.200	0.031	0.031	節点2.21	
		漸縮	F	0.004	0.004	26.540	26.540	0.001	0.001	節点2.21	
		曲がり	F <sub>12</sub>	0.138	0.189	32.781	32.872	0.010	0.012	節点2.21	
			F <sub>21</sub>	0.657	0.877						
			粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015	0.015						
		摩擦	長さ(m)	16.256	15.795	32.781	32.872	0.006	0.005	節点2.21	
径深(m)	1.283		1.285								
急拡	F	0.016	0.017	28.644	27.261	0.002	0.003	節点2.21			
放水路(一般部) 5.2m×5.2m	47.500	粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015	0.015						管路1~4 管路14~17	
			長さ(m)	59.430	58.073	26.540	26.540	0.029	0.028		
			径深(m)	1.352	1.352						
		屈折	F	0.001	0.001	26.540	26.540	0.000	0.000	節点3.22	
			F	0.001	0.001	26.540	26.540	0.000	0.000	節点4.23	
			F <sub>12</sub>	0.155	0.136	26.540	26.540	0.018	0.016	節点5.24	
曲がり	F <sub>21</sub>	0.707	0.707	26.540	26.540	0.018	0.016	節点5.24			
放水接合槽	47.500	急拡	F	0.348	0.348	26.540	26.540	0.057	0.057	節点6.25	
		粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015	0.015							
			長さ(m)	7.300	7.300	64.658	64.658	0.000	0.000	節点6.25	
放水路(一般部) 5.2m×5.2m	47.500	急縮	F	0.343	0.343	26.540	26.540	0.056	0.056	節点7.26	
			粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015	0.015						
				長さ(m)	123.034	116.283	26.540	26.540	0.060	0.056	管路5~9 管路18~22
		曲がり	F <sub>12</sub>	0.136	0.136	26.540	26.540	0.016	0.016	節点8.27	
			F <sub>21</sub>	0.707	0.707	26.540	26.540	0.015	0.015	節点9.28	
			F	0.093	0.093	26.540	26.540	0.015	0.015	節点10.29	
曲がり	F <sub>12</sub>	0.136	0.136	26.540	26.540	0.017	0.017	節点11.30			
	F <sub>21</sub>	0.782	0.782								
	F	0.091	0.091	20.612	20.612	0.025	0.025	節点12.31			
放水路(分岐部) 分岐	47.500	粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015	0.015						管路10.11 管路12.13 管路23.24 管路25.26	
			長さ(m)	31.103	31.103	8.042	8.042	0.082	0.082		
			径深(m)	0.800	0.800						
		曲がり	F <sub>12</sub>	0.134	0.134	8.042	8.042	0.027	0.027	節点14.18 節点33.37	
			F <sub>21</sub>	0.453	0.453						
			F	1.000	1.000	8.042	8.042	0.445	0.445	節点15.19 節点34.38	
流出	F	1.000	1.000	8.042	8.042	0.445	0.445	節点34.38			
合計						1.035	1.030				

場所	流量 (m³/s)	種類	係数	断面積 (m²)	損失水頭 (m)	モデル化		
補機海水放水路 連絡ダクト1 1.7m×1.7m	3.000	流入	F	0.500	5.190	0.009	節点43	
		漸縮	F	0.001	2.810	0.000	節点43	
			粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015				
				長さ(m)	7.000	3.645	0.003	節点43
		摩擦	径深(m)	0.506				
			粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015				
			長さ(m)	140.273	2.810	0.106	管路27~31	
		急縮	F	0.444				
			F	0.067	2.810	0.004	節点44	
		屈折	F	0.380	2.810	0.022	節点45	
F	0.183		2.810	0.011	節点46			
屈折	F	0.183	2.810	0.011	節点47			
	F	0.183	2.810	0.011	節点47			
流出	F	1.000	2.810	0.058	節点48			
補機海水放水路 接合槽	3.000	粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015					
			長さ(m)	2.000	13.548	0.000	節点48	
			径深(m)	1.126				
		摩擦	粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015				
			長さ(m)	1.500	18.064	0.000	節点48	
径深(m)	1.386							
屈折	F	0.986	15.464	0.002	節点48			
補機海水放水路 連絡ダクト2 φ800mm	3.000	流入	F	0.500	0.503	0.907	節点54	
		粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.010					
			長さ(m)	2.000	0.503	0.061	管路34	
			径深(m)	0.200				
流出	F	1.000	0.503	1.815	節点55			
合計					3.009			

場所	流量 (m³/s)	種類	係数	断面積 (m²)	損失水頭 (m)※	モデル化	
補機海水放水路 連絡ダクト3 1.0m×1.0m	3.000	流入	F	0.500	0.920	0.271	節点49
		粗度係数(m <sup>-1/3</sup> ·s)	0.015				
			長さ(m)	10.346	0.920	0.148	管路32.33
			径深(m)	0.261			
		屈折	F	0.002	0.920	0.001	節点49
			F	0.002	0.920	0.001	節点50
		屈折	F	0.986	0.920	0.535	節点50
			F	0.002	0.920	0.001	節点50
		屈折	F	0.002	0.920	0.001	節点51
			F	0.002	0.920	0.001	節点51
流出	F	1.000	0.920	0.543	節点51		
合計					1.501		

※小数点以下4桁目を四捨五入で表示

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)

添付第6-3表 補機取水槽における最大ケース

号炉	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
				取水口前面	補機取水槽 (A系)	補機取水槽 (B系北)	補機取水槽 (B系南)	補機取水槽 (C系)	
基準津波1 6号炉	なし	なし	なし	+6.4	+6.9	+6.7	+6.7	+6.7	+7.0
7号炉	なし	あり	なし	+6.3	+7.2	+6.6	+6.7	+6.7	+7.1
5号炉	あり	あり	なし	+6.3	+6.4	+6.4			-
基準津波2 6号炉	なし	あり	あり	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
7号炉	なし	あり	あり	-3.5	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7

添付第6-4表 放水庭における最大ケース

号炉	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			放水口前面	補機放水庭 (南)	補機放水庭 (北)	放水庭 (南)	放水庭 (中)	放水庭 (北)
基準津波1 6号炉	なし	なし	+6.4	-	-	+8.5	+8.8	+8.7
7号炉	あり	あり	+6.4	-	+9.9	+9.0	+9.0	+9.0
5号炉	あり	あり	+6.4			+7.4	+7.2	+7.2

-: 津波による水位変動の影響がないことを示す

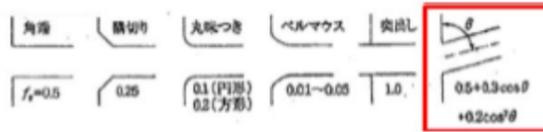
東海第二発電所 (2018.9.12版)

第2-1表 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
①流入損失	$h_a = f_a \frac{V^2}{2g}$	$h_a$ : 流入による損失水頭 [m] [第2-3図 角度あり] $f_a$ : 流入損失係数 (0.5, 0) $V$ : 管内流速 [m/s]	土木学会水理公式集 (平成11年版) p.374-375
②流出損失	$h_b = f_b \frac{V^2}{2g}$	$h_b$ : 流出による損失水頭 [m] $V$ : 管内流速 [m/s] $f_b$ : 流出損失係数 (1.0)	土木学会水理公式集 (平成11年版) p.375
③摩擦損失	$h_f = \lambda \cdot L \cdot \frac{V^2}{2gR}$	$V$ : 平均流速 (m/s) $L$ : 水路の長さ (m) $R$ : 水路の半径 (m) $\lambda$ : 粗度係数 ( $m^{-1/3} \cdot s$ ) $\lambda = 0.020$	火力原子力発電所土木構造物の設計 p.788, p.829
④屈折損失	$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g}$ $f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$	$h_{be}$ : 合流前後の本管動水位 (m) $V$ : 管内平均流速 (m/s) $f_{be}$ : 屈折損失係数 $\theta$ : 屈折角	土木学会水理公式集 (平成11年版) p.376-377

※引用文献を以下に示す。

- ・土木学会 (1999): 土木学会水理公式集 (平成11年版)
- ・電力土木技術協会 (1995): 火力原子力発電所土木構造物の設計



第2-3図 入口形状と損失係数  $f_a$   
(土木学会水理公式集 (平成11年版) p.375)

島根原子力発電所 2号炉

表6-1 水位上昇側の評価結果 (取水施設)

波源	防波堤有無	貝付着有無	ポンプ運転状況	入力津波高さ EL (m) ※1				
				1号炉取水槽※2	2号炉取水槽	3号炉取水槽	3号炉取水路点検口	
日本海東縁部	基準津波1	有り	運転	-	+6.5	+5.1	+4.2	
			停止	+6.3	+8.8	+6.9	+6.0	
			無し	運転	-	+7.2	+6.0	+4.7
		停止	+6.4	+9.3	+7.1	+6.4 [+6.31]		
		無し	有り	運転	-	+8.0	+5.5	+4.2
			停止	+6.8	+10.1	+7.5	+6.2	
	無し		運転	-	+9.1	+6.5	+4.9	
	停止	+7.0	+10.6	+7.8	+6.4 [+6.32]			
	基準津波2	有り	運転	-	+6.4	+5.5	+4.5	
			停止	+6.0	+8.4	+7.1	+6.1	
			無し	運転	-	+7.0	+6.3	+4.8
		停止	+6.1	+9.1	+7.3	+6.1		
基準津波5		有り	運転	-	+7.1	+5.0	+3.9	
			停止	+6.4	+9.7	+7.1	+5.6	
	無し		運転	-	+8.6	+6.0	+4.2	
	停止	+6.7	+10.4	+7.6	+6.0			
	海城活断層	基準津波4	有り	運転	-	+2.0	+1.7	+1.5
				停止	+2.7 [+2.61]	+2.8	+3.5	+2.6
無し				運転	-	+2.4	+1.9	+1.6
停止			+2.7 [+2.68]	+2.9	+3.7	+2.7		
無し			有り	運転	-	+2.1	+1.4	+1.3
			停止	+2.5	+4.6	+3.4	+2.4	
		無し	運転	-	+2.9	+1.8	+1.3	
停止		+2.7 [+2.67]	+4.9	+3.4	+2.5			
海城活断層 上昇側最大となるケース		有り	運転	-	+1.6	+1.5	+1.3	
			停止	+2.5	+2.4	+3.4	+2.4	
			無し	運転	-	+1.8	+1.7	+1.4
		停止	+2.5	+2.4	+3.6	+2.5		
	無し	有り	運転	-	+1.9	+1.2	+1.1	
		停止	+2.5	+4.2	+3.3	+2.3		
無し		運転	-	+2.5	+1.6	+1.2		
停止	+2.6	+4.5	+3.4	+2.4				

※1 下線を引いた箇所が最大ケース。

※2 1号炉取水槽は流路縮小工を設置して評価している。

備考

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)

添付第 6-5 表 (1) 取水路管路解析における計算結果 (6号炉 水位上昇側)

スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			取水口 前面	補機 取水槽 (A系)	補機 取水槽 (B系北)	補機 取水槽 (B系南) TSW	補機 取水槽 (B系南) RSW	補機取水槽 (C系)
基準津波 1	あり	あり	+6.4	+6.5	+6.1	+6.5	+6.5	+6.8
		なし	+6.4	+6.8	+6.6	+6.7	+6.7	+6.8
	なし	あり	+6.4	+6.5	+6.1	+6.5	+6.5	+6.8
		なし	+6.4	+6.8	+6.6	+6.7	+6.7	+6.8
	なし	あり	+6.4	+6.6	+6.4	+6.5	+6.5	+6.9
		なし	+6.4	+6.9	+6.6	+6.7	+6.7	+6.9
なし	あり	+6.4	+6.6	+6.4	+6.6	+6.5	+6.9	
	なし	+6.4	+6.9	+6.7	+6.7	+6.7	+7.0	

添付第 6-5 表 (2) 取水路管路解析における計算結果 (6号炉 水位下降側)

スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			取水口 前面	補機 取水槽 (A系)	補機 取水槽 (B系北)	補機 取水槽 (B系南) TSW	補機 取水槽 (B系南) RSW	補機 取水槽 (C系)
基準津波 2	あり	あり	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
		なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
	なし	あり	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
		なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
	なし	あり	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6
		なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6

東海第二発電所 (2018.9.12版)

第2-2 表 損失水頭表の対応一覧

計算条件				損失水頭表		
貝付着	海水ポンプ運転状態			水路	順流	逆流
	ケース	循環水ポンプ (常用系)	海水ポンプ (非常用系)			
あり	海水ポンプ 停止時	0台	-	A	第2-3表(1)	第2-3表(4)
		0台	0台	B	第2-3表(2)	第2-3表(5)
		0台	0台	C	第2-3表(3)	第2-3表(6)
	海水ポンプ 運転ケース 1-1	0台	-	A	第2-4表(1)	第2-4表(4)
		0台	7台	B	第2-4表(2)	第2-4表(5)
		0台	0台	C	第2-4表(3)	第2-4表(6)
	海水ポンプ 運転ケース 1-2	0台	-	A	第2-5表(1)	第2-5表(4)
		0台	0台	B	第2-5表(2)	第2-5表(5)
		0台	7台	C	第2-5表(3)	第2-5表(6)
	海水ポンプ 運転ケース 2-1	0台	-	A	第2-6表(1)	第2-6表(4)
		2台	7台	B	第2-6表(2)	第2-6表(5)
		0台	0台	C	第2-6表(3)	第2-6表(6)
	海水ポンプ 運転ケース 2-2	0台	-	A	第2-7表(1)	第2-7表(4)
		0台	0台	B	第2-7表(2)	第2-7表(5)
		2台	7台	C	第2-7表(3)	第2-7表(6)
	海水ポンプ 運転ケース 3-1	0台	-	A	第2-8表(1)	第2-8表(4)
		0台	5台	B	第2-8表(2)	第2-8表(5)
		0台	0台	C	第2-8表(3)	第2-8表(6)
海水ポンプ 運転ケース 3-2	0台	-	A	第2-9表(1)	第2-9表(4)	
	0台	0台	B	第2-9表(2)	第2-9表(5)	
	0台	5台	C	第2-9表(3)	第2-9表(6)	

-: 海水ポンプ (非常用系) の配管が A 水路には接続されていない。

島根原子力発電所 2号炉

表 6-2 水位上昇側の評価結果 (放水施設)

波源	防波堤有無	貝付着有無	ポンプ 運転 状況	入力津波高さ EL (m) *							
				1号炉 放水槽	1号炉 冷却水 排水槽	1号炉 マンホ ール	1号炉 放水接 合槽	2号炉 放水槽	2号炉 放水接 合槽	3号炉 放水槽	3号炉 放水接 合槽
日本海東縁部	基準津波 1	あり	運転	-	-	-	-	+7.0	+5.9	+6.9	+6.2
			停止	+4.3	+4.5	+4.2	+3.4	+7.2	+5.6	+6.5	+5.8
			無し	運転	-	-	-	+7.0	+5.9	+6.9	+6.2
		無し	停止	+4.8	+4.7	+4.8	+3.5	+7.9	+5.7	+6.8	+6.2
			あり	運転	-	-	-	+6.4	+6.0	+6.5	+5.8
			停止	+4.4	+4.2	+3.9	+3.4	+7.1	+6.1	+6.4	+5.9
	基準津波 2	あり	運転	-	-	-	+6.2	+5.9	+6.6	+6.3	
			停止	+4.0	+3.9	+3.6	+3.4	+7.8	+5.1	+6.8	+6.2
			無し	運転	-	-	-	+6.3	+4.2	+4.5	+4.4
		無し	停止	+3.3	+3.3	+3.2	+3.0	+5.3	+3.7	+5.0	+4.7
			あり	運転	-	-	-	+6.3	+4.0	+4.5	+4.2
			停止	+3.4	+3.4	+3.3	+3.2	+5.5	+3.9	+5.0	+4.5
	基準津波 5	あり	運転	-	-	-	+5.8	+4.5	+6.5	+5.9	
			停止	+2.7	+2.7	+2.5	+2.3	+4.8	+5.1	+7.0	+6.3
			無し	運転	-	-	-	+5.9	+4.1	+6.8	+6.3
		無し	停止	+2.8	+2.8	+2.5	+2.4	+5.5	+4.6	+7.3	+6.5
			あり	運転	-	-	-	+4.1	+2.8	+3.1	+2.9
			停止	+1.9	+1.8	+1.8	+1.8	+3.2	+2.5	+3.1	+3.2
海城活断層	基準津波 4	無し	運転	-	-	-	+3.5	+2.7	+2.8	+2.6	
		停止	+1.9	+1.9	+1.8	+1.8	+3.7	+2.4	+3.3	+3.5	
		あり	運転	-	-	-	+4.2	+2.8	+3.1	+2.9	
	無し	停止	+2.0	+1.9	+1.8	+1.8	+3.3	+1.8	+2.8	+2.5	
		あり	運転	-	-	-	+3.5	+2.6	+2.8	+2.6	
		停止	+2.1	+1.9	+1.8	+1.9	+3.7	+1.8	+3.3	+2.8	
海城活断層 土庫側最大ケース	あり	運転	-	-	-	+4.0	+2.7	+3.0	+2.7		
		停止	+1.8	+1.7	+1.6	+1.6	+2.7	+2.1	+2.6	+2.7	
		無し	運転	-	-	-	+3.3	+2.5	+2.7	+2.5	
	無し	停止	+1.8	+1.7	+1.7	+1.6	+3.0	+2.1	+2.8	+2.9	
		あり	運転	-	-	-	+4.0	+2.7	+3.0	+2.7	
		停止	+1.8	+1.7	+1.7	+1.7	+2.9	+1.6	+2.8	+2.4	
無し	運転	-	-	-	-	+3.4	+2.5	+2.7	+2.5		
	停止	+1.8	+1.7	+1.7	+1.7	+3.1	+1.6	+3.1	+2.5		

※下線を引いた箇所が最大ケース。

備考

添付第6-5表(3) 取水路管路解析における計算結果  
(7号炉 水位上昇側)

スクリーン	目代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)						
			取水口 前面	補機 取水槽 (A系)	補機 取水槽 (B系北)	補機 取水槽 (B系南) TSF	補機 取水槽 (B系南) RSF	補機 取水槽 (C系)	
基準津波1	あり	あり	+6.3	+6.9	+6.5	+6.5	+6.5	+7.1	
		なし	+6.3	+7.1	+6.6	+6.7	+6.7	+7.1	
	なし	あり	+6.3	+6.5	+6.5	+6.5	+6.5	+6.7	
		なし	+5.3	+6.7	+6.6	+6.6	+6.6	+6.7	
	なし	あり	あり	+6.3	+7.0	+6.6	+6.5	+6.5	+7.1
			なし	+6.3	+7.2	+6.6	+6.7	+6.7	+7.1
		なし	あり	+6.3	+6.6	+6.6	+6.6	+6.6	+6.7
			なし	+6.3	+6.8	+6.6	+6.7	+6.7	+6.7

添付第6-5表(4) 取水路管路解析における計算結果  
(7号炉 水位下降側)

スクリーン	目代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)						
			取水口 前面	補機 取水槽 (A系)	補機 取水槽 (B系北)	補機 取水槽 (B系南) TSF	補機 取水槽 (B系南) RSF	補機 取水槽 (C系)	
基準津波2	あり	あり	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6	
		なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6	
	なし	あり	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6	
		なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.6	
	なし	あり	あり	-3.5	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7
			なし	-3.5	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7
		なし	あり	-3.5	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7
			なし	-3.5	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7

第2-3表(1) 放水路の損失水頭表  
(水路A, 貝付着あり, 流量0(m³/hr), 順流側)

場所	流量 (m³/s)	種類	係数		断面積 (m²)	損失水頭 (m)	モデル化
水路A	0.00	流入	F	0.500	10.773	0.00000	節点2
	0.00	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/2</sup> ・g)	0.020	10.773	0.00000	管路1
			長さ(m)	35.685			
			径深(m)	0.853			
	0.00	屈折	F	0.007	10.773	0.00000	節点3
	0.00	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/2</sup> ・g)	0.020	10.773	0.00000	管路2
			長さ(m)	19.511			
			径深(m)	0.853			
	0.00	流出	F	1.000	10.773	0.00000	節点4
	合計						0.00000

(以下, 第2-3表(2)~第2-9表(6) 省略)

表7 水位下降側の評価結果(2号炉取水施設)

波源	防波堤 有無	貝付着 有無	ポンプ 運転 状況	入力津波高さ EL (m) *
				2号炉 取水槽
日本海東縁部	基準津波1	有り	有り	運転 -6.8
			停止	-5.8
		無し	有り	運転 -6.5
			停止	-5.8
		無し	有り	運転 -8.2
			停止	-5.9
	無し		運転 -8.0	
	停止		-5.9	
	基準津波3	有り	有り	運転 -6.5
			停止	-5.6
		無し	有り	運転 -6.5
			停止	-5.7
基準津波6	有り	有り	運転 -8.4	
		停止	-6.0	
	無し	有り	運転 -8.3	
		停止	-6.1	
海域活断層	基準津波4	有り	有り	運転 -6.1
			停止	-4.8
		無し	有り	運転 -6.1
			停止	-5.0
		無し	有り	運転 -6.4
			停止	-5.0
	無し		運転 -6.5	
	停止		-5.1	
	海域活断層 上昇側で 最大となる ケース	有り	有り	運転 -5.1
			停止	-4.4
		無し	有り	運転 -5.2
			停止	-4.5
有り		有り	運転 -5.5	
		停止	-4.6	
無し	有り	運転 -5.6		
	停止	-4.7		

※下線を引いた箇所が最大ケース。

添付第 6-5 表 (5) 取水路管路解析における計算結果  
(5号炉 水位上昇側)

	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)		
				取水口 前面	補機取水槽 (A系)	補機取水槽 (B系)
基準津波1	あり	あり	あり	+6.3	+6.2	+6.3
			なし	+6.3	+6.4	+6.4
		なし	あり	+6.3	+6.2	+6.3
			なし	+6.3	+6.4	+6.4
	なし	あり	あり	+6.3	+6.2	+6.3
			なし	+6.3	+6.4	+6.4
		なし	あり	+6.3	+6.2	+6.3
			なし	+6.3	+6.4	+6.4

添付第 6-5 表 (6) 取水路管路解析における計算結果  
(5号炉 水位下降側)

	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)		
				取水口 前面	補機取水槽 (A系)	補機取水槽 (B系)
基準津波2	あり	あり	あり	-3.0	-3.3	-3.3
			なし	-3.0	-3.2	-3.2
		なし	あり	-3.0	-3.3	-3.3
			なし	-3.0	-3.2	-3.2
	なし	あり	あり	-3.0	-3.3	-3.3
			なし	-3.0	-3.2	-3.2
		なし	あり	-3.0	-3.3	-3.3
			なし	-3.0	-3.2	-3.2

3. SA用海水ピット取水塔～SA用海水ピット～緊急用海水ポンプピット

東海第二発電所の緊急用海水系は、SA用海水ピット取水塔からSA用海水ピットを経て、緊急用海水ポンプピットに至る。第3-1 図に緊急用海水系の平面図及び断面図、第3-2 図に緊急用海水系の管路解析モデルを示す。

本解析では外海、SA用海水ピット取水塔、SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットを池でモデル化し、管路モデルや節点で結んでいる。損失水頭のうち管路内の摩擦は各管路モデルで、それ以外の損失は各節点で表現するようにモデル化した。第3-1 表～第3-3 表及び第3-3 図～第3-5 図に解析に用いた各損失を示す。第3-4 表、第3-5 表に計算毎の具体的な損失水頭を整理した。なお、解析には解析コード「SURGE」を使用した。

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)

添付第6-6表(1) 放水路管路解析における計算結果(6号炉)

	貝代	ポンプ 稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			放水口 前面	補機放水庭 (南)	補機放水庭 (北)	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準 津波 1	あり	あり	+6.4	-	-	+8.3	+8.4	+8.4
		なし	+6.4	-	-	+8.4	+8.6	+8.5
	なし	あり	+6.4	-	-	+8.5	+8.6	+8.6
		なし	+6.4	-	-	+8.5	+8.8	+8.7

- : 津波による水位変動の影響がないことを示す

添付第6-6表(2) 放水路管路解析における計算結果(7号炉)

	貝代	ポンプ 稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			放水口 前面	補機放水庭 (南)	補機放水庭 (北)	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準 津波 1	あり	あり	+6.4	-	+9.9	+9.0	+9.0	+9.0
		なし	+6.4	-	+8.5	+8.8	+8.8	+8.8
	なし	あり	+6.4	-	+9.9	+9.2	+9.2	+9.2
		なし	+6.4	-	+8.7	+8.9	+8.9	+8.9

- : 津波による水位変動の影響がないことを示す

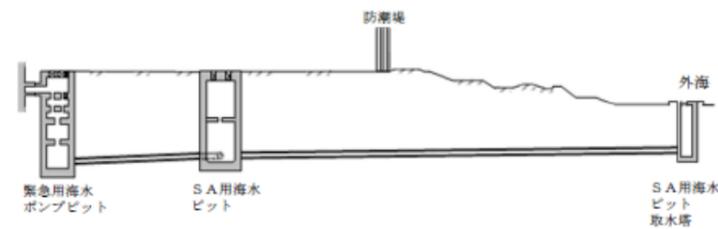
添付第6-6表(3) 放水路管路解析における計算結果(5号炉)

	貝代	ポンプ 稼働	水位 T.M.S.L. (m)			
			放水口 前面	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準 津波 1	あり	あり	+6.4	+7.4	+7.2	+7.2
		なし	+6.4	+7.0	+7.0	+7.1
	なし	あり	+6.4	+7.3	+7.2	+7.2
		なし	+6.4	+7.3	+7.2	+7.3

東海第二発電所 (2018.9.12版)



第3-1 図(1) 緊急用海水系の平面図



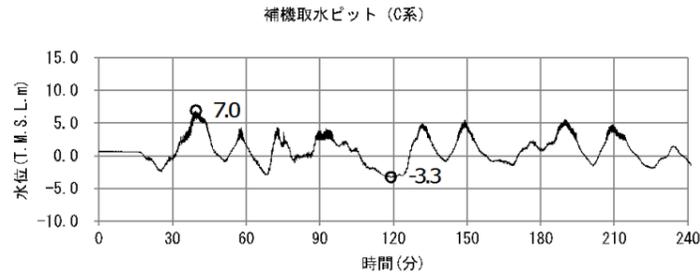
第3-1 図(2) 緊急用海水系の断面図

(SA用海水ピット取水塔～SA用海水ピット～緊急用海水ポンプピット)

島根原子力発電所 2号炉

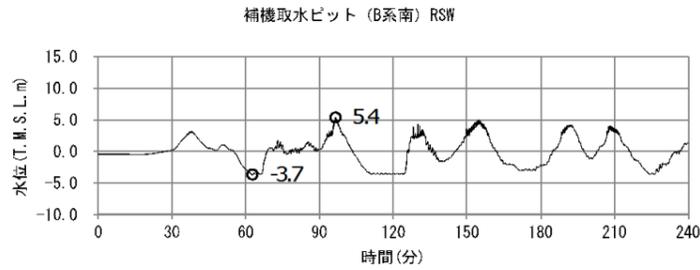
備考

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)



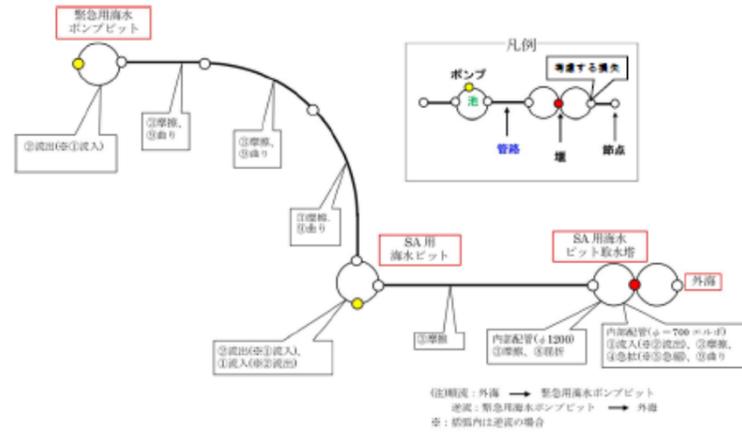
最大ケース：C系

添付第 6-4 図 (1) 時刻歴波形 (6号炉 水位上昇側)



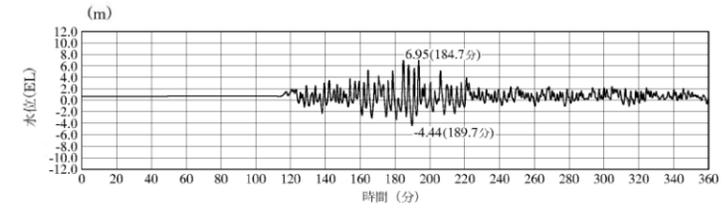
最小ケース：B系南

東海第二発電所 (2018.9.12版)

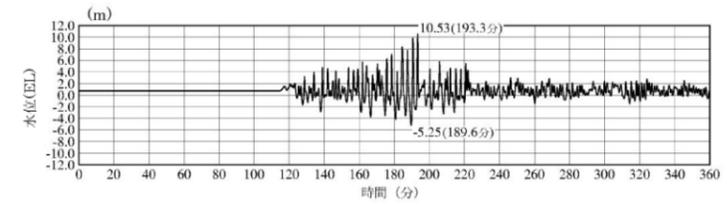


第3-2 図(1) 緊急用海水系の管路解析モデル (1/2)

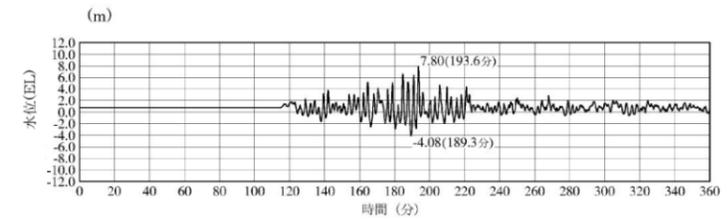
島根原子力発電所 2号炉



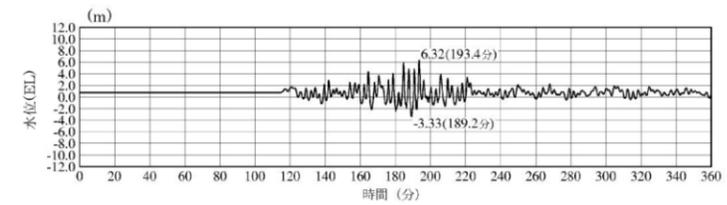
1号炉取水槽最大ケース



2号炉取水槽最大ケース



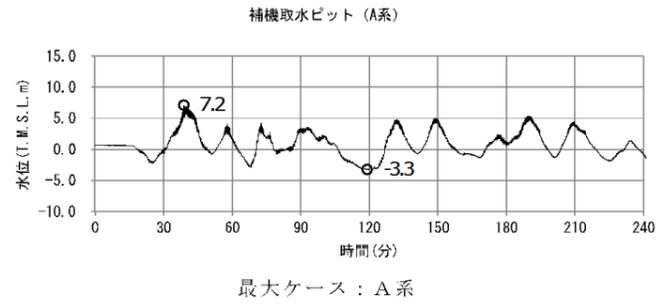
3号炉取水槽最大ケース



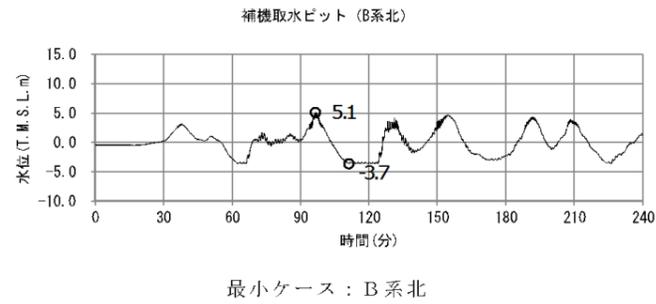
3号炉取水路点検口最大ケース

図11-1 水位上昇側の時刻歴波形 日本海東縁部 (1/3)

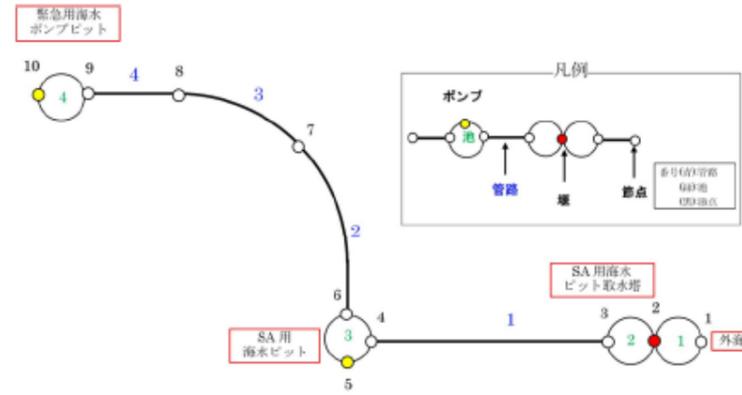
備考



添付第 6-4 図 (3) 時刻歴波形 (7号炉 水位上昇側)



添付第 6-4 図 (4) 時刻歴波形 (7号炉 水位下降側)



管路長さ一覧

管路 No.	管路長さ	管路 No.	管路長さ
1	157.557m	2	76.904m
3	58.111m	4	35.908m

第3-2 図(2) 緊急用海水系の管路解析モデル(管路, 節点番号) (2 / 2)

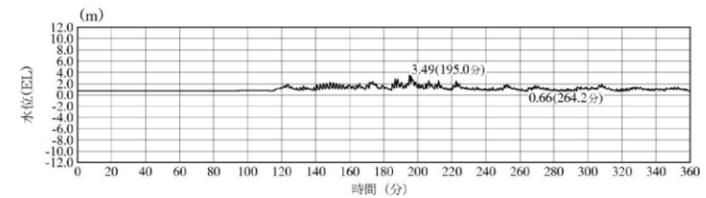
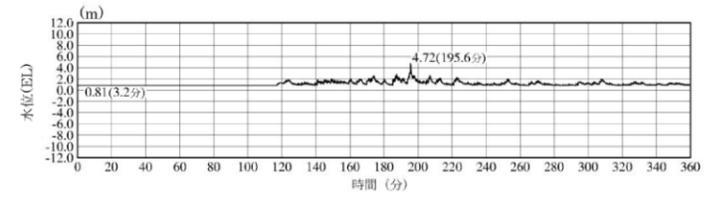
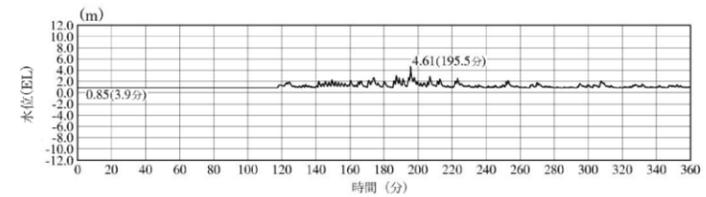
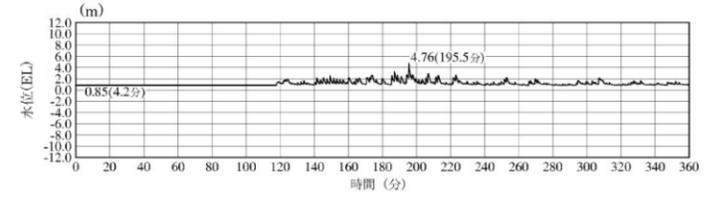
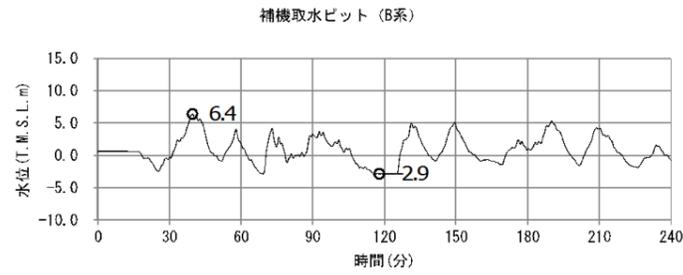
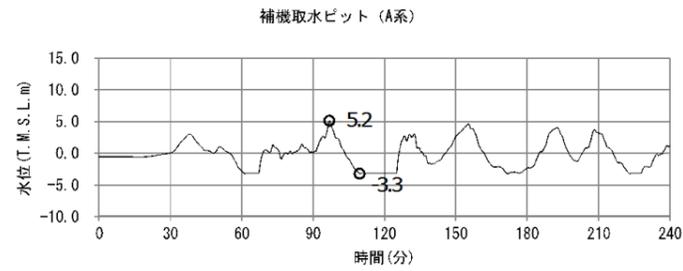


図11-2 水位上昇側の時刻歴波形 日本海東縁部 (2 / 3)



最大ケース：B系

添付第 6-4 図 (5) 時刻歴波形 (5号炉 水位上昇側)



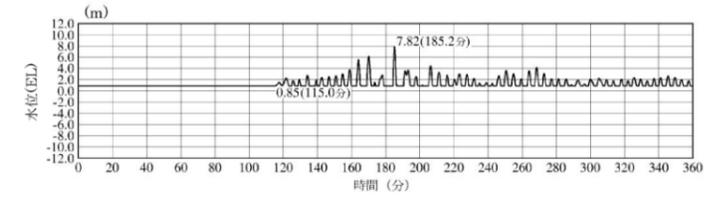
最小ケース：A系

添付第 6-4 図 (6) 時刻歴波形 (5号炉 水位下降側)

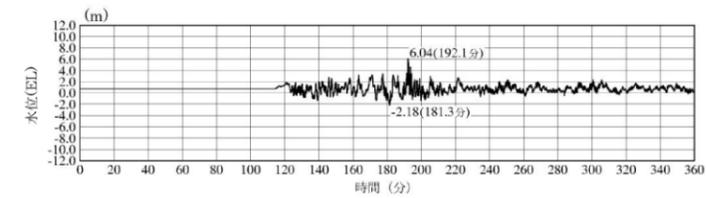
第3-1 表 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
①流入損失	$h_i = f_i \frac{V^2}{2g}$	$h_i$ : 流入による損失水頭 (m) [第 3-3 図 角雄] $f_i$ : 流入損失係数 (0.03) $V$ : 管内流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 374-375
②流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	$h_o$ : 流出による損失水頭 (m) $V$ : 管内流速 (m/s) $f_o$ : 流出損失係数 (1.0)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 375
③摩擦損失	$h_f = n^2 V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	$V$ : 平均流速 (m/s) $L$ : 水路の長さ (m) $R$ : 水路の径深 (m) $n$ : 粗度係数 ( $m^{-1/2} \cdot s$ ) [第 3-2 表]	火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 788, p. 829
④急拡大損失	$h_{e1} = f_{e1} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{e1} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	$f_{e1}$ : 急拡大損失係数 $A_1$ : 急拡大前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 急拡大後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 829
⑤急縮小損失	$h_{e2} = f_{e2} \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{e2}$ : 急縮小損失係数 (管路断面積による値 [第 3-3 表]) $V_2$ : 急縮小後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 829-830
⑥漸拡大損失	$h_{e3} = f_{e3} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$	$f_{e3}$ : 漸拡大損失係数 (管路断面積による値 [第 3-4 図]) $V_1$ : 漸拡大前の平均流速 (m/s) $A_1$ : 漸拡大前の管断面積 ( $m^2$ ) $A_2$ : 漸拡大後の管断面積 ( $m^2$ )	火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830
⑦漸縮小損失	$h_{e4} = f_{e4} \frac{V_2^2}{2g}$	$f_{e4}$ : 漸縮小損失係数 (管路断面積による値 [第 3-5 図]) $V_2$ : 漸縮小後の平均流速 (m/s)	火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 830-831
⑧屈折損失	$h_{b1} = f_{b1} \frac{V^2}{2g}$ $f_{b1} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$	$h_{b1}$ : 合流前後の本管動水位 (m) $V$ : 管内平均流速 (m/s) $f_{b1}$ : 屈折損失係数 $\theta$ : 屈折角	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 376-377
⑨曲り損失	$h_{c1} = f_{c1} f_{c2} \frac{V^2}{2g}$	$f_{c1}$ : 曲りの曲率半径 $\rho$ と管径 $D$ との比より決まる損失係数 $f_{c2}$ : 任意の曲り中心角 $\theta$ , 中心角 $90^\circ$ の場合の損失比 $V$ : 管内平均流速 (m/s)	土木学会水理公式集 (平成 11 年版) p. 378

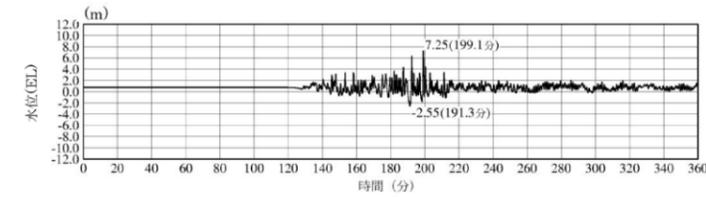
※引用文献を以下に示す。  
 ・土木学会 (1999): 土木学会水理公式集 (平成 11 年版)  
 ・電力土木技術協会 (1995): 火力原子力発電所土木構造物の設計



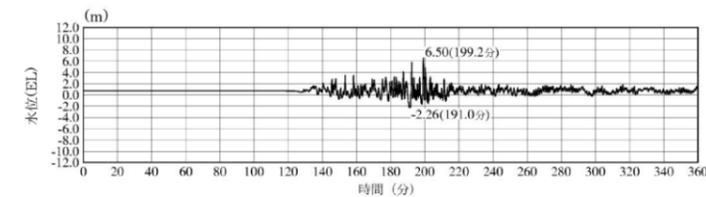
2号炉放水水槽最大ケース



2号炉放水接合槽最大ケース

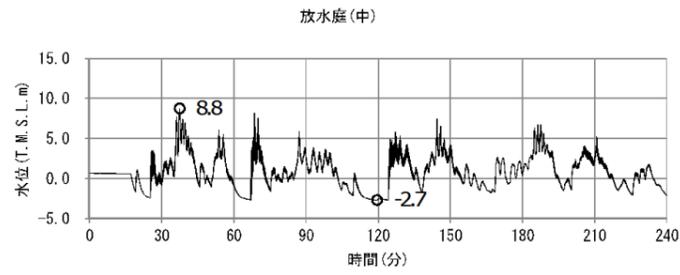


3号炉放水水槽最大ケース



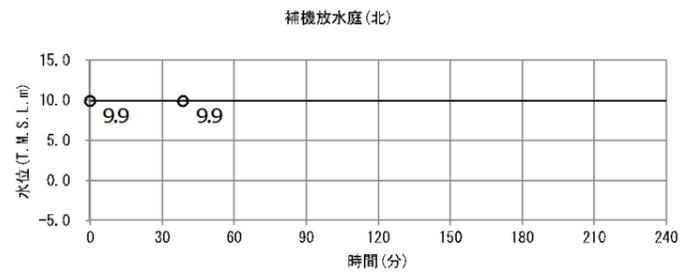
3号炉放水接合槽最大ケース

図11-3 水位上昇側の時刻歴波形 日本海東縁部 (3/3)



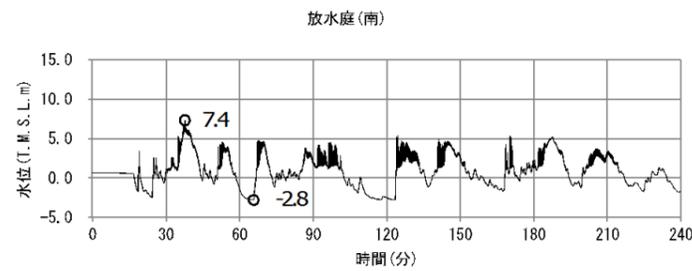
最大ケース：放水庭(中)

添付第 6-5 図 (1) 放水路時刻歴波形 (6号炉)



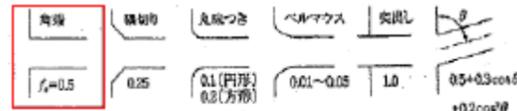
最大ケース：補機放水庭(北)

添付第 6-5 図 (2) 放水路時刻歴波形 (7号炉)



最大ケース：放水庭(南)

添付第 6-5 図 (3) 放水路時刻歴波形 (5号炉)



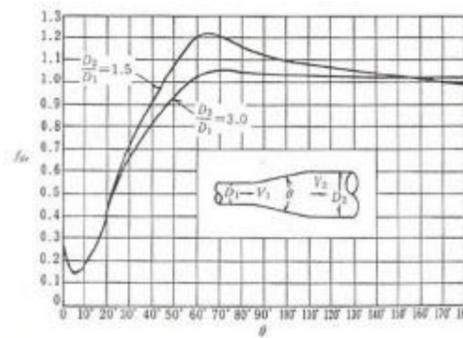
第3-3 図 入口形状と損失係数  
(土木学会水理公式集(平成11年版) p.375)

第3-2 表 貝等の付着代と粗度係数  
(火力原子力発電所土木構造物の設計 p.788 より抜粋)

	貝付着なし	貝付着あり
貝付着厚	0 [cm]	10 [cm]
粗度係数	0.015 [m <sup>-1/3</sup> ・s]	0.020[m <sup>-1/3</sup> ・s]

第3-3 表 急縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830)

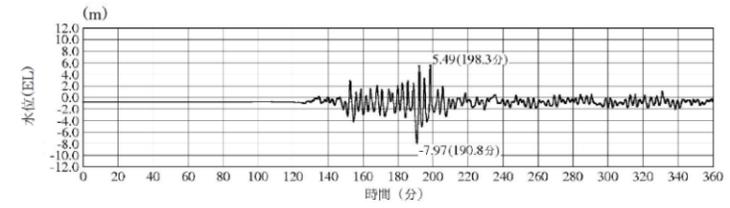
D <sub>2</sub> /D <sub>1</sub>	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f <sub>ss</sub>	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0



第3-4 図 漸拡損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p.830)

D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>: 漸拡前後の管径 (m), V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>: 漸拡前後の平均流速 (m/s), θ: 漸拡部の開き

(※本施設では矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>を算出した。)

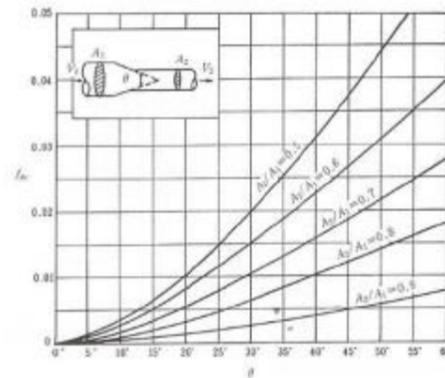


※最大水位下降量-7.97m-地盤変動量 0.34m≒EL-8.4m

2号炉取水槽(入力津波6 防波堤無し)※下降側

2号炉取水槽最大ケース

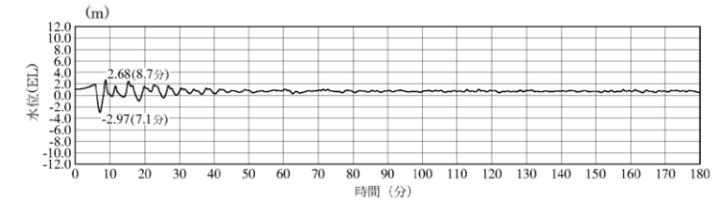
図12 水位下降側の時刻歴波形 日本海東縁部



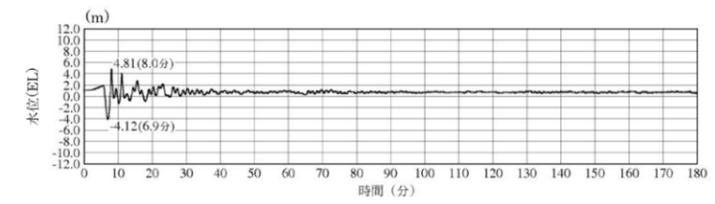
第3-5 図 漸縮損失係数(火力原子力発電所土木構造物の設計 p. 831)

$D_1, D_2$ : 漸縮前後の管径 (m),  $V_1, V_2$ : 漸縮前後の平均流速 (m/s),  $\theta$ : 漸縮部の開き

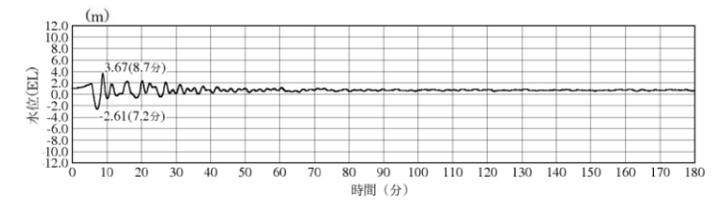
(※本施設では矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して、半径 $D_1, D_2$ を算出した。)



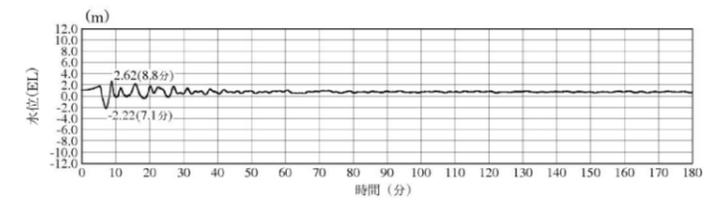
1号炉取水槽最大ケース



2号炉取水槽最大ケース



3号炉取水槽最大ケース



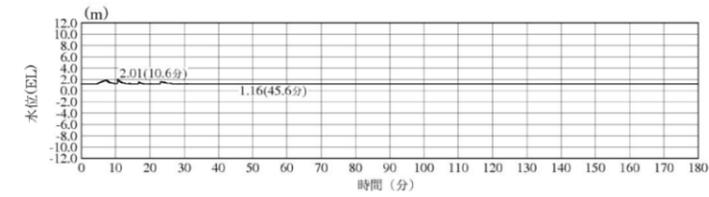
3号炉取水路点検口最大ケース

図13-1 水位上昇側の時刻歴波形 海域活断層 (1 / 3)

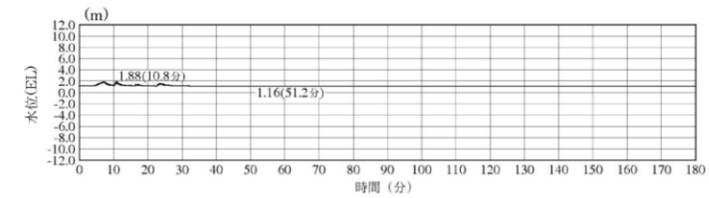
第3-4表(1) 緊急用海水系の損失水頭表 (貝付着なし, 順流)

場所	流量 (m <sup>3</sup> /s)	種類	係数		断面積 (m <sup>2</sup> )	損失水頭 (m)	モデル化
			F				
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ700エルボ)	0.000	流入	F	0.500	0.385	0.00000	節点3
			摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)			
			長さ(m)	1.117			
			径深(m)	0.175			
		曲り	F <sub>sl</sub>	0.286	0.385	0.00000	節点3
	F <sub>sw</sub>	1.000					
	急拡	F	0.435	0.385	0.00000	節点3	
SA用海水ピット取水塔 (内部配管φ1200)	0.000	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00000	節点3
			長さ(m)	12.205			
			径深(m)	0.300			
	屈折	F	0.986	1.131	0.00000	節点3	
管路1(φ1200)	0.000	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00000	管路1
			長さ(m)	157.557			
			径深(m)	0.300			
SA用海水ピット	0.000	流出	F	1.000	1.131	0.00000	節点4
	0.000	流入	F	0.500	1.131	0.00000	節点6
管路2,3,4(φ1200)	0.000	摩擦	粗度係数 (m <sup>-1/3</sup> ・s)	0.015	1.131	0.00000	管路2,3,4
			長さ(m)	170.923			
			径深(m)	0.300			
		曲り	F <sub>sl</sub>	0.131	1.131	0.00000	節点7
	F <sub>sw</sub>	0.931					
緊急用海水ポンプピット	0.000	流出	F	1.000	1.131	0.00000	節点9
合計						0.00000	

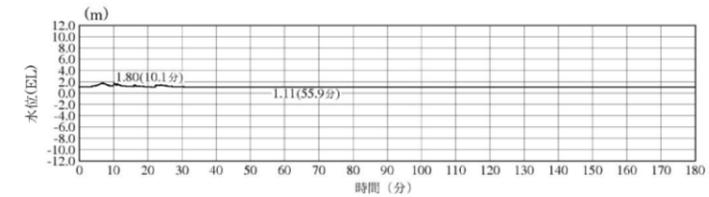
(以下, 第3-4表(2)~第3-5表(2) 省略)



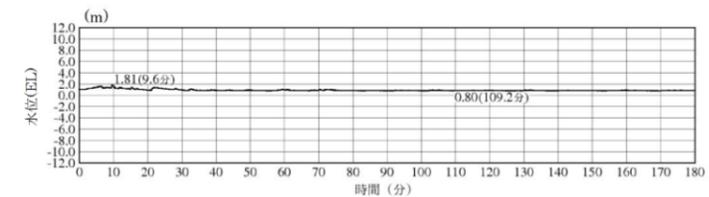
1号炉放水槽最大ケース



1号炉冷却水排水槽最大ケース

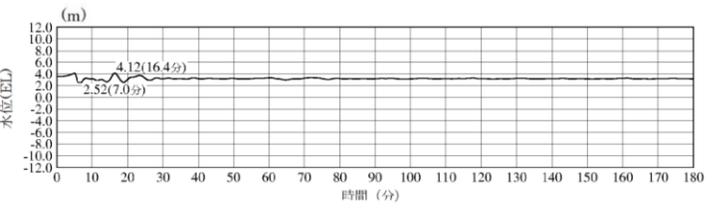
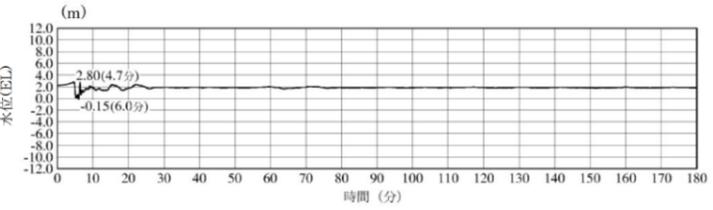
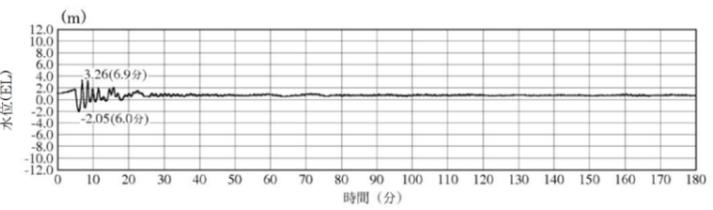
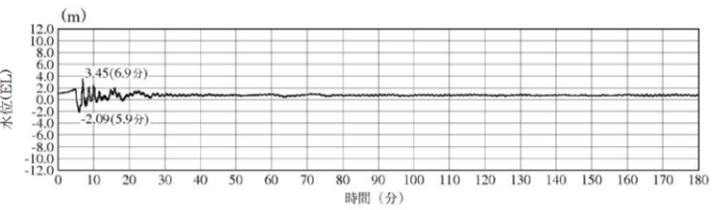


1号炉マンホール最大ケース



1号炉放水接合槽最大ケース

図13-2 水位上昇側の時刻歴波形 海域活断層 (2 / 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
		 <p>2号炉放水槽最大ケース</p>  <p>2号炉放水接合槽最大ケース</p>  <p>3号炉放水槽最大ケース</p>  <p>3号炉放水接合槽最大ケース</p> <p>図13-3 水位上昇側の時刻歴波形 海域活断層 (3 / 3)</p>	

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
		<p>※最大水位下降量-6.08m—地盤変動量0.34m⇨EL-6.5m  2号炉取水槽（入力津波4 防波堤無し）※下降側  2号炉取水槽最大ケース</p> <p>図14 水位下降側の時刻歴波形 海域活断層</p>	

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
<p>6.3 防波堤の損傷を考慮した影響評価</p> <p><u>管路解析に関わる影響評価として、防波堤が地震により損傷する場合を保守的に想定し、その際に生じる水位に対する外郭防護の成立性の確認を行った。</u></p> <p><u>具体的には、各補機取水槽及び放水庭の<input/>入力津波に対し、防波堤がない条件における<input/>遡上解析により評価した取水口及び放水口前面の水位を<input/>入力波形として改めて管路解析を実施することにより、防波堤が損傷した場合を模擬した各所の水位を算定した。取水路における<input/>取水路奥の各冷却海水ポンプ位置（補機取水槽）の最高水位をまとめた結果を添付第6-7表に、放水路における<input/>放水庭の最高水位をまとめた結果を添付第6-8表に示す。また、それらの詳細な結果について、それぞれ添付第6-9表、添付第6-10表に示す。また時刻歴波形をそれぞれ添付第6-6図、添付第6-7図に示す。</u></p> <p><u>その上で、この水位と外郭防護における許容津波高さとの比較を行うことにより、外郭防護の成立性の確認を行った。取水路（補機取水槽）、放水路（放水庭）に対する確認結果をそれぞれ添付第6-11表、添付第6-12表に示す。</u></p> <p><u>以上より、防波堤が地震により損傷した場合においても、外郭防護の成立性に影響のないことを確認した。</u></p>			<p>・記載方法の相違</p> <p><b>【柏崎6/7】</b></p> <p>島根2号炉は防波堤有無の検討をまとめて実施。（評価結果にまとめて記載している。）</p>

添付第 6-7 表 補機取水槽における最大ケース

炉号	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)						
				取水口前面	補機取水槽 (A系)	補機取水槽 (B系北)	補機取水槽 (B系南) TSF	補機取水槽 (B系南) RSF	補機取水槽 (C系)	
基準津波1	6号炉	なし	なし	あり	+7.5	+8.3	+8.1	+8.2	+8.1	+8.4
	7号炉	なし	なし	なし	+7.2	+8.3	+7.6	+7.6	+7.6	+8.1
	5号炉	なし	なし	なし	+7.4	+7.7	+7.7			-
基準津波2	6号炉	なし	なし	あり	-3.5	-3.8	-4.0	-3.9	-4.0	-3.8
	7号炉	なし	あり	あり	-3.5	-4.0	-4.3	-4.1	-4.1	-3.9

添付第 6-8 表 放水庭における最大ケース

炉号	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)						
			放水口前面	補機放水庭 (南)	補機放水庭 (北)	放水庭 (南)	放水庭 (中)	放水庭 (北)	
基準津波1	6号炉	なし	なし	+7.0	-	-	+8.3	+8.4	+8.2
	7号炉	なし	あり	+7.0	-	+10.3	+9.8	+9.8	+9.9
	5号炉	なし	なし	+7.0			+8.3	+8.2	+8.3

- : 津波による水位変動の影響がないことを示す

添付第 6-9 表 (1) 取水路管路解析における計算結果  
(6号炉 水位上昇側)

スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			取水口 前面	補機 取水槽 (A系)	補機 取水槽 (B系北)	補機 取水槽 (B系南) TSW	補機 取水槽 (B系南) RSW	補機 取水槽 (C系)
基準建設1	あり	あり	+7.5	+8.0	+8.0	+8.1	+8.1	+8.1
		なし	+7.5	+8.1	+8.3	+8.2	+8.2	+8.1
		あり	+7.5	+8.1	+8.0	+8.1	+8.1	+8.1
		なし	+7.5	+8.1	+8.3	+8.2	+8.2	+8.1
	なし	あり	+7.5	+8.2	+8.0	+8.1	+8.1	+8.4
		なし	+7.5	+8.3	+8.3	+8.2	+8.2	+8.3
		あり	+7.5	+8.3	+8.1	+8.2	+8.1	+8.4
		なし	+7.5	+8.3	+8.3	+8.3	+8.3	+8.4

添付第 6-9 表 (2) 取水路管路解析における計算結果  
(6号炉 水位下降側)

スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			取水口 前面	補機 取水槽 (A系)	補機 取水槽 (B系北)	補機 取水槽 (B系南) TSW	補機 取水槽 (D系南) RSW	補機 取水槽 (C系)
基準建設2	あり	あり	-3.5	-3.7	-3.8	-3.8	-3.8	-3.7
		なし	-3.5	-3.7	-3.8	-3.8	-3.8	-3.7
		あり	-3.5	-3.7	-3.8	-3.8	-3.8	-3.7
		なし	-3.5	-3.7	-3.8	-3.8	-3.8	-3.7
	なし	あり	-3.5	-3.8	-1.0	-3.9	-3.9	-3.8
		なし	-3.5	-3.8	-3.9	-3.9	-3.9	-3.8
		あり	-3.5	-3.8	-4.0	-3.9	-4.0	-3.8
		なし	-3.5	-3.8	-3.9	-3.9	-3.9	-3.8

添付第6-9表(3) 取水路管路解析における計算結果  
(7号炉 水位上昇側)

スクリーン	貝代	ポンプ 稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			取水口 前面	補機 取水槽 (A系)	補機 取水槽 (B系北)	補機 取水槽 (B系南) TSW	補機 取水槽 (B系南) RSW	補機 取水槽 (C系)
基準 津波1	あり	あり	+7.2	+8.0	+7.5	+7.3	+7.3	+8.1
		なし	+7.2	+8.1	+7.6	+7.1	+7.1	+8.1
		あり	+7.2	+8.0	+7.3	+7.4	+7.4	+8.0
		なし	+7.2	+8.2	+7.5	+7.6	+7.6	+8.0
	なし	あり	+7.2	+8.1	+7.6	+7.4	+7.4	+8.2
		なし	+7.2	+8.2	+7.6	+7.5	+7.5	+8.2
		あり	+7.2	+8.1	+7.4	+7.4	+7.4	+8.1
		なし	+7.2	+8.3	+7.6	+7.6	+7.6	+8.1

添付第6-9表(4) 取水路管路解析における計算結果  
(7号炉 水位下降側)

スクリーン	貝代	ポンプ 稼働	水位 T.M.S.L. (m)					
			取水口 前面	補機 取水槽 (A系)	補機 取水槽 (B系北)	補機 取水槽 (B系南) TSW	補機 取水槽 (B系南) RSW	補機 取水槽 (C系)
基準 津波2	あり	あり	-3.5	-3.8	-4.0	-3.9	-3.9	-3.7
		なし	-3.5	-3.8	-3.9	-3.8	-3.8	-3.7
		あり	-3.5	-3.8	-3.9	-3.9	-3.9	-3.8
		なし	-3.5	-3.8	-3.9	-3.8	-3.8	-3.8
	なし	あり	-3.5	-4.0	-4.3	-4.1	-4.1	-3.9
		なし	-3.5	-3.9	-4.2	-4.0	-4.0	-3.9
		あり	-3.5	-3.9	-1.1	-1.0	-1.0	-3.9
		なし	-3.5	-3.9	-4.1	-4.0	-4.0	-3.9

添付第 6-9 表 (5) 取水路管路解析における計算結果  
(5号炉 水位上昇側)

	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)		
				取水口 前面	補機取水槽 (A系)	補機取水槽 (B系)
基準津波 1	あり	あり	あり	+7.4	+7.2	+7.4
			なし	+7.4	+7.7	+7.7
		なし	あり	+7.4	+7.2	+7.4
			なし	+7.4	+7.7	+7.7
	なし	あり	あり	+7.4	+7.3	+7.4
			なし	+7.4	+7.7	+7.7
		なし	あり	+7.4	+7.3	+7.4
			なし	+7.4	+7.7	+7.7

添付第 6-9 表 (6) 取水路管路解析における計算結果  
(5号炉 水位下降側)

	スクリーン	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L. (m)		
				取水口 前面	補機取水槽 (A系)	補機取水槽 (B系)
基準津波 2	あり	あり	あり	-3.0	-3.5	-3.5
			なし	-3.0	-3.5	-3.5
		なし	あり	-3.0	-3.5	-3.5
			なし	-3.0	-3.5	-3.5
	なし	あり	あり	-3.0	-3.5	-3.6
			なし	-3.0	-3.5	-3.5
		なし	あり	-3.0	-3.5	-3.6
			なし	-3.0	-3.5	-3.5

添付第6-10表(1) 放水路管路解析における計算結果(6号炉)

	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
			放水口前面	補機放水庭(南)	補機放水庭(北)	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準津波1	あり	あり	+7.0	-	-	+8.0	+8.0	+8.0
		なし	+7.0	-	-	+8.2	+8.3	+8.2
	なし	あり	+7.0	-	-	+8.1	+8.1	+8.0
		なし	+7.0	-	-	+8.3	+8.4	+8.2

- : 津波による水位変動の影響がないことを示す

添付第6-10表(2) 放水路管路解析における計算結果(7号炉)

	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)					
			放水口前面	補機放水庭(南)	補機放水庭(北)	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準津波1	あり	あり	+7.0	-	+10.2	+9.7	+9.7	+9.7
		なし	+7.0	-	+9.6	+9.5	+9.5	+9.5
	なし	あり	+7.0	-	+10.3	+9.8	+9.8	+9.9
		なし	+7.0	-	+9.7	+9.6	+9.6	+9.6

- : 津波による水位変動の影響がないことを示す

添付第6-10表(3) 放水路管路解析における計算結果(5号炉)

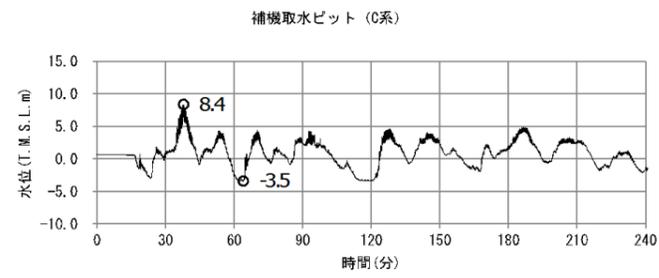
	貝代	ポンプ稼働	水位 T.M.S.L.(m)			
			放水口前面	放水庭(南)	放水庭(中)	放水庭(北)
基準津波1	あり	あり	+7.0	+7.7	+7.5	+7.5
		なし	+7.0	+8.2	+8.2	+8.3
	なし	あり	+7.0	+7.7	+7.5	+7.6
		なし	+7.0	+8.3	+8.2	+8.3

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)

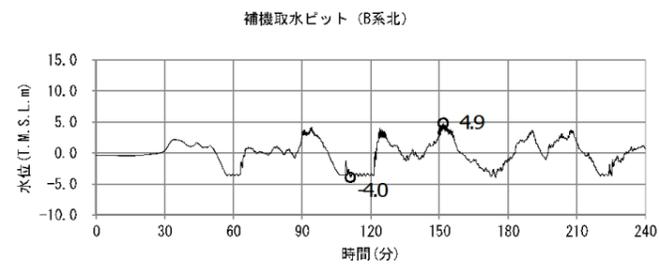
島根原子力発電所 2号炉

備考



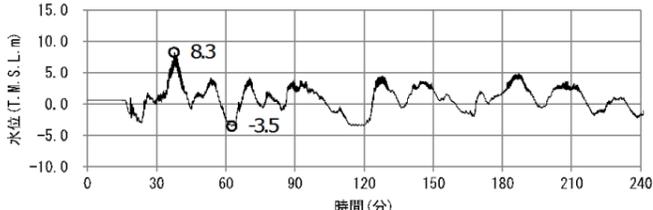
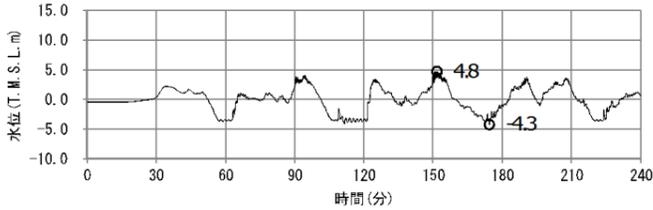
最大ケース : C系

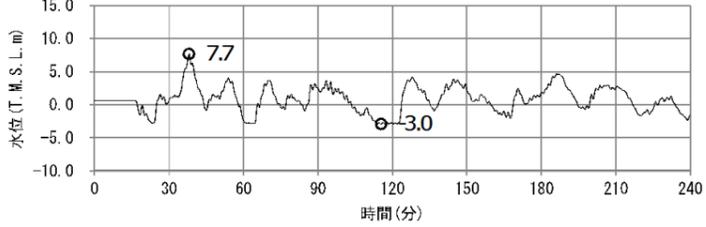
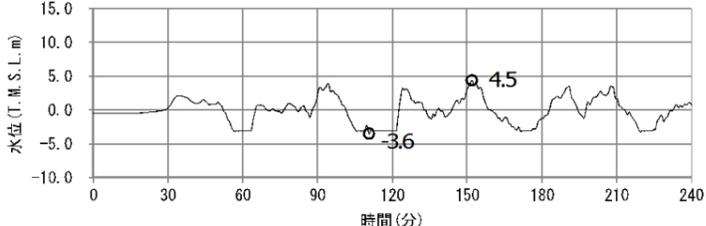
添付第 6-6 図 (1) 時刻歴波形 (6号炉 水位上昇側)



最小ケース : B系北

添付第 6-6 図 (2) 時刻歴波形 (6号炉 水位下降側)

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
<p data-bbox="427 304 587 325">補機取水ビット (A系)</p>  <p data-bbox="418 583 596 604">最大ケース：A系</p> <p data-bbox="201 655 854 676">添付第 6-6 図 (3) 時刻歴波形 (7号炉 水位上昇側)</p> <hr/> <p data-bbox="427 781 587 802">補機取水ビット (B系北)</p>  <p data-bbox="409 1060 605 1081">最小ケース：B系北</p> <p data-bbox="201 1131 854 1152">添付第 6-6 図 (4) 時刻歴波形 (7号炉 水位下降側)</p> <hr/>			

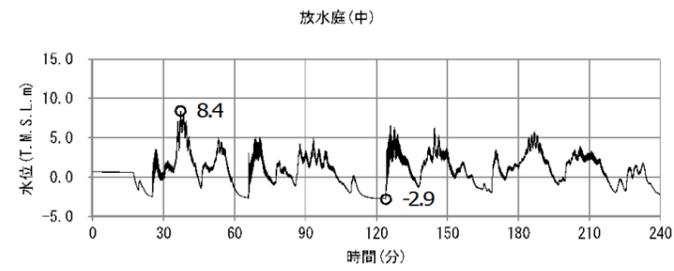
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p data-bbox="427 296 596 317">補機取水ピット (A系)</p>  <p data-bbox="418 596 617 617">最大ケース : A系</p> <p data-bbox="186 674 884 695">添付第 6-6 図 ( 5 ) 時刻歴波形 ( 5号炉 水位上昇側)</p> <hr/> <p data-bbox="427 814 596 835">補機取水ピット (B系)</p>  <p data-bbox="418 1136 617 1157">最小ケース : B系</p> <p data-bbox="186 1213 884 1234">添付第 6-6 図 ( 6 ) 時刻歴波形 ( 5号炉 水位下降側)</p>			

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)

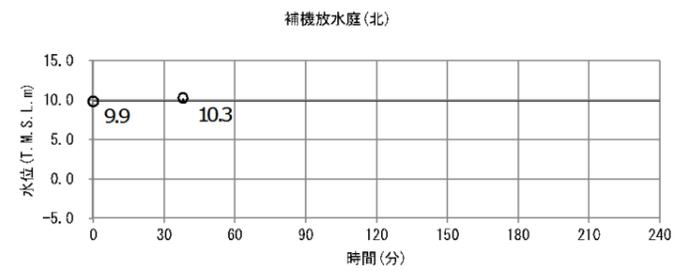
島根原子力発電所 2号炉

備考



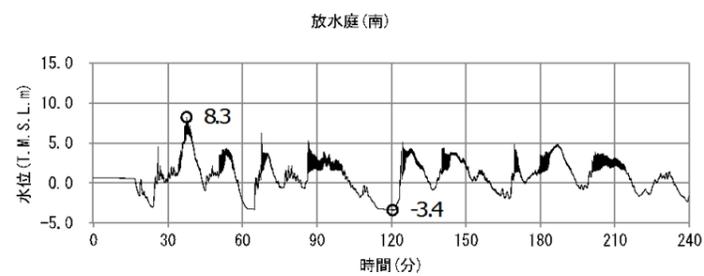
最大ケース：放水庭(中)

添付第6-7図(1) 放水路時刻歴波形(6号炉)



最大ケース：補機放水庭(北)

添付第6-7図(2) 放水路時刻歴波形(7号炉)



最大ケース：放水庭(南)

添付第6-7図(3) 放水路時刻歴波形(5号炉)

添付第6-11表 防波堤の損傷を考慮した管路解析の影響評価(取水路)

基準津波 名称	想定対象 とする 入力津波 の種類	防波堤 有無	水位 T.M.S.L. (m)					
			5号炉		6号炉		7号炉	
			取水口前面	取水口前面	補機取水槽	取水口前面	補機取水槽	
基準津波 1	放水路 水位上昇量	有り	+6.3	-6.4	+7.0	+6.3	+7.2	
		無し	+7.4	-7.5	+8.4	+7.2	+8.3	
影響評価			5号炉取水路に関わる最低許容津波高さ は T.M.S.L.+12.2m であり、 この程度の範囲 内であることを確認		6号炉取水路に関わる最低許 容津波高さは T.M.S.L.+12.2m でありこの程度の範囲 内であることを確認 ※補機取水槽点検口の許容 津波高さは T.M.S.L.+3.5m であるが取水槽閉止板を 設置しており津波への流 入はない		7号炉取水路に関わる最低 許容津波高さは T.M.S.L. 12.2m でありこの程度の範囲 内 ※補機取水槽点検口の許容 津波高さは T.M.S.L.+ 3.5m であるが取水槽閉 止板を設置しており津波 への流入はない	

※ハッチング部：影響評価ケース

添付第6-12表 防波堤の損傷を考慮した管路解析の影響評価(放水路)

基準津波 名称	想定対象 とする 入力津波 の種類	防波堤 有無	水位 T.M.S.L. (m)					
			5号炉		6号炉		7号炉	
			放水口前面	放水路	放水口前面	放水路	放水口前面	放水路
基準津波 1	放水路 水位上昇量	有り	+6.4	+7.4	+6.4	+8.8	+6.4	+9.9
		無し	+7.0	+8.3	+7.0	+8.4	+7.0	+10.3
影響評価			5号炉放水路に関わる 最低許容津波高さは T.M.S.L.+12.2m であり、 この程度の範囲内 であることを確認		6号炉放水路に関わる 最低許容津波高さは T.M.S.L.+12.2m であり、 この程度の範囲内 であることを確認		7号炉放水路に関わる最 低許容津波高さは T.M.S.L.+12.2m であり、 この程度の範囲内 であることを確認	

※ハッチング部：影響評価ケース

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
	<p style="text-align: right;">添付資料6</p> <p style="text-align: center;"><u>管路解析のパラメータスタディについて</u></p> <p>海洋から水路部（取水路，放水路，SA用海水ピットの海水引込み管及び緊急用海水取水管）を經由する各評価地点（取水ピット，放水路ゲート設置箇所，SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピット）までの水路について，水理特性を考慮した管路解析を実施した。管路解析において評価地点の水位に影響がある条件について，パラメータスタディを実施した結果を以下に示す。</p> <p>(1) 取水路管路解析</p> <p>基準津波による取水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧を第1表に，解析ケース毎の時刻歴波形を第2表及び第3表にそれぞれ示す。また，取水路の管路解析結果（下降側最低水位）一覧を第4表に，解析ケース毎の時刻歴波形を第5表及び第6表にそれぞれ示す。なお，下降側水位については非常用海水ポンプの取水性評価に用いることから，非常用海水ポンプが据え付けられている取水ピットに限定し，パラメータスタディを実施した。</p> <p>(2) 放水路管路解析</p> <p>基準津波による放水路の管路解析結果（上昇側最高水位）一覧を第7表に，解析ケース毎の時刻歴波形を第8表及び第9表にそれぞれ示す。</p> <p>(3) SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピット管路解析</p> <p>基準津波によるSA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析結果（上昇側最高水位）一覧を第10表に，解析ケース毎の時刻歴波形を第11表にそれぞれ示す。</p>		<p>・記載方法の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>柏崎6/7，島根2号炉は，管路計算の条件と結果をまとめて添付資料に記載。</p>

第1表 取水路の管路解析結果(上昇側最高水位)一覧(1/2)

解析ケース	パラメータ			取水ピット水位(T.P.m)					解析ケース毎の最高水位(T.P.m)	
	防波堤	スクリーン損失	異付着	非常用海水ポンプの取水	非常用海水ポンプ(南側)	非常用海水ポンプ(北側)	循環水ポンプ(南側)	循環水ポンプ(中央)		循環水ポンプ(北側)
①	あり	あり	あり	なし	+15.79	+15.79	+15.95	+16.04	+15.95	+16.04
②	あり	あり	あり	あり	+15.79	+15.79	+15.95	+16.04	+15.95	+16.04
③	あり	なし	あり	なし	+16.91	+16.91	+16.74	+16.56	+16.74	+16.91
④	あり	なし	あり	あり	+16.91	+16.91	+16.74	+16.57	+16.74	+16.91
⑤	あり	あり	なし	なし	+15.68	+15.68	+15.97	+16.09	+15.97	+16.09
⑥	あり	あり	なし	あり	+15.68	+15.68	+15.97	+16.09	+15.97	+16.09
⑦	あり	なし	なし	なし	+17.10	+17.10	+16.56	+16.46	+16.56	+17.10
⑧	あり	なし	なし	あり	+17.09	+17.09	+16.56	+16.46	+16.56	+17.09

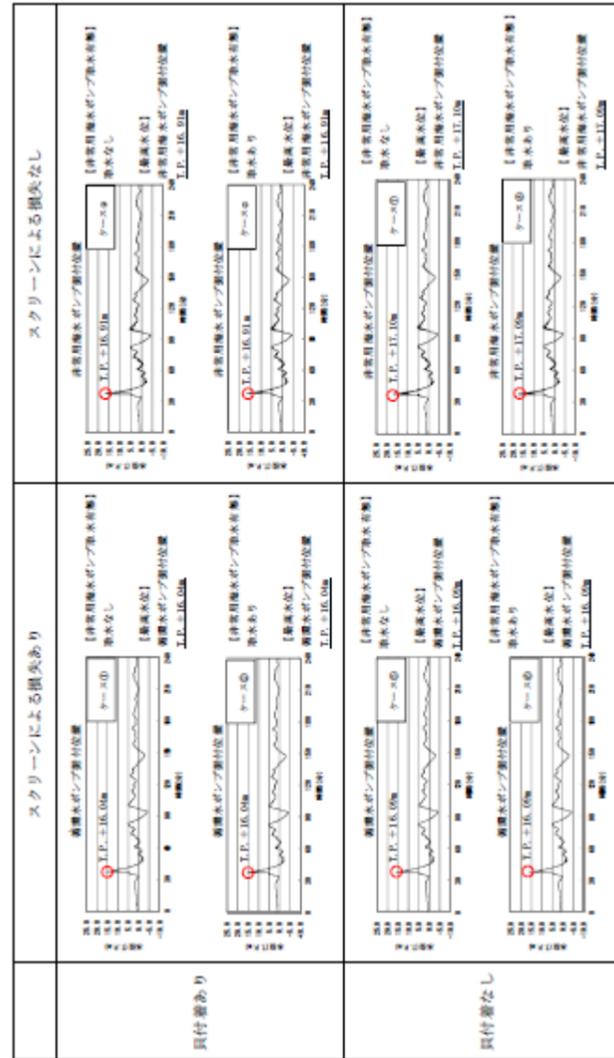
■：解析ケース毎の最高水位

第1表 取水路の管路解析結果(上昇側最高水位)一覧(2/2)

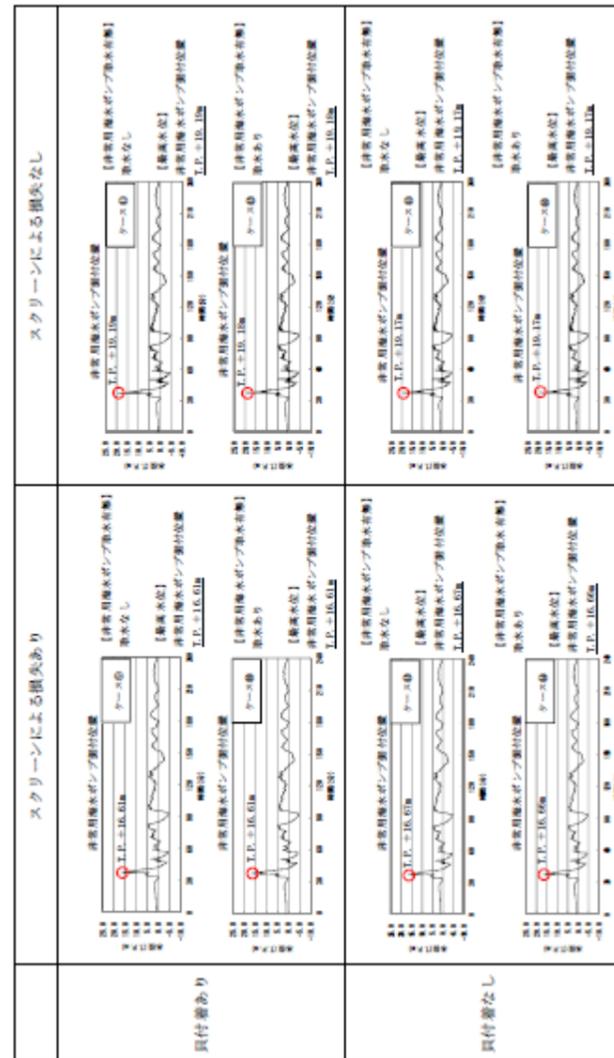
解析ケース	パラメータ			取水ピット水位(T.P.m)					解析ケース毎の最高水位(T.P.m)	
	防振壁	スクリーン損失	異付着	非常用海水ポンプの取込	非常用海水ポンプ(南側)	非常用海水ポンプ(北側)	循環水ポンプ(南側)	循環水ポンプ(中央)		循環水ポンプ(北側)
㊸	なし	あり	あり	なし	+16.61	+16.61	+16.39	+16.56	+16.39	+16.61
㊹	なし	あり	あり	あり	+16.61	+16.61	+16.39	+16.56	+16.39	+16.61
㊺	なし	なし	あり	なし	+19.19	+19.19	+18.35	+17.87	+18.35	+19.19
㊻	なし	なし	あり	あり	+19.18	+19.18	+18.35	+17.87	+18.35	+19.18
㊼	なし	あり	なし	なし	+16.67	+16.67	+16.40	+16.49	+16.40	+16.67
㊽	なし	あり	なし	あり	+16.66	+16.66	+16.39	+16.49	+16.39	+16.66
㊾	なし	なし	なし	なし	+19.17	+19.17	+18.38	+17.88	+18.38	+19.17
㊿	なし	なし	なし	あり	+19.17	+19.17	+18.38	+17.88	+18.38	+19.17

■：解析ケース毎の最高水位  
 ■：上昇側最高水位

第2表 取水ピットにおける上昇側水位の解析ケース毎の時刻歴波形 (防波堤あり)



第3表 取水ピットにおける上昇側水位の解析ケース毎の時刻歴波形 (防波堤なし)



第4表 取水路の管路解析結果(下降側最低水位)一覧(1/2)

解析ケース	防犯壁		パラメータ		取水ポイント水位(L.P.m)				解析ケース毎の最低水位(L.P.m)		
	防犯壁	防犯壁	スクリーニング損失	異付着	非常用海水ポンプの取水	非常用海水ポンプ(南側)	非常用海水ポンプ(北側)	取水ポイント水位(南側)		取水ポイント水位(中央)	取水ポイント水位(北側)
①	あり	あり	あり	あり	なし	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94
②	あり	あり	あり	あり	あり	-4.95	-4.95	-4.94	-4.94	-4.94	-4.95
③	あり	あり	なし	あり	なし	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.98	-4.97
④	あり	あり	なし	あり	あり	-4.97	-4.97	-4.98	-4.98	-4.98	-4.97
⑤	あり	あり	あり	なし	なし	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94	-4.94
⑥	あり	あり	あり	なし	あり	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
⑦	あり	あり	なし	なし	なし	-4.95	-4.95	-4.96	-4.96	-4.96	-4.95
⑧	あり	あり	なし	なし	あり	-4.95	-4.95	-4.96	-4.96	-4.96	-4.95

※：下降側水位については非常用海水ポンプを対象に評価を実施した。

■：解析ケース毎の最低水位

第4表 取水路の管路解析結果(下降側最低水位)一覧(2/2)

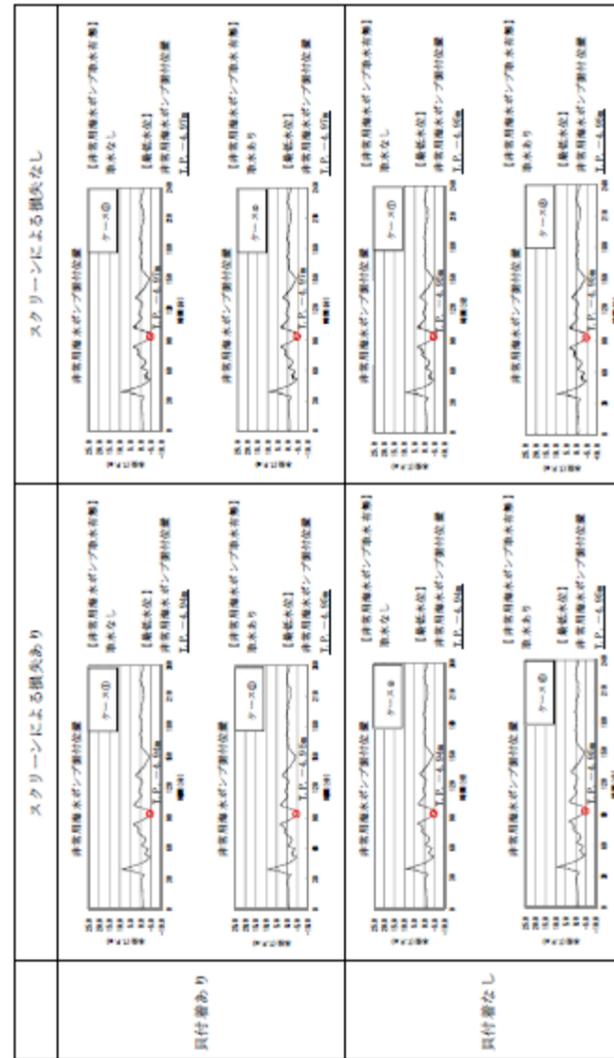
解析ケース	パワメータ			取水ポンプ水位(立.P.m)				解析ケース毎の最低水位値(立.P.m)
	防波堤	スクリーン損失	異付着	非常用取水ポンプの取水	非常用取水ポンプ(南側)	非常用取水ポンプ(中央)	非常用取水ポンプ(北側)	
㊸	なし	あり	あり	なし	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
㊹	なし	あり	あり	あり	-4.95	-4.95	-4.96	-4.95
㊺	なし	なし	あり	なし	-5.02	-5.02	-5.05	-5.02
㊻	なし	なし	あり	あり	-5.03	-5.03	-5.05	-5.03
㊼	なし	あり	なし	なし	-4.95	-4.95	-4.95	-4.95
㊽	なし	あり	なし	あり	-4.96	-4.95	-4.95	-4.96
㊾	なし	なし	なし	なし	-5.03	-5.02	-5.05	-5.03
㊿	なし	なし	なし	あり	-5.03	-5.02	-5.06	-5.02

※：下降側水位については非常用取水ポンプを対象に評価を実施した。

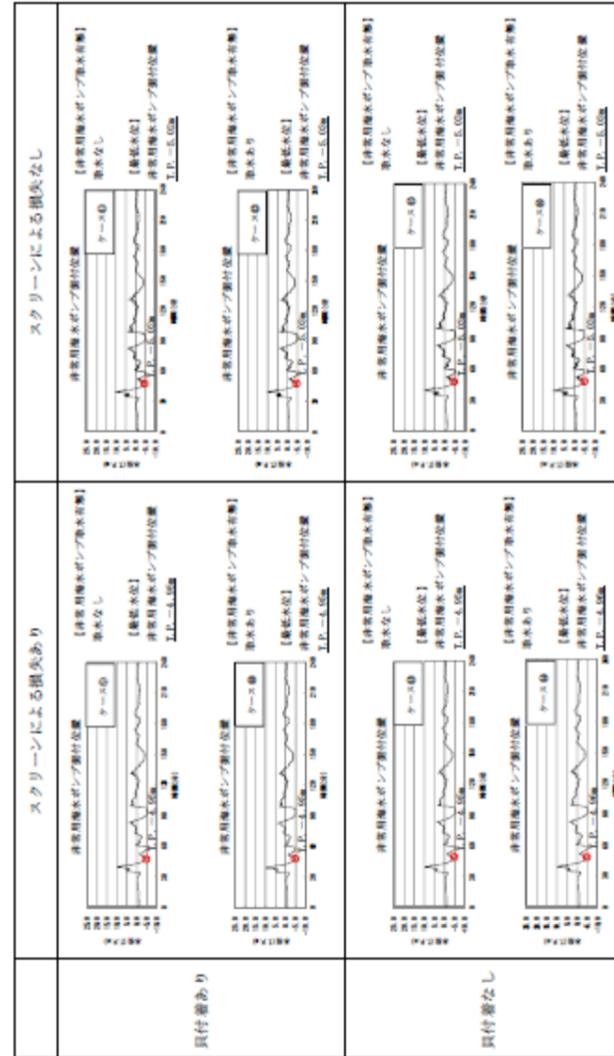
■：解析ケース毎の最低水位

■：下降側最低水位

第5表 取水ピットにおける下降側水位の解析ケース毎の時刻歴  
波形 (防波堤あり)



第6表 取水ピットにおける下降側水位の解析ケース毎の時刻歴波形 (防波堤なし)



第7表 放水路の管路解析結果(上昇側最高水位)一覧

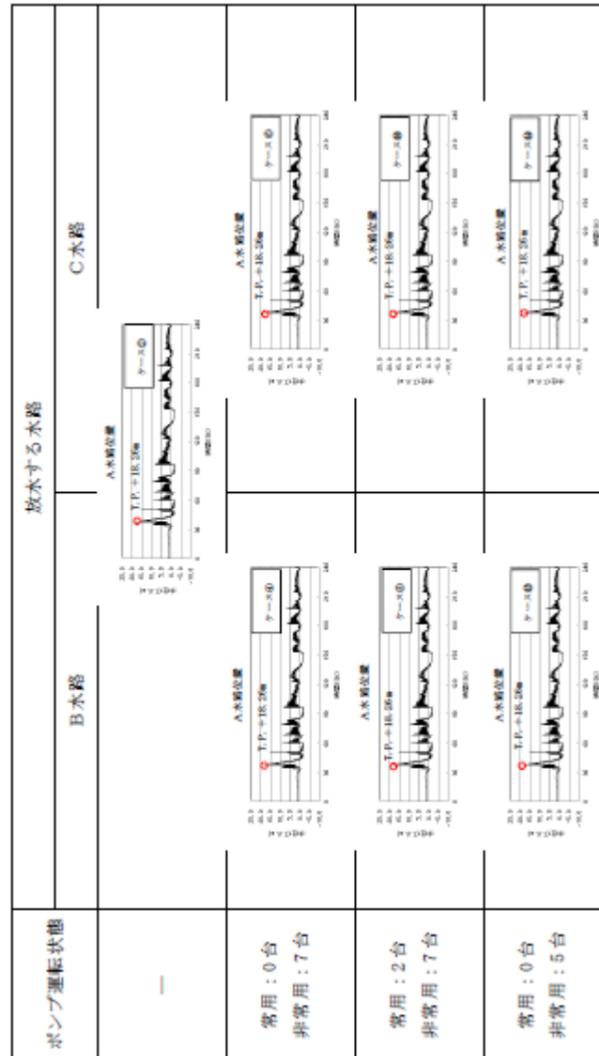
解析ケース	防振壁の有無	貝付壁の有無	パラメータ		放水路ゲート設置箇所水位(γ.P.m)	解析ケース毎の最高水位(γ.P.m)
			非常用ポンプの運転状態	放水する水路		
①	あり	あり	—	—	A本路(北側) +17.36 B本路(東側) +19.01 C本路(南側) +18.25	+19.01 +18.25
②	なし	あり	—	—	+18.26 +17.36 +18.19	+18.26 +19.00 +18.25
③	あり	あり	常用:0台 非常用:7台	B水路	+17.36 +18.26 +17.20	+18.19 +18.26 +18.19
④	なし	あり	常用:0台 非常用:7台	B水路	+18.26 +17.36 +19.01	+18.19 +18.26 +19.01
⑤	あり	あり	常用:0台 非常用:7台	C水路	+17.36 +18.26 +16.53	+18.39 +18.12 +18.26
⑥	なし	あり	常用:0台 非常用:7台	C水路	+18.26 +17.36 +18.89	+18.12 +18.25 +18.89
⑦	あり	あり	常用:2台 非常用:7台	B水路	+17.36 +18.26 +17.65	+18.25 +18.19 +18.26
⑧	なし	あり	常用:2台 非常用:7台	B水路	+18.26 +17.36 +19.01	+18.19 +18.32 +19.01
⑨	あり	あり	常用:2台 非常用:7台	C水路	+18.26 +17.36 +16.53	+17.80 +18.25 +18.26
⑩	なし	あり	常用:2台 非常用:7台	C水路	+18.26 +17.36 +19.01	+18.25 +18.25 +19.01
⑪	あり	あり	常用:0台 非常用:5台	B水路	+17.36 +18.26 +16.92	+18.19 +18.25 +18.26
⑫	なし	あり	常用:0台 非常用:5台	B水路	+18.26 +17.36 +19.01	+18.19 +18.34 +19.01
⑬	あり	あり	常用:0台 非常用:5台	C水路	+17.36 +18.26 +16.53	+18.16 +18.25 +18.26
⑭	なし	あり	常用:0台 非常用:5台	C水路	+18.26 +17.36 +16.53	+18.16 +18.25 +18.26

■ : 解析ケース毎の最高水位 ■ : 上昇側最高水位

第8表 放水路ゲート設置箇所における上昇側水位の解析ケース毎の時刻歴波形 (防波堤あり)



第9表 放水路ゲート設置箇所における上昇側水位の解析ケース毎の時刻歴波形 (防波堤なし)

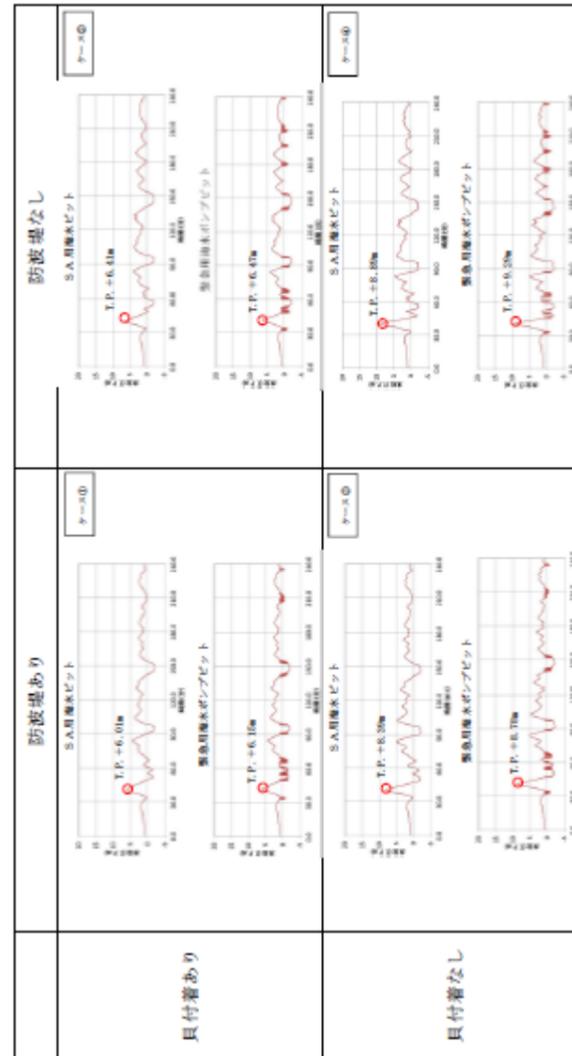


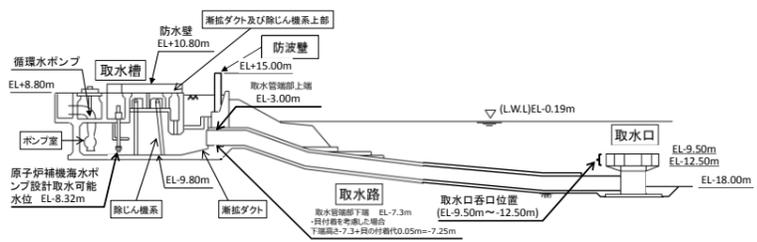
第10表 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの管路解析結果(上昇側最高水位)一覧

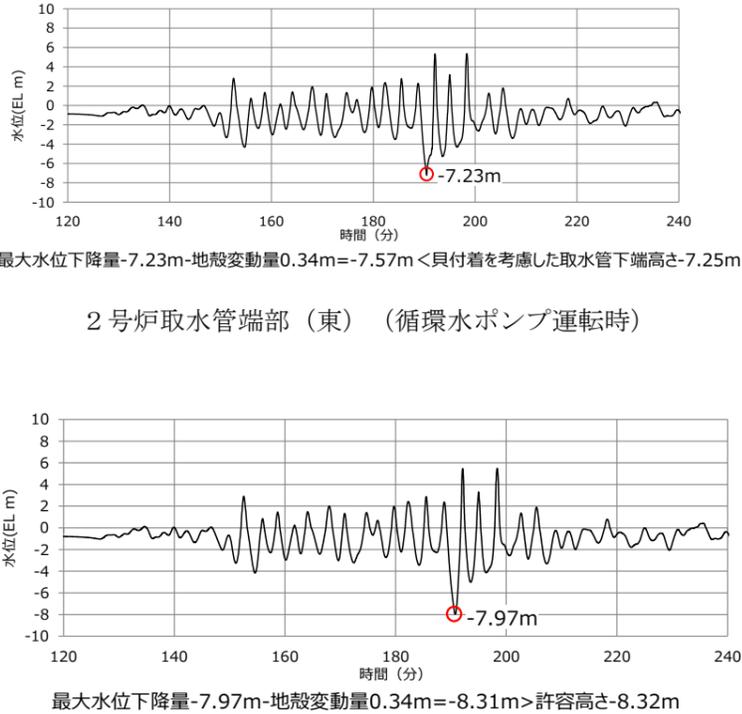
解析ケース	パラメータ		各ピットの水位(T.P.m)		解析ケース毎の最高水位(T.P.m)
	防振堤	貝付着	SA用海水ピット	緊急用海水ポンプピット	
①	あり	あり	+6.01	+6.15	SA用海水ピット: +8.89 緊急用海水ポンプピット: +9.29
②	なし	あり	+6.41	+6.47	
③	あり	なし	+8.39	+8.78	
④	なし	なし	+8.89	+9.29	

■ : 上昇側最高水位

第11表 SA用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットにおける  
上昇側水位の解析ケース毎の時刻歴波形



<p>柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)</p>	<p>東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)</p>	<p>島根原子力発電所 2号炉</p>	<p>備考</p>												
		<p><u>2号炉取水施設の評価位置における入力津波水位について</u></p> <p><u>日本海東縁部を波源とする基準津波6による水路内最低水位(EL-8.31m)は、非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位に対して裕度が小さいことから、大津波警報発令時には循環水ポンプを停止する運用に見直す</u>が、参考としてポンプ運転状態での地殻変動による取水への影響を検討する。<u>2号炉取水施設断面図を図1に示す。</u></p> <p><u>入力津波の設定における水位下降側の水路内水位は、管路計算結果から地殻変動(隆起)分の水位を引き下げ、設定している。計算条件を表1に示す。この計算における取水槽及び取水管端部下端の水位は図2のとおり。</u></p> <p><u>地殻変動量(隆起0.34m)分を考慮した場合、取水管端部下端における水位はEL-7.57mとなり、貝付着を考慮した取水管端部下端高さ(EL-7.25m)を下回る値となったが、取水槽における水位はEL-8.31mとなり、許容津波高さ(EL-8.32m)を下回らない。</u></p>  <p>図1 2号炉取水施設断面図</p> <p>表1 管路計算結果から隆起分の水位を引き下げ、 入力津波を設定する際の計算条件</p> <table border="1" data-bbox="1914 1480 2315 1669"> <tr> <td>波源</td> <td>基準津波6</td> </tr> <tr> <td>地形変化</td> <td>防波堤無し</td> </tr> <tr> <td>潮位変動</td> <td>-0.19m</td> </tr> <tr> <td>地殻変動</td> <td>隆起0.34m</td> </tr> <tr> <td>貝付着</td> <td>有り, 5cm</td> </tr> <tr> <td>循環水ポンプ状態</td> <td>運転</td> </tr> </table>	波源	基準津波6	地形変化	防波堤無し	潮位変動	-0.19m	地殻変動	隆起0.34m	貝付着	有り, 5cm	循環水ポンプ状態	運転	<p>・ 検討内容の相違 【柏崎6/7, 東海第二】 島根2号炉は地殻変動に関する詳細な検討を実施。</p>
波源	基準津波6														
地形変化	防波堤無し														
潮位変動	-0.19m														
地殻変動	隆起0.34m														
貝付着	有り, 5cm														
循環水ポンプ状態	運転														

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
		 <p>最大水位下降量-7.23m-地殻変動量0.34m=-7.57m&lt;貝付着を考慮した取水管下端高さ-7.25m</p> <p>2号炉取水管端部(東)(循環水ポンプ運転時)</p> <p>最大水位下降量-7.97m-地殻変動量0.34m=-8.31m&gt;許容高さ-8.32m</p> <p>2号炉取水槽(循環水ポンプ運転時)</p> <p><u>図2 管路計算結果から隆起分の水位を引き下げる場合の取水槽及び取水管端部における水位の時刻歴波形</u></p> <p><u>取水管端部下端において、評価水位が取水管端部下端高さを下回ることから、地殻変動の影響を詳細に確認するため、初期条件として地殻変動量を考慮した管路計算を実施した。計算条件を表2に示す。この計算における取水槽及び取水管端部下端の水位は図3のとおり。</u></p> <p><u>地殻変動量(隆起0.34m)を初期条件として考慮した場合、取水管端部における水位はEL-7.25mとなり、貝付着を考慮した取水管端部下端高さと同じ高さ(EL-7.25m)となった。また、取水槽における水位はEL-8.27mとなり、許容津波高さ(EL-8.32m)を下回らないことを確認した。</u></p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

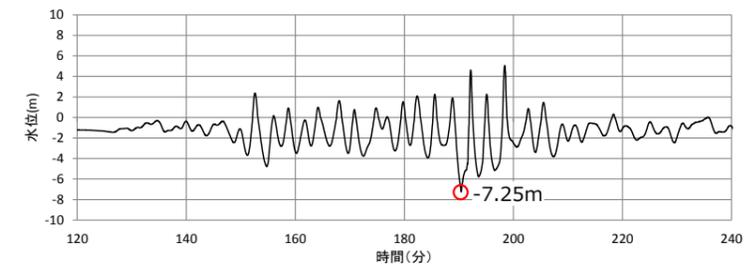
東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

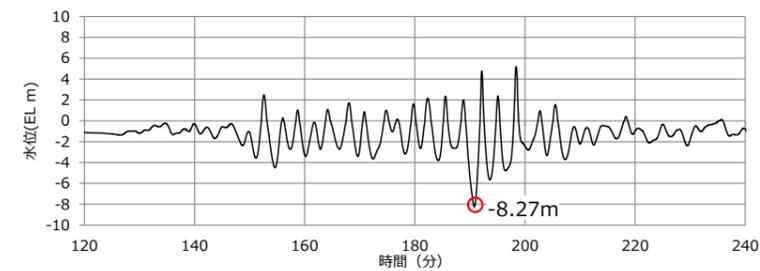
表2 初期条件として地殻変動量を考慮し、  
入力津波を設定する際の計算条件

波源	基準津波6
地形変化	防波堤無し
潮位変動	-0.19m
地殻変動	隆起0.34m
貝付着	有り, 5cm
循環水ポンプ状態	運転



-7.25m=貝付着を考慮した取水管下端高さ-7.25m

2号炉取水管端部(東) (循環水ポンプ運転時)



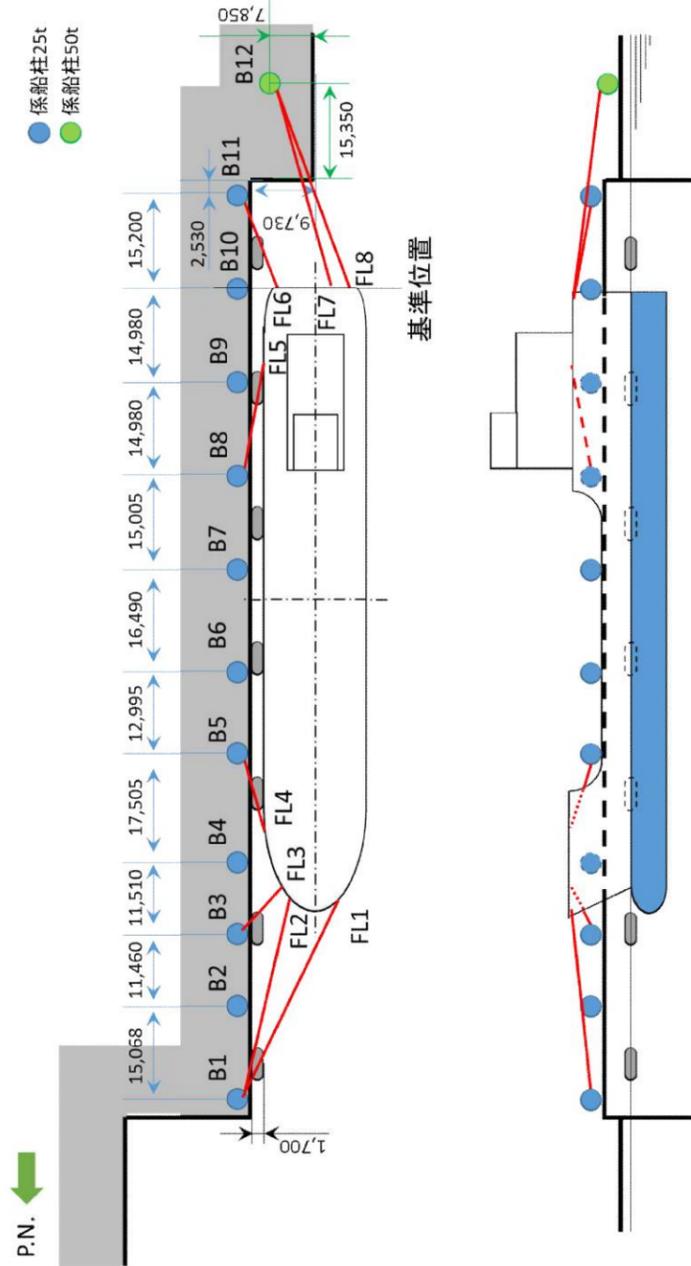
-8.27m(初期条件として地殻変動を考慮) > 許容高さ-8.32m

2号炉取水槽 (循環水ポンプ運転時)

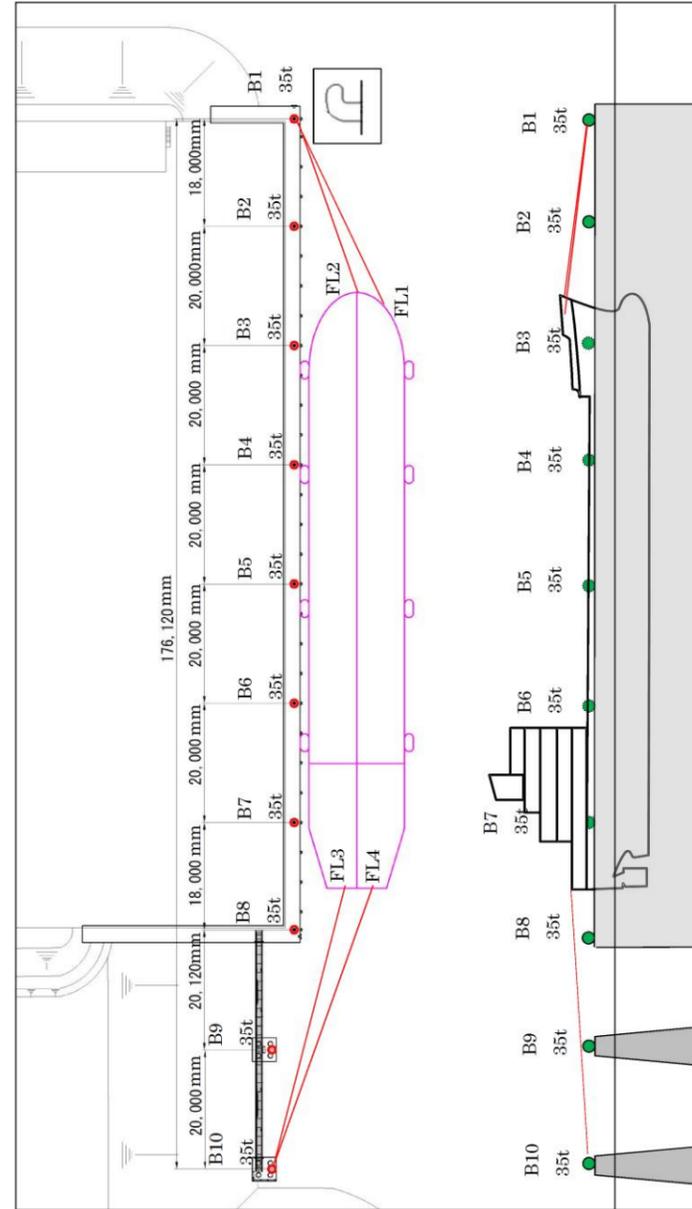
図3 初期条件として地殻変動量を考慮した場合の  
取水槽及び取水管端部における水位の時刻歴波形

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
<p style="text-align: right;">添付資料21</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の係留索の耐力について</p> <p>21.1 概要</p> <p>燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波警報等発令時、原則、緊急退避するが、津波流向及び物揚場と取水口との位置関係を踏まえ、短時間に津波が襲来する場合を考慮し、係留索の耐力について評価を実施する。</p> <p>係留索については、船舶の大きさから一定の算式によって計算される数値（艀装数）に応じた仕様（強度、本数）を有するものを備えることが、日本海事協会（NK）の鋼船規則において定められている。</p> <p>本書では、輸送船が備えている係留索の係留力及び津波による流圧力を石油会社国際海事評議会OCIMF（Oil Companies International Maritime Forum）刊行“Mooring Equipment Guidelines”の手法を用いて算出し、耐力評価を行う。なお、同書は船舶の係留方法・係留設備に関わる要求事項を規定するものであり、流圧力の評価については大型タンカーを主たる適用対象とするものであるが、輸送船は大型タンカーと同じ1軸船であり、水線下の形状が類似しているため、同評価を輸送船に適用することは可能と考える。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料19</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の係留索の耐力について</p> <p>1. 概要</p> <p>燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）は、津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、津波の流向及び物揚岸壁（以下「岸壁」という。）と取水口の位置関係を踏まえ、係留索の耐力について評価を実施する。</p> <p>係留索については、船舶の大きさから一定の算式によって計算される数値（艀装数）に応じた仕様（強度、本数）を有するものを備えることが、日本海事協会（NK）の鋼船規則において定められている。</p> <p>今回、輸送船が備えている係留索の係留力及び流圧力について、石油会社国際海事評議会 OCIMF（Oil Companies International Marine Forum）の手法を用いて算出し、耐力評価を行う。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料16</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の係留索の耐力について</p> <p>1. 概要</p> <p>燃料等輸送船（以下、「輸送船」という。）は、津波襲来までに時間的余裕がある津波の場合は、緊急退避するが、津波襲来までに時間的余裕がない津波の場合は、荷揚場に係留することとなる。そのため、ここでは、係留索の耐力について評価を実施する。</p> <p>係留索については、船舶の大きさから一定の算式によって計算される数値（艀装数）に応じた仕様（強度、本数）を有するものを備えることが、日本海事協会（NK）の鋼船規則において定められている。</p> <p>本書では、輸送船が備えている係留索の係留力及び津波による流圧力を石油会社国際海事評議会 OCIMF（Oil Companies International Maritime Forum）刊行“Mooring Equipment Guidelines”の手法を用いて算出し、耐力評価を行う。なお、同書は船舶の係留方法・係留設備に関わる要求事項を規定するものであり、流圧力の評価については大型タンカーを主たる適用対象とするものであるが、輸送船は大型タンカーと同じ1軸船であり、水線下の形状が類似しているため、同評価を輸送船に適用することは可能と考える。</p>	

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																																																																																																					
<p>21.2 評価</p> <p>(1) 輸送船, 係留索, 係船柱</p> <p>輸送船, 係留索, 係船柱の仕様を添付第21-1表に, 配置を添付第21-1図に示す。</p> <p>添付第21-1表 輸送船, 係留索, 係船柱の仕様</p> <table border="1" data-bbox="154 1159 920 1612"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">輸送船</td> <td>総トン数</td> <td>約5,000トン</td> </tr> <tr> <td>載貨重量トン</td> <td>約3,000トン</td> </tr> <tr> <td>喫水</td> <td>約5m</td> </tr> <tr> <td>全長</td> <td>100.0m (垂線間長: 94.4m)</td> </tr> <tr> <td>型幅</td> <td>16.5m</td> </tr> <tr> <td>形状</td> <td>(添付第21-1図参照)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">係留索</td> <td>直径</td> <td>60mm (ノミナル値)</td> </tr> <tr> <td>素材種別</td> <td>Polyethylene Rope Grade 1</td> </tr> <tr> <td>破断荷重</td> <td>279kN (キロニュートン) =28.5tonf</td> </tr> <tr> <td colspan="2">係船機ブレーキ力</td> <td>28.5tonf×0.7≒20.0tonf</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">係船柱</td> <td>ビット数, 位置</td> <td>(添付第21-1図参照)</td> </tr> <tr> <td>係留状態</td> <td>(添付第21-1図参照)</td> </tr> <tr> <td>強度</td> <td>25t, 50t</td> </tr> </tbody> </table>	項目	仕様	輸送船	総トン数	約5,000トン	載貨重量トン	約3,000トン	喫水	約5m	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)	型幅	16.5m	形状	(添付第21-1図参照)	係留索	直径	60mm (ノミナル値)	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1	破断荷重	279kN (キロニュートン) =28.5tonf	係船機ブレーキ力		28.5tonf×0.7≒20.0tonf	係船柱	ビット数, 位置	(添付第21-1図参照)	係留状態	(添付第21-1図参照)	強度	25t, 50t	<p>なお, 岸壁については, 基準地震動 S s に対して, 必要な対策工を実施し, 当初の位置及び高さを確保すること (添付資料 18 参照), また, 津波に対して, 緊急退避可能時間 (本文 第 2.5-26 図参照) を考慮すると, 基準津波及び早く到達する敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の到達 (第 2 表) までに輸送船は退避可能であることから, 本係留索の耐力評価に影響を及ぼさない。</p> <p>2. 評価</p> <p>(1) 輸送船, 係留索, 係留柱</p> <p>輸送船, 係留索, 係留柱の仕様を第1表に, 配置を第1図に示す。</p> <p>第1表 輸送船, 係留索, 係留柱の仕様</p> <table border="1" data-bbox="979 1165 1668 1747"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">輸送船</td> <td>総トン数</td> <td>約5,000t</td> </tr> <tr> <td>載貨重量トン</td> <td>約3,000t</td> </tr> <tr> <td>喫水</td> <td>約5m</td> </tr> <tr> <td>全長</td> <td>100.0m (垂線間長: 94.4m)</td> </tr> <tr> <td>型幅</td> <td>16.5m</td> </tr> <tr> <td>形状</td> <td>(第1図参照)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">係留索</td> <td>直径</td> <td>60mm (ノミナル値)</td> </tr> <tr> <td>素材種別</td> <td>Polyethylene Rope Grade 1</td> </tr> <tr> <td>破断荷重</td> <td>279kN (≒28.5tonf)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">係船機ブレーキ力</td> <td>28.5tonf×0.7≒20.0tonf</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">係留柱</td> <td>形状</td> <td>(第1図参照)</td> </tr> <tr> <td>ビット数, 位置</td> <td>(第1図参照)</td> </tr> <tr> <td>係留状態</td> <td>(第1図参照)</td> </tr> <tr> <td>強度</td> <td>35.0tonf</td> </tr> </tbody> </table>	項目	仕様	輸送船	総トン数	約5,000t	載貨重量トン	約3,000t	喫水	約5m	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)	型幅	16.5m	形状	(第1図参照)	係留索	直径	60mm (ノミナル値)	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1	破断荷重	279kN (≒28.5tonf)	係船機ブレーキ力		28.5tonf×0.7≒20.0tonf	係留柱	形状	(第1図参照)	ビット数, 位置	(第1図参照)	係留状態	(第1図参照)	強度	35.0tonf	<p>なお, 荷揚場については, 岩着構造であり, 基準地震動 S s に対して損傷することはなく, 本係留索の耐力評価に影響を及ぼさない (添付資料 38 参照)。</p> <p>2. 評価</p> <p>(1) 輸送船, 係留索, 係船柱の仕様</p> <p>輸送船, 係留索, 係船柱の仕様を表1に, 配置を図1に示す。</p> <p>表1 輸送船, 係留索, 係船柱の仕様</p> <table border="1" data-bbox="1745 1165 2499 1648"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">輸送船</td> <td>総トン数</td> <td>約5,000トン</td> </tr> <tr> <td>載貨重量トン</td> <td>約3,000トン</td> </tr> <tr> <td>喫水</td> <td>約5m</td> </tr> <tr> <td>全長</td> <td>100.0m (垂線間長: 94.4m)</td> </tr> <tr> <td>型幅</td> <td>16.5m</td> </tr> <tr> <td>形状</td> <td>(図1参照)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">係留索</td> <td>直径</td> <td>60mm (ノミナル値)</td> </tr> <tr> <td>素材種別</td> <td>Polyethylene Rope Grade 1</td> </tr> <tr> <td>破断荷重</td> <td>279kN (キロニュートン) =28.5tonf</td> </tr> <tr> <td colspan="2">係船機ブレーキ力</td> <td>28.5tonf×0.7≒20.0tonf</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">係船柱</td> <td>形状</td> <td>(図1参照)</td> </tr> <tr> <td>ビット数, 位置</td> <td>(図1参照)</td> </tr> <tr> <td>係留状態</td> <td>(図1参照)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">強度</td> <td>25t, 50t</td> </tr> </tbody> </table>	項目	仕様	輸送船	総トン数	約5,000トン	載貨重量トン	約3,000トン	喫水	約5m	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)	型幅	16.5m	形状	(図1参照)	係留索	直径	60mm (ノミナル値)	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1	破断荷重	279kN (キロニュートン) =28.5tonf	係船機ブレーキ力		28.5tonf×0.7≒20.0tonf	係船柱	形状	(図1参照)	ビット数, 位置	(図1参照)	係留状態	(図1参照)	強度		25t, 50t	<p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉の荷揚場は基準地震動 S s に対して損傷しない。</p> <p>・評価条件の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉では海域活断層から想定される地震による津波に対して, 緊急退避を想定しない</p> <p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>係船柱強度の相違</p>
項目	仕様																																																																																																							
輸送船	総トン数	約5,000トン																																																																																																						
	載貨重量トン	約3,000トン																																																																																																						
	喫水	約5m																																																																																																						
	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)																																																																																																						
	型幅	16.5m																																																																																																						
	形状	(添付第21-1図参照)																																																																																																						
係留索	直径	60mm (ノミナル値)																																																																																																						
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1																																																																																																						
	破断荷重	279kN (キロニュートン) =28.5tonf																																																																																																						
係船機ブレーキ力		28.5tonf×0.7≒20.0tonf																																																																																																						
係船柱	ビット数, 位置	(添付第21-1図参照)																																																																																																						
	係留状態	(添付第21-1図参照)																																																																																																						
	強度	25t, 50t																																																																																																						
項目	仕様																																																																																																							
輸送船	総トン数	約5,000t																																																																																																						
	載貨重量トン	約3,000t																																																																																																						
	喫水	約5m																																																																																																						
	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)																																																																																																						
	型幅	16.5m																																																																																																						
	形状	(第1図参照)																																																																																																						
係留索	直径	60mm (ノミナル値)																																																																																																						
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1																																																																																																						
	破断荷重	279kN (≒28.5tonf)																																																																																																						
係船機ブレーキ力		28.5tonf×0.7≒20.0tonf																																																																																																						
係留柱	形状	(第1図参照)																																																																																																						
	ビット数, 位置	(第1図参照)																																																																																																						
	係留状態	(第1図参照)																																																																																																						
	強度	35.0tonf																																																																																																						
項目	仕様																																																																																																							
輸送船	総トン数	約5,000トン																																																																																																						
	載貨重量トン	約3,000トン																																																																																																						
	喫水	約5m																																																																																																						
	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)																																																																																																						
	型幅	16.5m																																																																																																						
	形状	(図1参照)																																																																																																						
係留索	直径	60mm (ノミナル値)																																																																																																						
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1																																																																																																						
	破断荷重	279kN (キロニュートン) =28.5tonf																																																																																																						
係船機ブレーキ力		28.5tonf×0.7≒20.0tonf																																																																																																						
係船柱	形状	(図1参照)																																																																																																						
	ビット数, 位置	(図1参照)																																																																																																						
	係留状態	(図1参照)																																																																																																						
強度		25t, 50t																																																																																																						



添付第 21-1 図 輸送船, 係留索, 係船柱の配置



第 1 図 輸送船, 係留索, 係留柱の配置

※接岸時には通常 6 本以上で係留する。本評価においては、保守的に鋼船規則上の最低本数 (4 本) を仮定

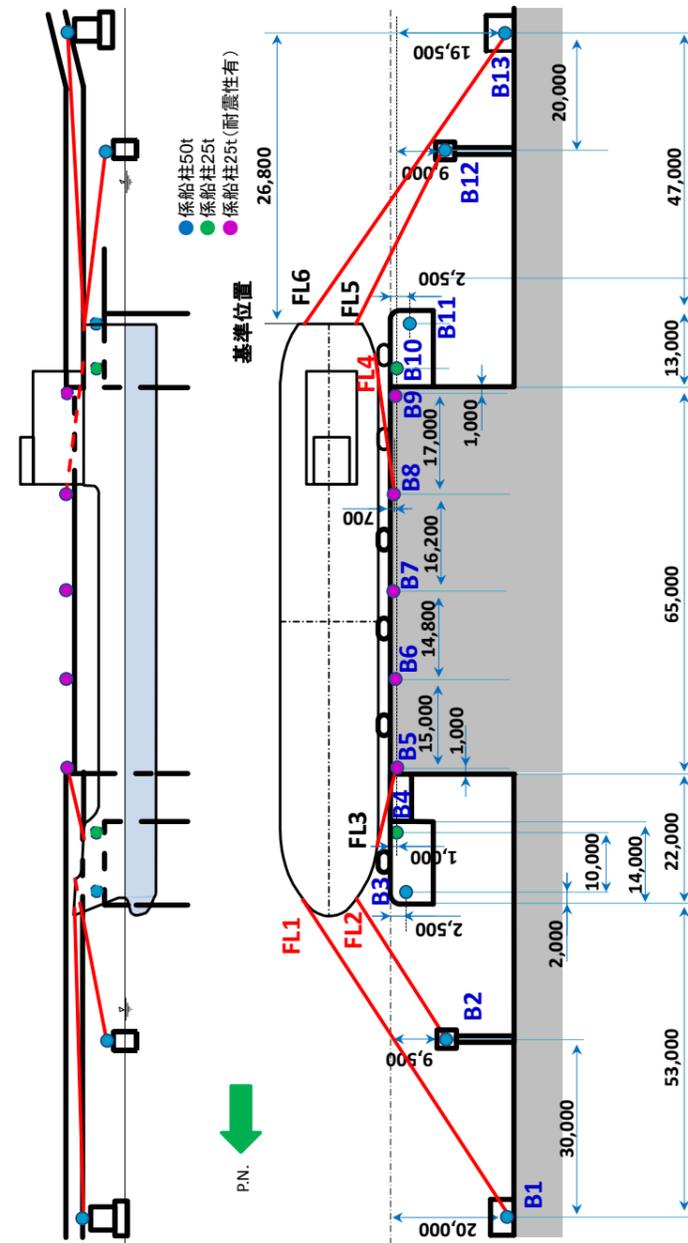
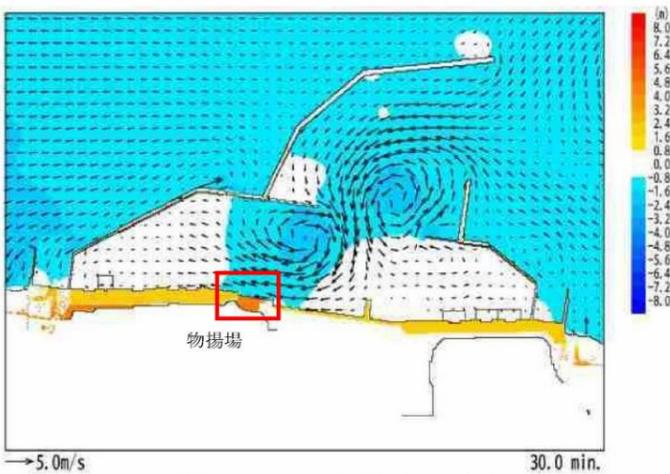
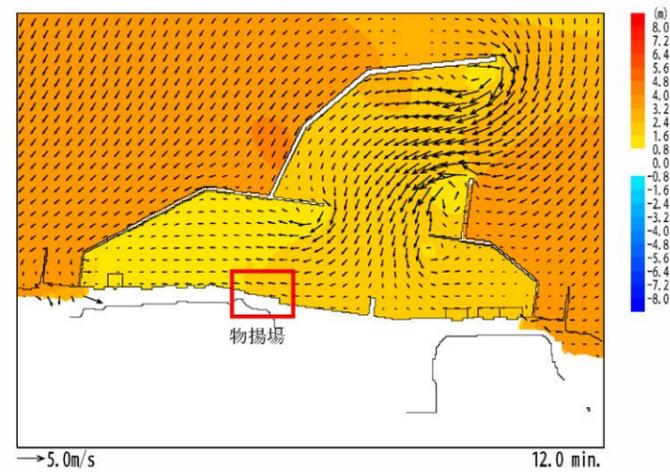


図 1 輸送船, 係留索, 係船柱の配置

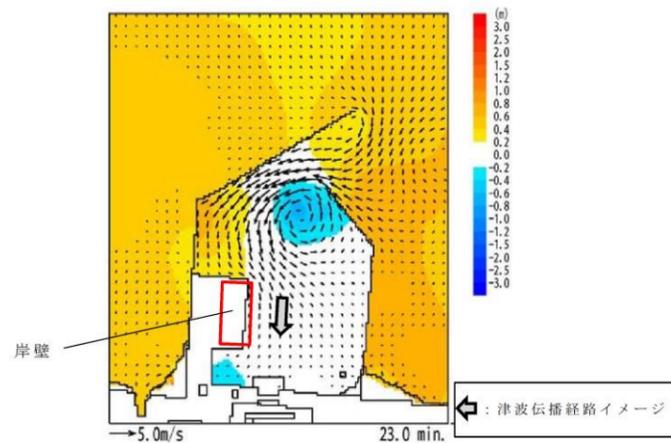
・設備の相違  
【柏崎 6/7, 東海第二】  
荷揚場設備の配置等の相違

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
<p>(2) 津波条件 (流向, 水位, 流速)</p> <p>襲来までに時間的余裕がなく, 輸送船を離岸できない可能性のある基準津波3 (別添1 本文 第2.5-19 図参照) を評価条件とする。</p>	<p>(2) 津波条件 (流向, 水位, 流速)</p> <p>津波警報等発表時は, 原則として緊急退避するが, 極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し, 早く襲来する可能性がある第2図に示す敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の中から, 評価対象津波を選定する。</p> <div data-bbox="952 573 1635 1224" data-label="Figure"> </div> <p>第2図 海域活断層の位置</p> <p>第2表に, 取水口前面位置における各海域活断層の津波高さ到達時間の関係を示す。第2表に示すとおり, F8及びF16を波源とした津波は他の海域活断層を波源とした津波に比べて, 早く到達するが, F8及びF16を波源とした津波の到達時刻はほぼ同様であるため, ここでは保守的に最高水位が最も大きいF16を波源とした津波を選定した。</p>	<p>(2) 津波条件 (流向, 水位, 流速)</p> <p>襲来までに時間的余裕がなく, 輸送船を離岸できない海域活断層から想定される地震による津波を評価条件とする。</p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・評価条件の相違</li> <li>【東海第二】</li> <li>東海第二では, 基準津波到達までに緊急退避が可能であることから, 敷地に早く襲来する津波を津波高さも考慮し選定</li> <li>・評価条件の相違</li> <li>【東海第二】</li> <li>東海第二では, 基準津波到達までに緊急退避が可能であることから, 敷地に早く襲来する津波を津波高さも考慮し選定</li> </ul>

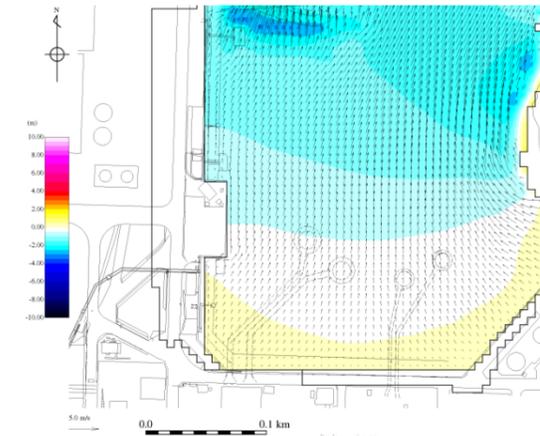
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.12版)	島根原子力発電所 2号炉	備考															
<p>基準津波3による物揚場近傍の流向は、添付第21-2図に例示するとおり物揚場に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対し、輸送船は物揚場（コンクリート製）と平行して接岸されることから、評価は輸送船の船首及び船尾方向の流圧力に対する係留索の耐力について実施する。</p>	<p>第2表 各海域活断層の津波高さと到達時間の関係(取水口前面)</p> <table border="1" data-bbox="958 310 1697 491"> <thead> <tr> <th>海域活断層名</th> <th>最高水位 (T.P. m)</th> <th>到達時刻 (分)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F1～塩ノ平</td> <td>+1.7</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>F3～F4</td> <td>+1.2</td> <td>43</td> </tr> <tr> <td>F8</td> <td>+1.9</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>F16</td> <td>+2.0</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table> <p>評価対象津波の流向は、第3図に例示するとおり岸壁に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対して、輸送船は岸壁と平行して接岸されることから、評価は輸送船の船首及び船尾方向それぞれの流圧力に対する係留索の耐力について実施する。</p>	海域活断層名	最高水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)	F1～塩ノ平	+1.7	32	F3～F4	+1.2	43	F8	+1.9	24	F16	+2.0	25	<p>海域活断層から想定される地震による津波による荷揚場近傍の流向は、図2に例示するとおり、荷揚場に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対し、輸送船は荷揚場と平行して接岸されることから、評価は輸送船の船首及び船尾方向の流圧力に対する係留索の耐力について実施する。</p>	<p>・評価条件の相違  <b>【東海第二】</b>  東海第二では、基準津波到達までに緊急退避が可能であることから、敷地に早く襲来する津波を津波高さも考慮し選定</p>
海域活断層名	最高水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)																
F1～塩ノ平	+1.7	32																
F3～F4	+1.2	43																
F8	+1.9	24																
F16	+2.0	25																



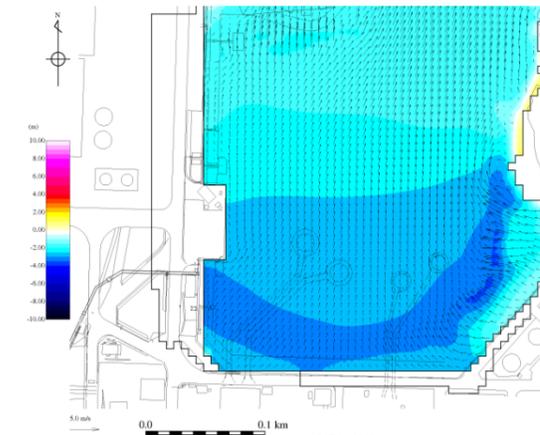
添付第 21-2 図 基準津波 3 の流向



第 3 図 評価対象津波の流向

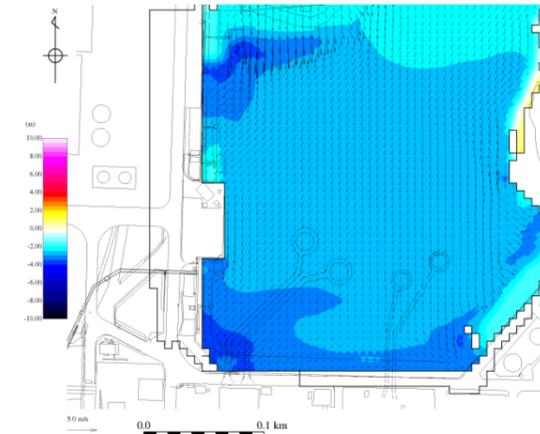


(地震発生後 5 分 50 秒後)



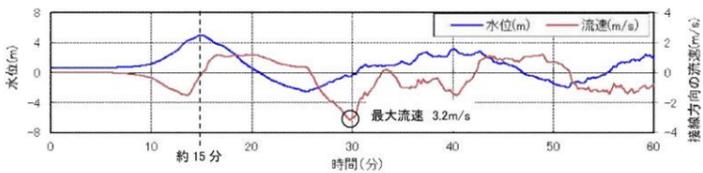
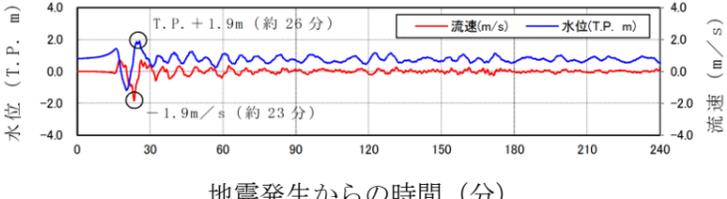
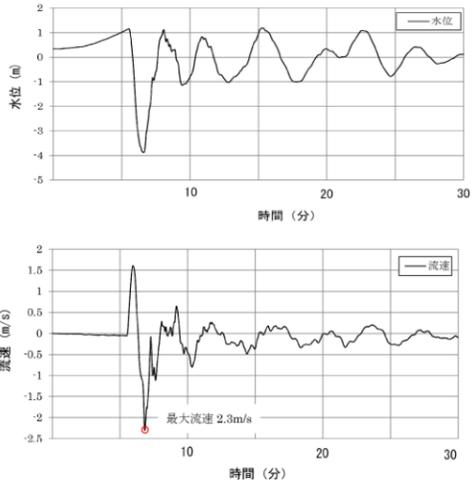
(地震発生後 6 分 10 秒後)

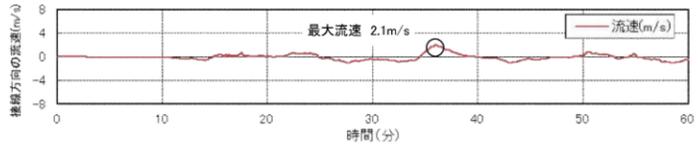
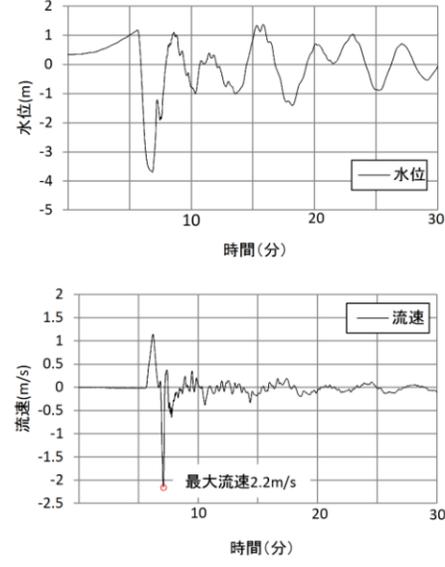
図 2-1 基準津波 4 の流向



(地震発生後 6 分 50 秒後)

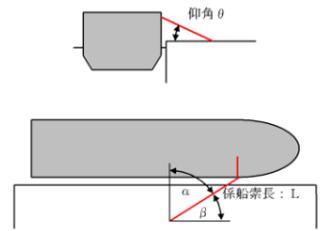
図 2-2 基準津波 4 の流向

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
<p>一方、<u>基準津波3</u>の物揚場位置における水位及び接線方向成分の流速は、添付第21-3-1図のとおりとなる。</p> <p>添付第21-3-1図に示すとおり地震発生後15分で第一波の最高点に達する。その後、引き波が発生し、流速は地震発生後30分に最大の3.2m/sに達する。</p> <p>緊急退避時間との関係から、津波が最大流速に到達する前に輸送船は退避できると考えられるものの(別添1本文第2.5-19図参照)、今回は係留により対応することを仮定し、最大流速3.2m/sで生じる流圧力に対する係留力を評価する。</p>  <p>添付第21-3-1図 基準津波3の水位・流速(物揚場前面)</p>	<p>評価対象津波の岸壁位置における水位及び接線方向成分の流速を第4図に示す。</p>  <p>第4図 評価対象津波の水位及び流速(岸壁)</p>	<p>一方、<u>海域活断層から想定される地震による津波</u>の荷揚場位置における水位及び接線方向成分の流速は、<u>図3-1</u>のとおりとなる。</p> <p>図3-1に示すとおり、地震発生後、押し波が5分程度継続した後、引き波に転じ約6分で第一波の最低点に達し、流速は第一波の最低点と同時刻に最大の2.3m/sに達する。</p>  <p>図3-1 基準津波4の流速(荷揚場近傍)</p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・評価条件の相違【柏崎6/7】</li> <li>・資料構成の相違【東海第二】東海第二は評価条件を図の後に記載</li> <li>・評価条件の相違【柏崎6/7, 東海第二】</li> </ul>

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
<p>なお、地震等により防波堤の損傷を想定した場合（防波堤なしの条件）でも、接線方向成分の流速は、添付第21-3-2 図に示すとおり防波堤健全時（添付第21-3-1 図）よりも小さいため、流速条件は健全状態における流速に包含される。</p>  <p>添付第21-3-2 図 防波堤損傷時における基準津波3の流速 (物揚場前面)</p>	<p>第4 図に示すとおり評価対象津波は地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約26分の第二波で最高津波高さ T.P. +1.9m に達する。流速は地震発生後約23分に最大1.9m/s に達する。</p> <p>緊急退避可能時間（本文 第2.5-26 図参照）を考慮すると、輸送船は最大流速到達前に退避可能であるものの、今回は係留による対応を仮定し、最大流速1.9m/s で生じる流圧力に対する係留力を評価する。また、係留力の評価に当たっては、第4 図に示す押し波高さ T.P. +1.9m（朔望平均満潮位（T.P. +0.61m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2m沈下）考慮済み）に上昇側潮位のばらつき（+0.18m）を考慮した最高水位 T.P. +2.1m で評価する。</p>	<p>なお、図3-1に示した津波の流速は、防波堤の損傷を想定した場合における流速であり、防波堤の損傷を想定しない場合（防波堤健全の条件）でも、接線方向成分の流速は、図3-2に示すとおり、流速条件は防波堤損傷状態における流速と同程度である。</p>  <p>図3-2 防波堤健全時における基準津波4の流速 (荷揚場近傍)</p>	<p>・評価条件の相違 【東海第二】 島根2号炉では、防波堤有無による評価条件への影響について記載</p> <p>・資料構成の相違 【東海第二】 島根2号炉は評価条件を図の前に記載 ・評価条件の相違 【東海第二】</p>

(3) 係留力  
 係留力の計算方法を添付第21-2表に、計算結果を添付第21-3表、添付第21-4図及び添付第21-5図に示す。

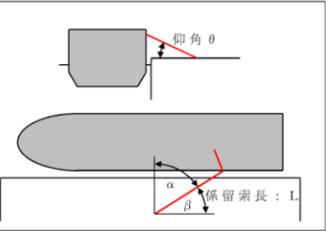
添付第21-2表 係留力の計算方法<sup>1)</sup>

<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_x = T \times \left( \frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left( \frac{L_c}{\cos \beta_c \times \cos \theta_c} \right)$	
<p>R<sub>x</sub> : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f, 後方は添字 a)                  T : 係留索1本に掛けることができる最大張力 [tonf]                  β : 係留索水平角 (物揚場平行線となす角度) [deg]                  θ : 係留索の仰角 [deg]                  L : 係留索の長さ (船外+船内) [m]                  β<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (物揚場平行線となす角度) [deg]                  θ<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の仰角 [deg]                  L<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外+船内) [m]                  ※係留索の機能別グループ (前方係留力または後方係留力)</p>	

参考文献  
 1) 日本タンカー協会：係留設備に関する指針 第2版, pp.167, 2002.

(3) 係留力  
 係留力の計算方法を第3表に、計算結果を第4表、第5図及び第6図に示す。

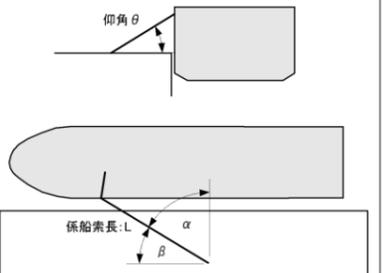
第3表 係留力の計算方法

<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_x = T \times \left( \frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left( \frac{L_c}{\cos \beta_c \times \cos \theta_c} \right)$	
<p>R<sub>x</sub> : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f, 後方は添字 a)                  T : 係留索1本に掛けることができる最大張力 [tonf]                  β : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]                  θ : 係留索の仰角 [deg]                  L : 係留索の長さ (船外+船内) [m]                  β<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]                  θ<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の仰角 [deg]                  L<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外+船内) [m]                  ※係留索の機能別グループ (前方係留力又は後方係留力)</p>	

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

(3)係留力  
 係留力の計算方法を表2に、計算結果を表3、図4、5に示す。

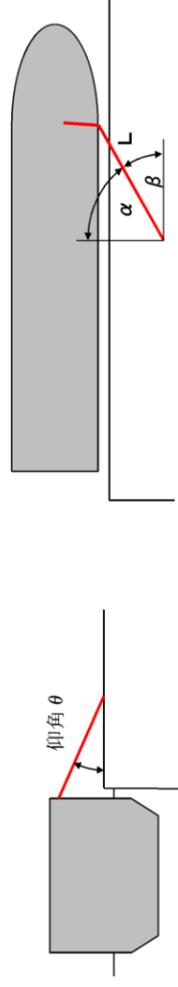
表2 係留力の計算方法

<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_x = T \times \left( \frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left( \frac{L_c}{\cos \beta_c \times \cos \theta_c} \right)$	
<p>R<sub>x</sub> : 前後係留力[tonf] (前方は添字 f, 後報は添字 a)                  T : 係留索1本に掛けることができる最大張力[tonf]                  β : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]                  θ : 係留索の仰角[deg]                  L : 係留索の長さ (船外+船内) [m]                  β<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]                  θ<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の仰角 (岸壁平行線となす角度) [deg]                  L<sub>c</sub> : 各グループ*で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外+船内) [m]                  ※係留索の機能別グループ (前方係留力または後方係留力)</p>	

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

添付第 21-3 表 係留力 (添付第 21-1 図) の計算結果

フェア リーダー	索種類	係船柱	係船索長さ[m]		係留角		索張力 T [tonf]	係留力 前後 [tonf]	Bitt Performance [tonf]			
			船外		$\theta$	$\beta$			Bitt Load	合計	係船柱強度	
FL1	Line1	B1	36.9		5.1	-24.3	20.0	-6.91	7.31	15.96	25	
FL2	Line2	B1	34.2		5.5	-10.4	20.0	-8.60	8.65	20.00	25	
FL3	Line3	B3	10.5		18.1	-31.8	20.0	-16.16	20.00	20.00	25	
FL4	Line4	B5	13.7		13.7	11.9	20.0	19.01	20.00	20.00	25	
FL5	Line5	B8	25.0		6.8	7.3	20.0	-19.70	20.00	20.00	25	
FL6	Line6	B11	16.6		10.3	21.0	20.0	18.37	20.00	20.00	25	
FL7	Line7	B12	34.8		8.2	15.9	20.0	10.56	10.90	21.39	50	
FL8	Line8	B12	35.8		8.0	21.0	20.0	9.70	10.49			
								38.62				
								前後(+ )計				
								57.63				
								前後(- )計				
								-51.37				



第 4 表 係留力 (第 1 図) の計算結果

フェア リーダー	係留索	係留柱	係留索長さ		係留角		索張力 T (tonf)	係留力 前後 (tonf)	Bitt Performance			
			船外 (m)		$\theta$ (deg)	$\beta$ (deg)			Bitt Load (tonf)	合計 (tonf)	係留柱強度 (tonf)	
FL1	Line1	B1	36.1		11.3	23.4	17.9	-16.14	17.93	35.00	35	
FL2	Line2	B1	31.8		12.8	17.9	17.9	-16.17	17.06			
FL3	Line3	B10	49.1		7.9	-14.3	17.6	16.94	17.64	35.00	35	
FL4	Line4	B10	50.4		7.7	-19.4	17.6	15.46	17.36			
								32.40				
								前後(+ )計				
								32.40				
								前後(- )計				
								-32.31				

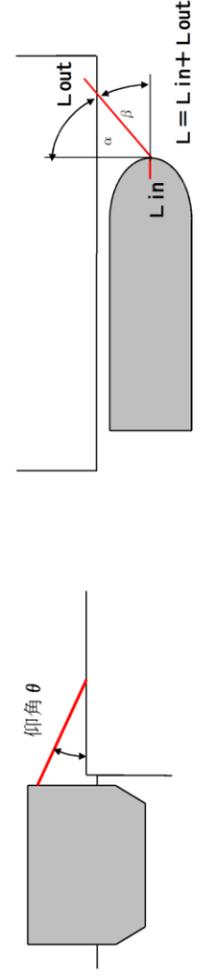
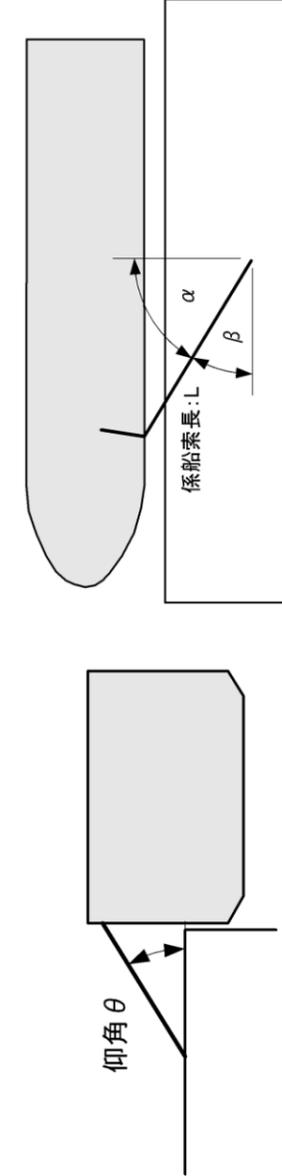
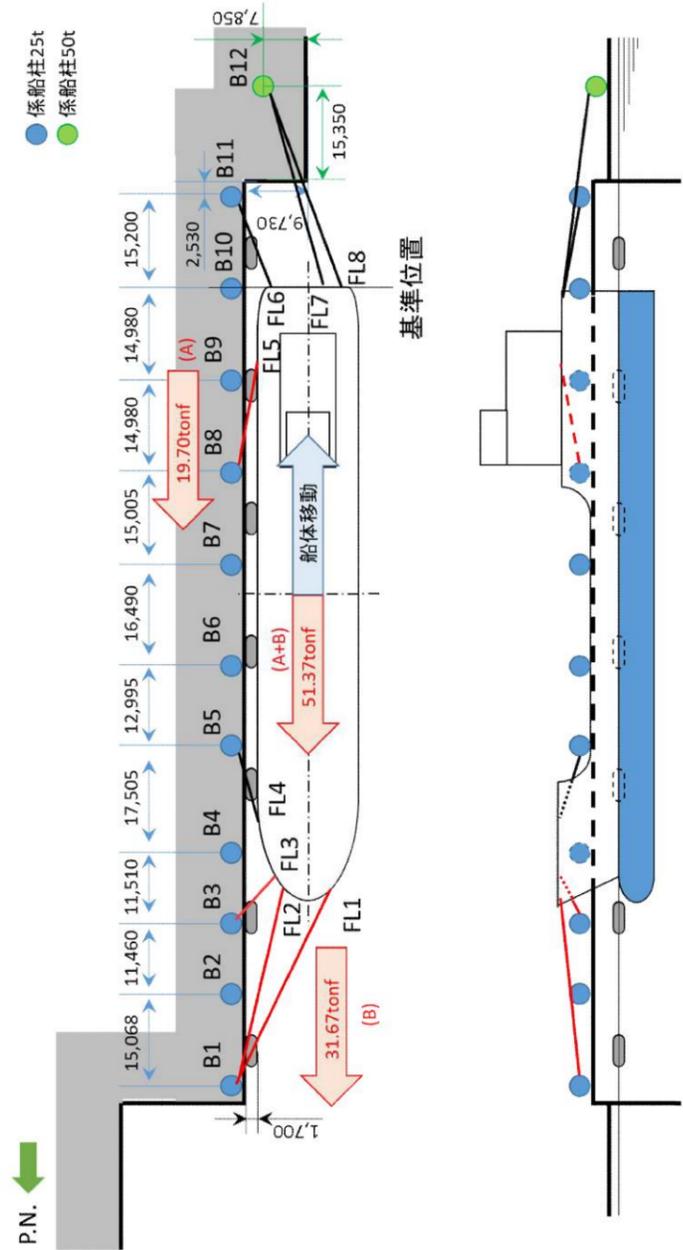


表 3 係留力 (図 1) の計算結果

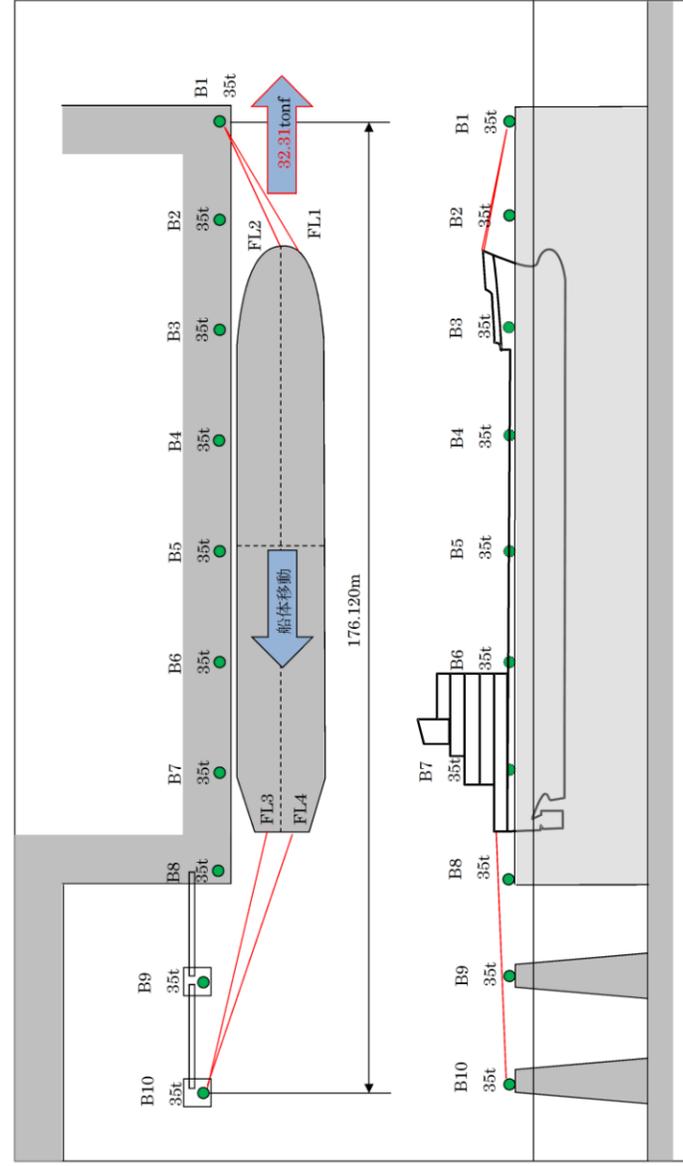
フェア リーダー	索種類	係船柱	係船索長さ[m]		係留角		索張力 T [tonf]	係留力 前後 [tonf]	Bitt Performance [tonf]	
			船外		$\theta$	$\beta$			Bitt Load	合計
FL1	Line1	B1	65.2		3.2	32.3	20.0	6.2	10.2	50.0
FL2	Line2	B2	29.9		11.8	31.4	20.0	12.2	20.0	50.0
FL3	Line3	B5	13.1		4.8	-14.5	20.0	19.3	20.0	25.0
FL4	Line4	B8	21.6		2.4	8.9	20.0	19.7	20.0	25.0
FL5	Line5	B12	32.8		9.5	-27.0	20.0	8.6	20.0	50.0
FL6	Line6	B13	59.5		0.9	-34.9	20.0	4.2	12.0	50.0



・評価結果の相違  
【柏崎 6/7, 東海第二】  
評価条件, 荷揚場配置等  
による評価結果の相違



添付第 21-4 図 船尾方向への移動に対する船首方向係留力



第 5 図 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

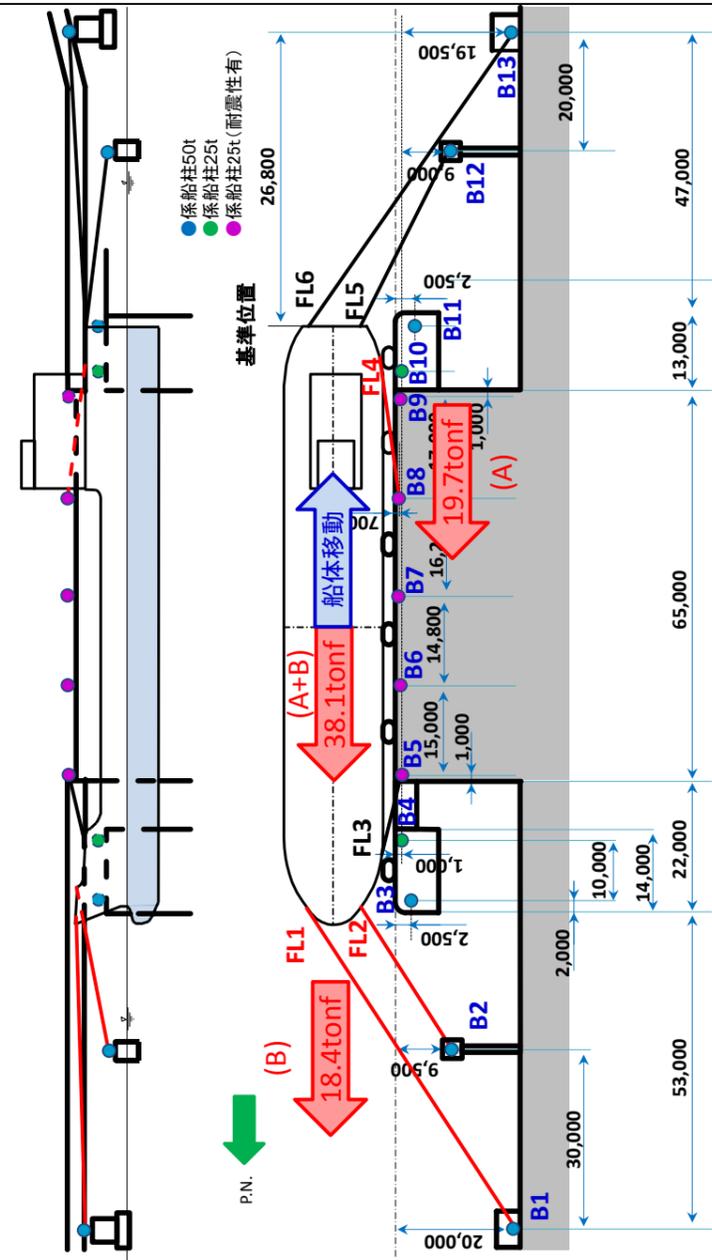
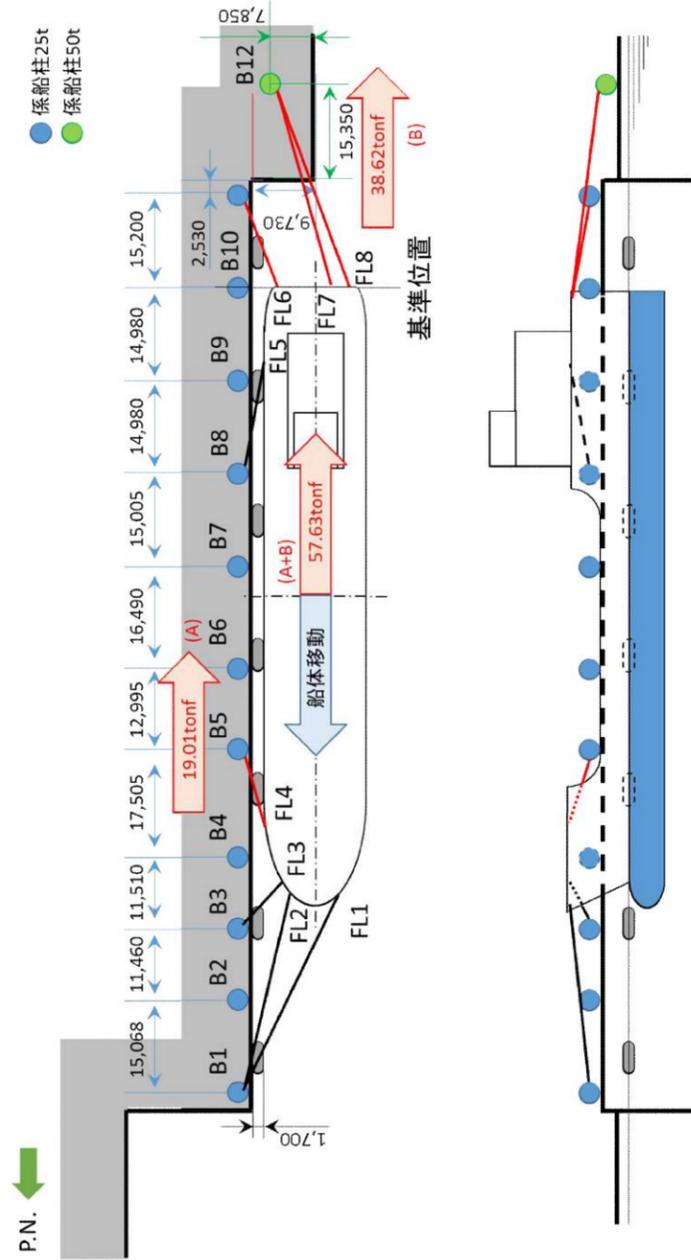
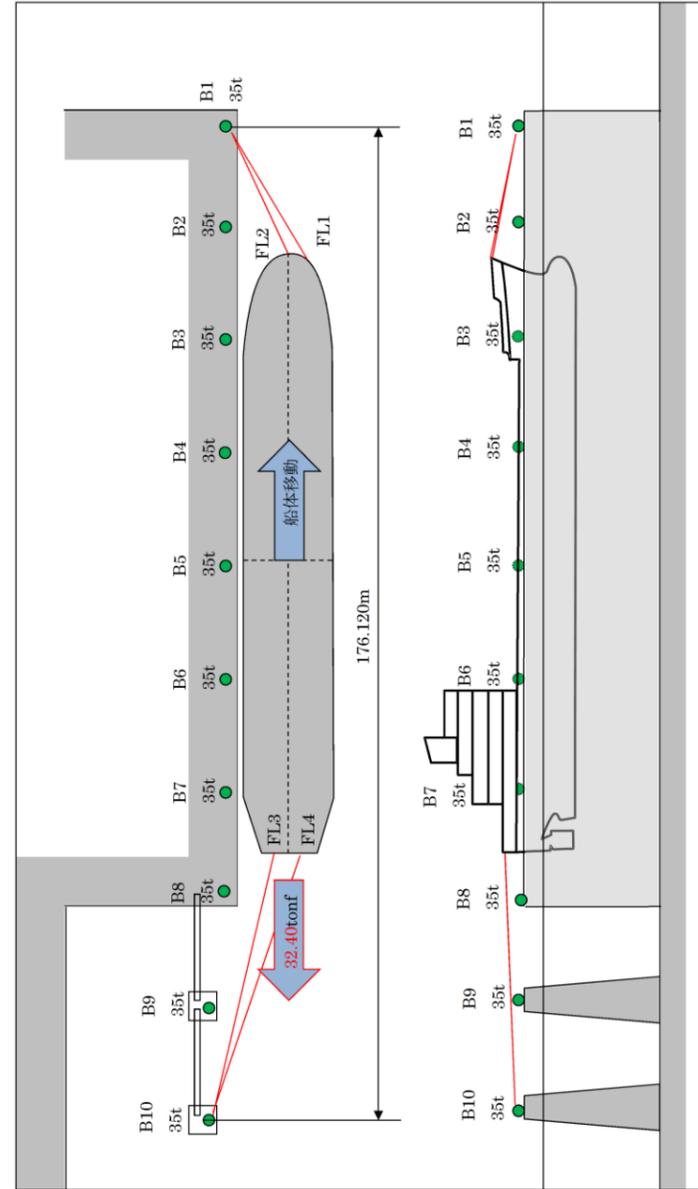


図 4 船尾方向への移動に対する船首方向係留力

・評価結果の相違  
 【柏崎 6/7, 東海第二】  
 津波条件, 荷揚場配置等  
 による評価結果の相違



添付第 21-5 図 船首方向への移動に対する船尾方向係留力



第 6 図 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

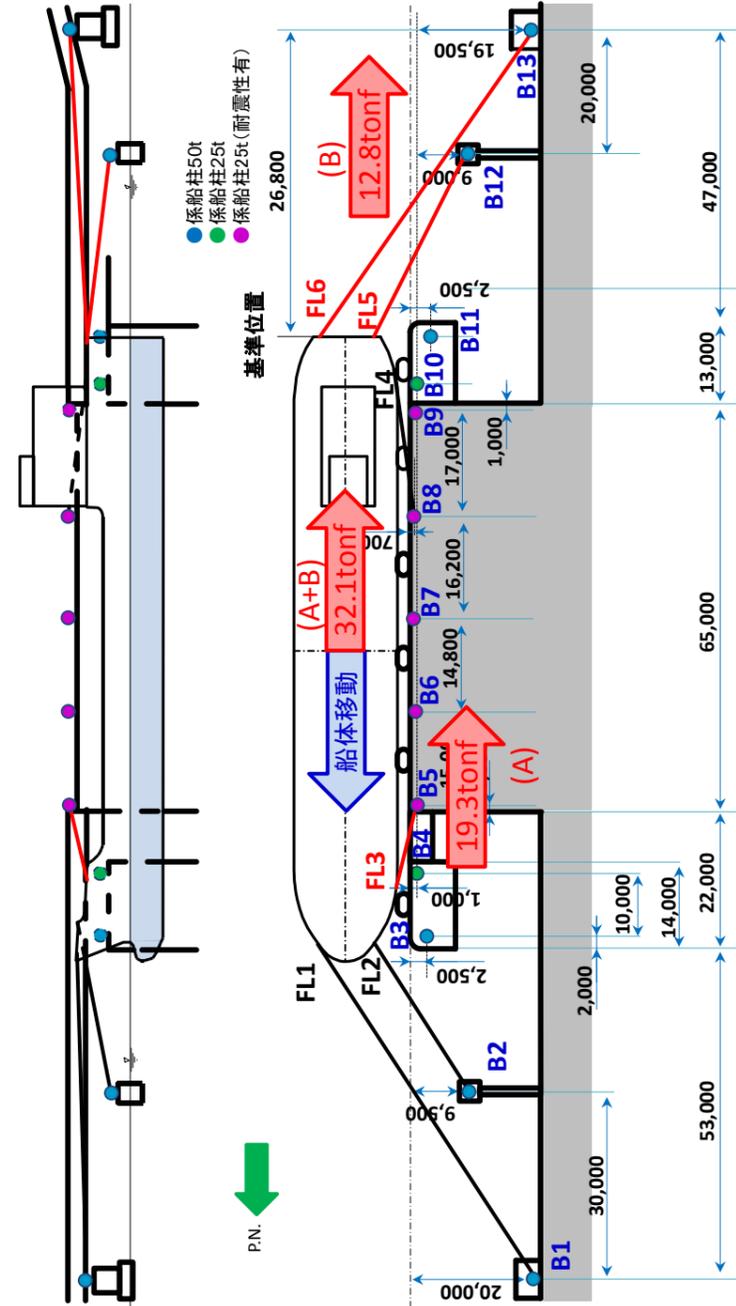


図 5 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

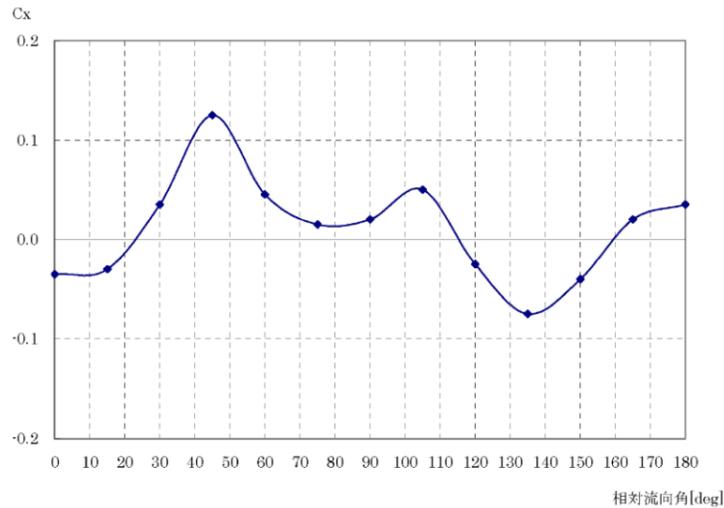
・評価結果の相違  
 【柏崎 6/7, 東海第二】  
 津波条件, 荷揚場配置等  
 による評価結果の相違

(4) 流圧力

流圧力の計算方法を添付第21-4表に、係留力との比較結果を添付第21-6図に示す。

添付第21-4表 流圧力の計算方法<sup>1)</sup>

<p><b>【流圧力計算式】</b></p> $F_{xc} = \frac{1}{2} \times C_{xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p><math>F_{xc}</math> : 縦方向流圧力 [kgf]  <math>C_{xc}</math> : 縦方向流圧力係数  <math>V_c</math> : 流速 [m/s]  <math>L_{pp}</math> : 垂線間長 [m]  <math>d</math> : 喫水 [m]  <math>\rho_c</math> : 水密度 [kgf・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]                  (=104.7kgf・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</p>
---	---



参考文献

1) OCIMF : Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, pp.178, pp.187, pp.202, 2008.

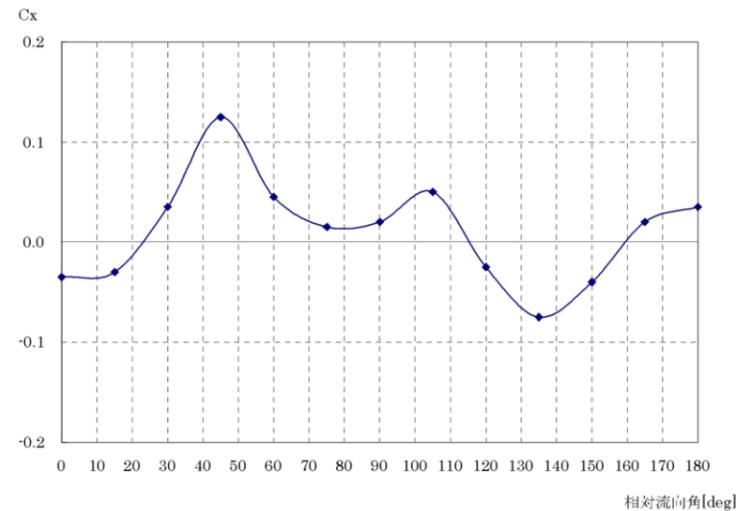
(4) 流圧力

流圧力の計算方法を第5表に示す。計算結果について、前項で求めた係留力と比較した結果を第7図に示す。

第5表 流圧力の計算方法

<p><b>【流圧力計算式】</b></p> $F_{xc} = \frac{1}{2} \times C_{xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p><math>F_{xc}</math> : 縦方向流圧力 [kgf]  <math>C_{xc}</math> : 縦方向流圧力係数  <math>V_c</math> : 流速 [m/s]  <math>L_{pp}</math> : 垂線間長 [m]  <math>d</math> : 喫水 [m]  <math>\rho_c</math> : 水密度 [kgf・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]                  (=104.5kgf・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</p>
---	---

(出典 : VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)



(出典 : VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)

縦方向流圧力係数 [Cx]

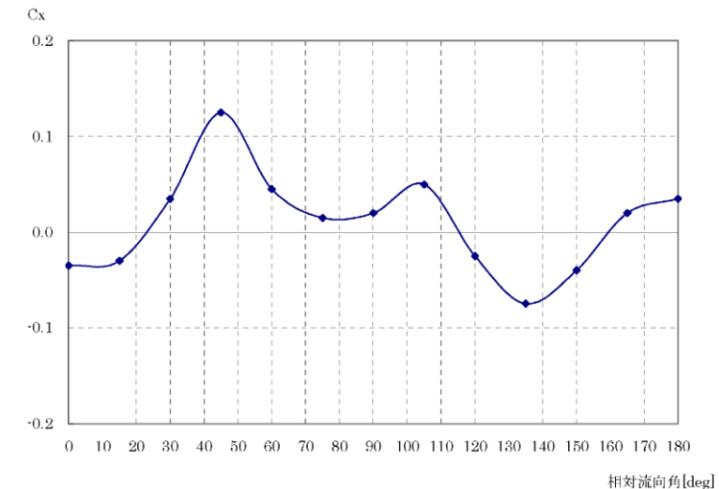
(4) 流圧力

流圧力の計算方法を表4に示す。計算結果について、前項で求めた係留力との比較結果を図6に示す。

表4 流圧力の計算方法

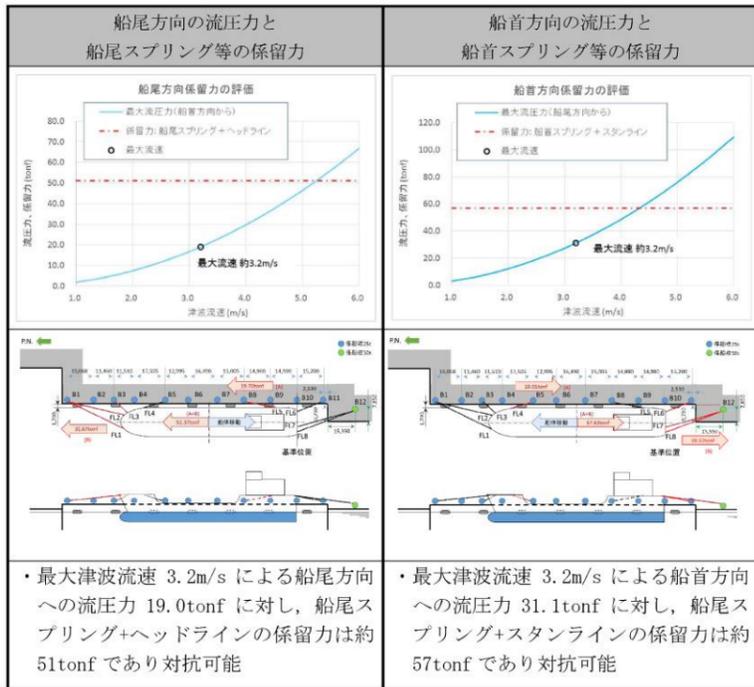
<p><b>【流圧力計算式】</b></p> $F_{xc} = \frac{1}{2} \times C_{xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p><math>F_{xc}</math> : 縦方向流圧力 [kgf]  <math>C_{xc}</math> : 縦方向流圧力係数  <math>V_c</math> : 流速 [m/s]  <math>L_{pp}</math> : 垂線間長 [m]  <math>d</math> : 喫水 [m]  <math>\rho_c</math> : 水密度 [kg・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]                  (=104.5 sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</p>
---	---

(出典 : 係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

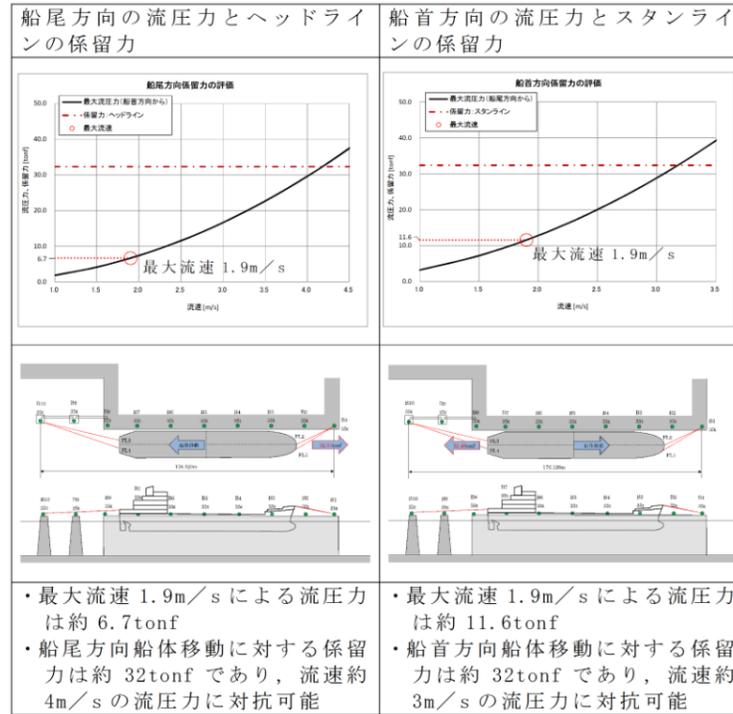


(出典 : VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)

縦方向流圧力係数 [Cx]



添付第21-6 図 流圧力と係留力の比較



第7図 流圧力と係留力比較

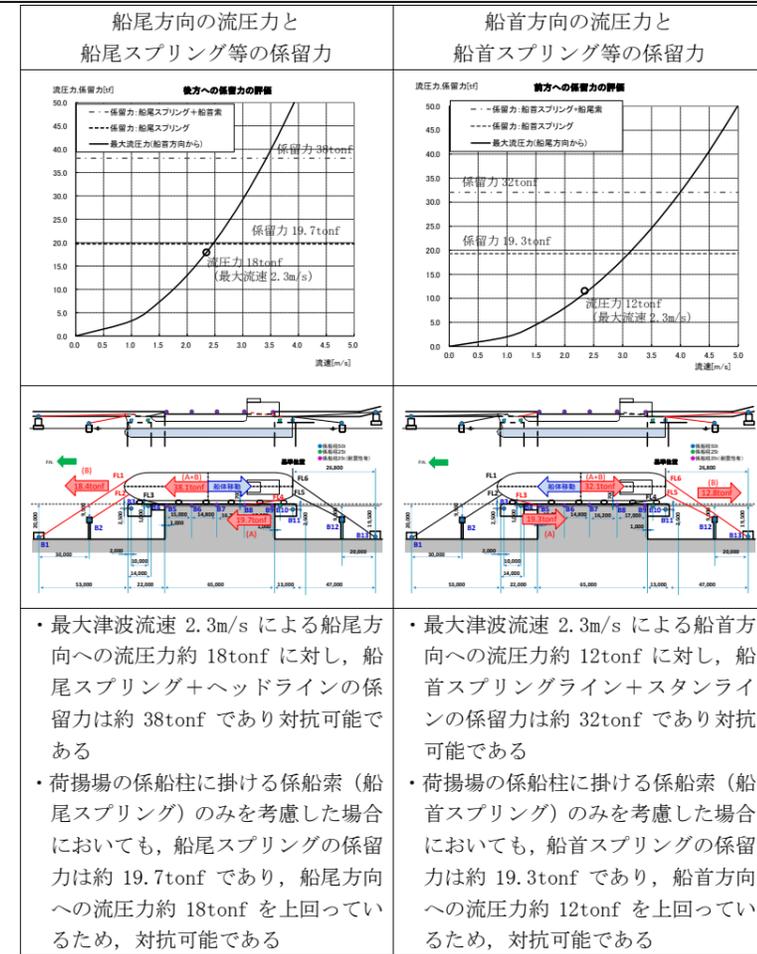
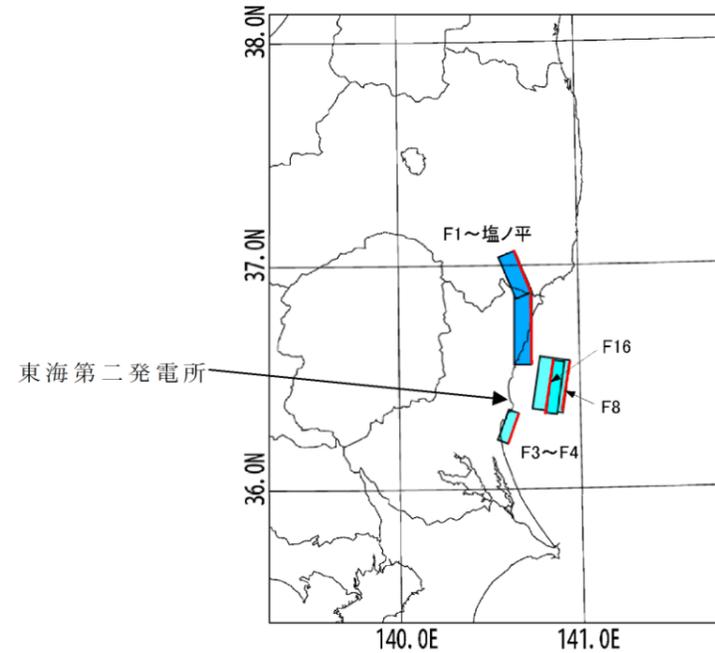


図6 流圧力と係留力の比較

・評価結果の相違  
【柏崎6/7、東海第二】  
津波条件、荷揚場配置等による評価結果の相違

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
<p>2.1.3 結論</p> <p>津波(最大流速3.2m/s:添付第21-3図参照)による流圧力に対し、係留力(約51tonf, 約57tonf)が上回ることを確認した。</p> <p>したがって、津波に対し、輸送船が係留によって対応すると仮定した場合においても係留力により物揚場に留まり続けることができる。</p>	<p>3. 結論</p> <p>評価対象津波(最大流速1.9m/s:第4図参照)による流圧力に対し、係留力(約32tonf)が上回ることを確認した。</p> <p>従って、早い津波に対し、輸送船が係留によって対応すると仮定した場合においても、係留力により岸壁に留まり続けることができる。</p>	<p>3. 結論</p> <p>津波(最大流速2.3m/s)による流圧力に対し、地震時に健全性が確保された荷揚場の係船柱に掛ける係船索のみを考慮した場合でも、係留力(約19.7tonf, 約19.3tonf)が上回ることを確認した。</p> <p>したがって、津波に対し、輸送船が係留によって対応すると仮定した場合においても係留力により荷揚場に留まり続けることができる。</p>	<p>・評価結果の相違</p> <p>【柏崎6/7, 東海第二】津波条件、荷揚場配置等による評価結果の相違</p> <p>・記載内容の相違</p> <p>【柏崎6/7, 東海第二】島根2号炉は、地震時に健全性が確保された荷揚場の係船柱に掛ける係船索のみを考慮した評価結果について記載</p>

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
<p style="text-align: right;">添付資料22</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について</p> <p>22.1 はじめに</p> <p>燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避するが、津波の襲来までに時間的な余裕がなく緊急退避が困難な場合について、燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係に基づき、寄せ波に対して物揚場へ乗り上げることのないこと、引き波に対して座礁及び転覆するおそれのないことを確認する。また、緊急退避が可能であった場合についても、退避中に引き波により、座礁及び転覆するおそれのないことを確認する。</p> <p>22.2 確認条件</p> <p>燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避する。輸送行程（「物揚場への接岸」～「荷役」～「物揚場からの離岸」）において、輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の行程においては、津波警報等の発令から数分程度で緊急退避が可能であるが、輸送船と輸送物が干渉し得る「荷役」行程では、緊急退避に15～30分程度を要する場合がある。</p> <p>柏崎刈羽原子力発電所で襲来が想定される津波の到達時間と緊急退避に要する時間との関係を示すと添付第22-1図のとおりとなる。</p> <p>これを踏まえ、以下の3ケースを確認ケースとする。なお、添付第22-1図より、40分程度の時間があれば緊急退避が十分可能であることから、確認の範囲は津波警報等の発令後、40分の期間とした。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料20</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係について</p> <p>1. 概要</p> <p>燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）は、津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合は考慮し、押し波により輸送船が物揚岸壁（以下「岸壁」という。）に乗り上げることはないこと、また引き波により座礁及び転覆するおそれのないことを確認する。</p> <p>2. 評価</p> <p>津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合は考慮し、早く襲来する可能性がある第1図に示す敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の中から、評価対象津波を選定する。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料17</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の喫水高さと津波高さとの関係について</p> <p>1. はじめに</p> <p>燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避するが、津波の襲来までに時間的な余裕がなく緊急退避が困難な場合について、燃料等輸送船の喫水高さと津波高さとの関係に基づき、寄せ波に対して荷揚場へ乗り上げることのないこと、引き波に対して座礁、転覆するおそれのないことを確認する。また、緊急退避が可能であった場合についても、退避中に引き波により、座礁、転覆するおそれのないことを確認する。</p> <p>2. 確認条件</p> <p>燃料等輸送船は、津波警報等発令時、原則、緊急退避する。輸送行程（「荷揚場岸壁への接岸」～「荷役」～「荷揚場岸壁からの離岸」）において、燃料等輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の行程においては、津波警報等の発令から数分程度で緊急退避が可能である。また、燃料等輸送船と輸送物が干渉し得る「荷役」行程では、30分程度の時間があれば緊急退避が十分可能であることから、確認の範囲は、早く襲来する海域活断層から想定される地震による津波で水位変化が一番大きい押し波、引き波を評価対象とする。</p>	<p>・評価条件の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>東海第二では、基準津波の到達までに緊急退避が可能であることから、早く襲来する津波を、高さも考慮し選定</p> <p>・評価条件の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>基準津波の到達時間等の相違</p>



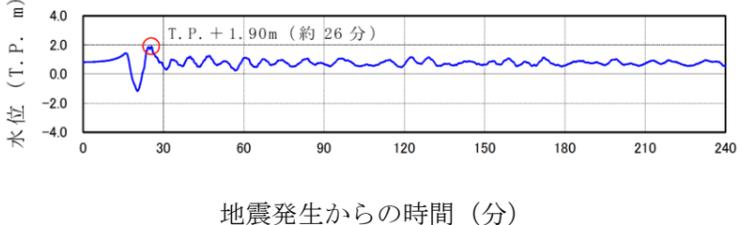
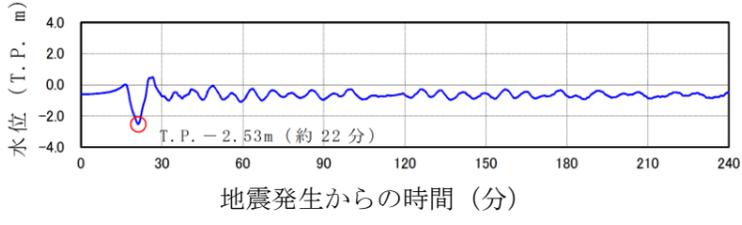
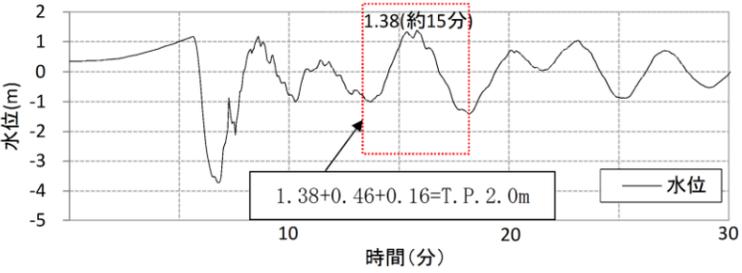
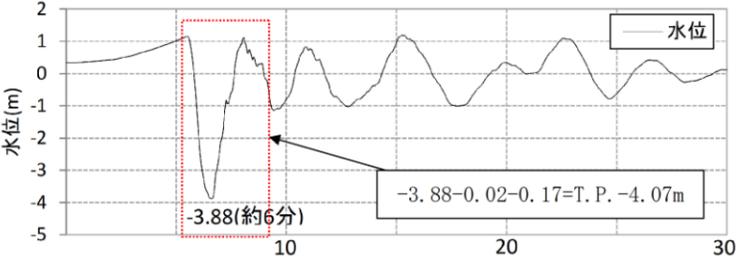
第1図 検討用海域活断層の位置

第2表に、取水口前面位置における各海域活断層の津波高さと到達時間の関係を示す。第2表に示すとおり、F8及びF16を波源とした津波は他の海域活断層を波源とした津波に比べて、早く到達するが、F8及びF16を波源とした津波の到達時刻はほぼ同様であるため、ここでは保守的に最高水位がもっとも高く、また最低水位がもっとも低いF16を波源とした津波を選定した。

第2表 各海域活断層の津波高さと到達時間の関係(取水口前面)

海域活断層名	押し波		引き波	
	最高水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)	最低水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)
F1～塩ノ平	+1.7	32	-1.3	43
F3～F4	+1.2	43	-0.8	183
F8	+1.9	24	-1.4	19
F16	+2.0	25	-2.6	21

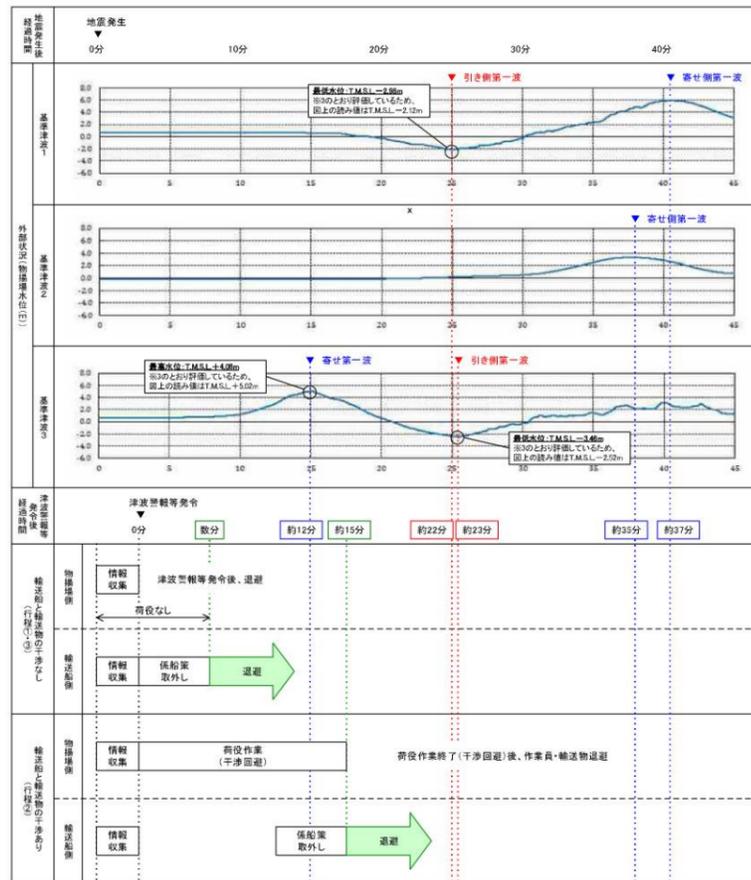
・評価条件の相違  
**【東海第二】**  
 東海第二では、基準津波の到達までに緊急退避が可能であることから、早く襲来する津波を津波高さも考慮し選定

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
<p>ケース1: 寄せ波による物揚場への乗り上げ評価  <u>緊急退避できずに基準津波3の寄せ波第一波(※)を受ける</u>  <u>※最高水位 T.M.S.L. +4.08m (発生時刻: 地震後約15分)</u></p> <p>ケース2: 引き波による座礁及び転覆評価 (緊急退避不能時)  <u>緊急退避できずに基準津波3の引き波第一波(※)を受ける</u>  <u>※最低水位 T.M.S.L. -3.46m (発生時刻: 地震後約26分)</u>  <u>※基準津波1の引き波第一波は本ケースに包含される</u></p>	<p>(1) 津波高さ</p> <p>a. 押し波  第2図に、最高水位を示した評価対象津波の波形を示す。第2図に示すとおり地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約26分の第二波で最高津波高さ(T.P. +1.90m (朔望平均満潮位 (T.P. +0.61m) 及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (0.2m沈下) 考慮済み)) に達している。</p>  <p>第2図 評価対象津波の波形 (最高水位を示したケース, 岸壁)</p> <p>b. 引き波  第3図に、最低水位を示した評価対象津波の波形を示す。第3図に示すとおり地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約22分に最低津波高さ(T.P. -2.53m (朔望平均干潮位 (T.P. -0.81m) 及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (0.2m沈下) 考慮済み)) に達している。</p>  <p>第3図 評価対象津波の波形 (最低水位を示したケース, 岸壁)</p>	<p>(1) 検討ケース  図1, 2に、燃料等輸送船が停泊する荷揚場における海域活断層から想定される地震による津波の波形を示す。押し波時の最大水位はT.P. 2.0m, 引き波時の最低水位はT.P. -4.07mである。</p>  <p>図1 基準津波4による荷揚場での時刻歴波形 (水位上昇側)</p>  <p>図2 基準津波4による荷揚場での時刻歴波形 (水位下降側)</p>	<p>・評価条件の相違  【柏崎6/7, 東海第二】  津波等の高さ, 地盤変動に係る相違</p> <p>・評価条件の相違  【柏崎6/7, 東海第二】  津波等の高さ, 地盤変動に係る相違</p>

ケース3：引き波による座礁及び転覆評価（退避中）

緊急退避中に基準津波3の引き波第一波（※）を受ける

※ケース2と同条件



※1津波警報等発令後経過時間は、地震発生後3分後（気象庁HPに記録の発表目標時間）に津波警報等が発令するものとして記載  
 ※2津波の到達時間は、引き波及び寄せ波ともピークの到達時間を記載  
 ※3本図の津波水位は、それぞれ以下の数値を予め定めて評価した結果を示している  
 ・基本津波1 期望平均高水位(T.M.S.L.+0.49m)、潮位のバラつき(上昇側0.16m)、地震変動量(0.21m)  
 ・基準津波2 期望平均高水位(T.M.S.L.+0.03m)、潮位のバラつき(下降側0.15m)、地震変動量(0.03m)  
 ・基準津波3 期望平均高水位(T.M.S.L.+0.49m)、潮位のバラつき(上昇側0.16m)、地震変動量(0.29m)  
 ※4輸送船の退避とは、物揚場から離岸することを示す  
 ※5行程①は「物揚場への接近」、行程②は「荷役」、行程③は「物揚場からの離岸」を示す

添付第22-1 図 津波の到達と燃料等輸送船の緊急退避に要する時間

・評価条件の相違  
 【柏崎 6/7】  
 島根 2号炉は早く襲来する津波（海域活断層から想定される地震による津波）が敷地に数分程度で到達するため、緊急退避を実施しないことから、退避中の評価は実施しない

22.3 確認結果

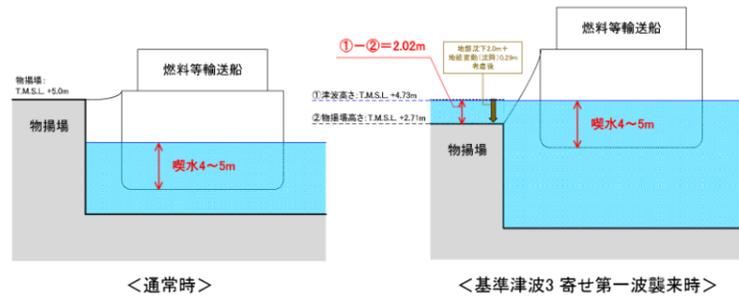
(1) ケース1: 寄せ波による物揚場への乗り上げ評価

寄せ波による津波高さと喫水の関係を添付第22-2 図に示す。

これより、燃料等輸送船は物揚場に乗り上げることはないことを確認した。

① 津波高さ		
・寄せ波水位	T.M.S.L. + 4.08m	
・朔望平均満潮位	T.M.S.L. + 0.49m	
・潮位のばらつき	+ 0.16m	
(計)	T.M.S.L. + 4.73m	
② 津波襲来時物揚場高さ		
・物揚場高さ(通常時)	T.M.S.L. + 5.00m	
・地殻変動量(沈降)	- 0.29m	
・地盤沈下量	- 2.00m	
(計)	T.M.S.L. + 2.71m	

⇒ ①-②=2.02m < 喫水(4~5m)



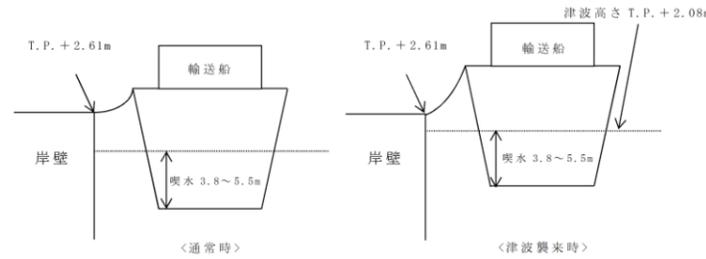
(備考)  
 ○津波の原因となる地震による地殻変動(0.29m沈降)を考慮した。  
 ○地盤変状について、基準地震動による地盤沈下を保守的に評価した値(2.0m沈下)を考慮しても、燃料等輸送船は物揚場に乗り上げることはない。  
 ○なお、燃料等輸送船の喫水は、積荷、バラスト水等で変動するが、積荷なしでも過去の実績よりおよそ4m以上である。

添付第22-2 図 寄せ波による津波高さと喫水の関係

(2) 押し波(岸壁乗上げ評価)

押し波高さと喫水の関係を第4図に示す。第4図に示すとおり、輸送船は岸壁に乗り上げることはないことを確認した。

・押し波高さ	T.P. + 1.90m
・上昇側潮位のばらつき	+ 0.18m
(計)	T.P. + 2.08m



第4図 押し波高さと喫水の関係

(備考)

- ・津波の原因となる地震による地殻変動(+0.05m)は岸壁が高くなる方向に寄与するため、保守的に考慮していない。
- ・押し波高さ(T.P. + 1.90m)は、朔望平均満潮位(T.P. + 0.61m)及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動(0.2m沈下)を考慮している。
- ・輸送船の喫水は、積荷、バラスト水等で変動するが、積荷なしでも3.8m以上(実績)である。

3. 確認結果

(1) 寄せ波による岸壁への乗り上げ評価

寄せ波による津波高さと岸壁高さ及び喫水高さの関係を図3に示す。

寄せ波による津波高さは岸壁高さを下回ることから、燃料等輸送船は岸壁に乗り上げることはないことを確認した。

なお、地震により地盤の隆起が考えられるが、保守的に考慮しないものとする。

① 津波高さ		
・寄せ波水位	T.P. 1.38m	
・朔望平均満潮位	T.P. 0.58m	
・潮位のばらつき	0.14m	
合計	T.P. 約 2.10m	
② 津波襲来時岸壁高さ		
・岸壁高さ(通常時)	T.P. 6.00m	

⇒ ②-①=3.90m

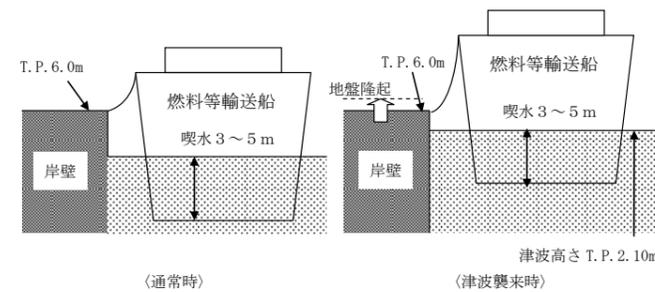


図3 寄せ波による津波高さと岸壁高さ及び喫水高さの関係

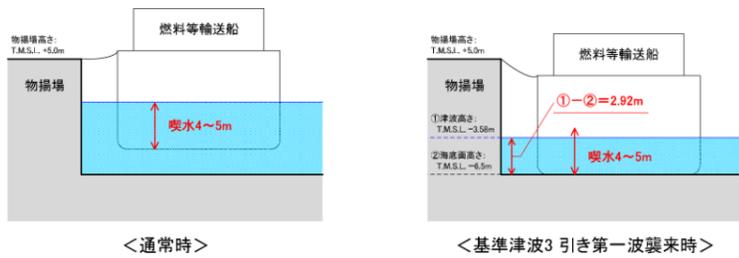
・評価結果の相違  
 【柏崎6/7, 東海第二】  
 評価条件の違いによる相違

(2) ケース2:引き波による座礁及び転覆評価(緊急退避不能時)

引き波による津波高さと喫水の関係を添付第22-3図に示す。

これより、燃料等輸送船は引き波のピークの際には一時的に着底し得ることが示されるが、この場合も、以下の理由より座礁及び転覆することはない(漂流物とならない)。

- 一時的な着底があったとしても、輸送船は二重船殻構造等、十分な船体強度を有しており、水位回復後に退避が可能である。
- また、着底後の引き波による流圧力、あるいは水位回復時の寄せ波による流圧力に対する転覆の可能性については、輸送船の重量及び扁平な断面形状より、その可能性はない。なお、転覆の可能性に関わる具体的な評価を別紙に示す。



(備考)  
○津波の原因となる地震による地殻変動及び地盤変状は、海底との距離が大きくなる方向に寄与するため、保守的に考慮していない。

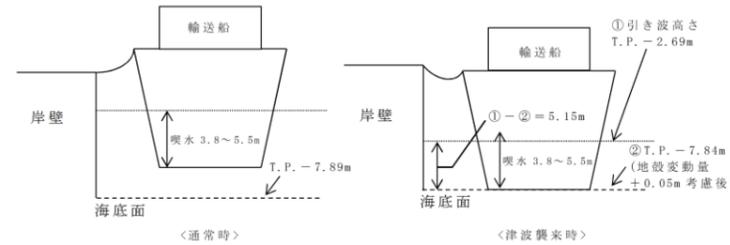
添付第 22-3 図 引き波による津波高さと喫水の関係

(3) 引き波 (着底評価)

引き波高さと喫水の関係を第5図に示す。第5図に示すとおり、輸送船は引き波の最低高さ時には一時的に着底し得るが、この場合も以下の理由により座礁及び転覆することはない(漂流物とならない)。

- 仮に一時的な着底があったとしても、輸送船は二重船殻構造等、十分な船体強度を有しており、水位回復後に退避が可能であり座礁する可能性はない。
- 輸送船の重量及び扁平な断面形状より、着底後の引き波による流圧力、又は水位回復時の押し波による流圧力に対して転覆の可能性はない。なお、転覆に関わる評価を別紙に示す。

・引き波高さ	T. P. -2.53m
・下降側潮位のばらつき	-0.16m
(計)	T. P. -2.69m



第5図 引き波高さと喫水の関係

(備考)

- 津波の原因となる地震による地殻変動 (+0.05m) を考慮した。
- 引き波高さ (T. P. -2.53m) は、朔望平均干潮位 (T. P. -0.81m) 及び 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (0.2m 沈下) を考慮している。

(2) 引き波 (着底評価)

引き波による津波高さと喫水高さの関係を図4に示す。

これにより、燃料等輸送船は引き波のピークの際には一時的に着底し得ることが示されるが、この場合も、以下の理由により座礁、転覆することはない(漂流物とならない)。

- 一時的な着底があったとしても、燃料等輸送船は二重船殻構造等、十分な船体強度を有しており、水位回復後に退避が可能である。
- また、着底後の引き波による流圧力、あるいは水位回復時の押し波による流圧力に対する転覆の可能性については、燃料等輸送船の重量及び扁平な断面形状より、その可能性はない。

①津波高さ		
・引き波水位	T. P. -3.88m	
・朔望平均干潮位	T. P. -0.02m	
・潮位のばらつき	-0.17m	
合計	T. P. 約-4.07m	①-②=3.59m <喫水 (3~5m)>
②海面高さ		
・海面高さ	T. P. -8.00m	
・地盤変動	+0.34m	
	T. P. 約-7.66m	

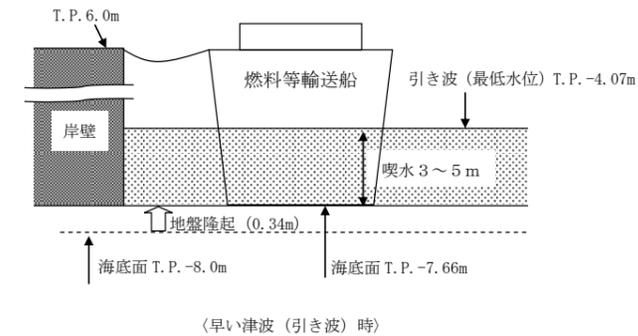


図4 引き波による津波高さと喫水高さの関係

・評価結果の相違  
【柏崎 6/7, 東海第二】  
評価条件の違いによる相違

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
<p>(3) ケース3: 引き波による座礁及び転覆評価 (退避中)</p> <p><u>柏崎刈羽原子力発電所の港湾内の海底面高さは、港湾内でほぼ一定であるため、本ケースにおける引き波高さと喫水との関係はケース2における添付第22-3 図と同等である。</u></p> <p><u>したがって、図より燃料等輸送船は、退避中、引き波のピークの際には一時的に着底し得ることが示されるが、この場合も、前述と同様、輸送船の船体強度、重量及び形状より、離岸後の輸送船は、座礁及び転覆することなく、退避可能 (漂流物とならない) と判断できる。</u></p> <p>22.4 結論</p> <p>朔望平均満潮位・干潮位等の保守的な条件を考慮した場合でも、燃料等輸送船は、津波高さと喫水高さの関係から寄せ波により物揚場に乗上げることはなく、また、緊急退避ができない場合及び退避中に引き波により一時的に着底した場合でも、座礁及び転覆しない (漂流物とならない) ことを確認した。</p>	<p>3. 結論</p> <p>朔望平均満潮位、干潮位等の保守的な条件を考慮し、極めて短時間に津波が襲来する場合を仮定しても、輸送船は、津波高さと喫水高さの関係から岸壁に乗上げることはなく、また、引き波により一時的に着底したとしても、座礁及び転覆せず漂流物とならないことを確認した。</p>	<p>4. 結論</p> <p>朔望平均満潮位、干潮位等の保守的な条件を考慮した場合でも、燃料等輸送船は、津波高さと喫水高さの関係から寄せ波により荷揚場に乗上げることはなく、また、緊急退避ができない場合でも、引き波により一時的に着底することが考えられるが、船体は二重船殻構造等、十分な強度を有しており、水位回復後に退避が可能であり、漂流物とならないことを確認した。</p>	<p>・評価条件の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>島根 2号炉は早く襲来する津波 (海域活断層から想定される地震による津波) が敷地に数分程度で到達するため、緊急退避を実施しないことから、退避中の評価は実施しない</p>

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																																				
<p style="text-align: right;">別紙</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について</p> <p>本別紙では、燃料等輸送船が物揚場における停泊時及び港湾内で緊急退避中に引き波により着底することを想定し、その際の転覆の可能性について評価する。</p> <p>1. 評価条件 (1) 燃料等輸送船の仕様・形状 燃料等輸送船の仕様を表1に、外形図を図1及び図2に示す。</p> <p style="text-align: center;">表1 燃料等輸送船の仕様</p> <table border="1" data-bbox="160 1016 911 1266"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>満載排水量</td> <td>約7,000トン</td> </tr> <tr> <td>載貨重量トン</td> <td>約3,000トン</td> </tr> <tr> <td>喫水</td> <td>約5m</td> </tr> <tr> <td>全長</td> <td>100.0m (垂線間長: 94.4m)</td> </tr> <tr> <td>型幅</td> <td>16.5m</td> </tr> </tbody> </table>	項目	仕様	満載排水量	約7,000トン	載貨重量トン	約3,000トン	喫水	約5m	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)	型幅	16.5m	<p style="text-align: right;">別紙</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について</p> <p>1. 概要 燃料等輸送船(以下「輸送船」という。)の物揚岸壁における停泊中及び港湾内で緊急退避中に引き波により着底することを想定し、その際の転覆の可能性について評価する。</p> <p>2. 評価条件 (1) 輸送船の仕様・形状 輸送船の仕様を第1表に、外形図を第1図及び第2図に示す。</p> <p style="text-align: center;">第1表 輸送船の仕様</p> <table border="1" data-bbox="967 1037 1685 1381"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>満載排水量</td> <td>約7,000t (空荷状態: 約4,000t)</td> </tr> <tr> <td>載貨重量トン</td> <td>約3,000t</td> </tr> <tr> <td>喫水</td> <td>約5m</td> </tr> <tr> <td>全長</td> <td>100.0m (垂線間長: 94.4m)</td> </tr> <tr> <td>型幅</td> <td>16.5m</td> </tr> </tbody> </table>	項目	仕様	満載排水量	約7,000t (空荷状態: 約4,000t)	載貨重量トン	約3,000t	喫水	約5m	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)	型幅	16.5m	<p style="text-align: right;">別紙</p> <p style="text-align: center;">燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について</p> <p>本別紙では、燃料等輸送船が荷揚場における停泊時に引き波により着底することを想定し、その際の転覆の可能性について評価する。ここでは、転覆の可能性の観点から、転覆しやすいよう重心位置が高くなる積荷がない場合の評価結果を示す。</p> <p>1. 評価条件 (1) 燃料等輸送船の仕様・形状 燃料等輸送船の仕様を表1に、外形図を図1及び図2に示す。</p> <p style="text-align: center;">表1 燃料等輸送船の仕様</p> <table border="1" data-bbox="1739 1010 2502 1287"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>満載排水量</td> <td>約7,000トン (空荷状態; 約4,000トン)</td> </tr> <tr> <td>載貨重量トン</td> <td>約3,000トン</td> </tr> <tr> <td>喫水</td> <td>約5m</td> </tr> <tr> <td>全長</td> <td>100.0m (垂線間長: 94.4m)</td> </tr> <tr> <td>型幅</td> <td>16.5m</td> </tr> </tbody> </table>	項目	仕様	満載排水量	約7,000トン (空荷状態; 約4,000トン)	載貨重量トン	約3,000トン	喫水	約5m	全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)	型幅	16.5m	<p>備考</p> <p>・評価条件の相違 【柏崎6/7, 東海第二】 島根2号炉は早く襲来する津波(海域活断層から想定される地震による津波)が敷地に数分程度で到達するため、緊急退避を実施しないことから、退避中の評価は実施しない</p>
項目	仕様																																						
満載排水量	約7,000トン																																						
載貨重量トン	約3,000トン																																						
喫水	約5m																																						
全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)																																						
型幅	16.5m																																						
項目	仕様																																						
満載排水量	約7,000t (空荷状態: 約4,000t)																																						
載貨重量トン	約3,000t																																						
喫水	約5m																																						
全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)																																						
型幅	16.5m																																						
項目	仕様																																						
満載排水量	約7,000トン (空荷状態; 約4,000トン)																																						
載貨重量トン	約3,000トン																																						
喫水	約5m																																						
全長	100.0m (垂線間長: 94.4m)																																						
型幅	16.5m																																						

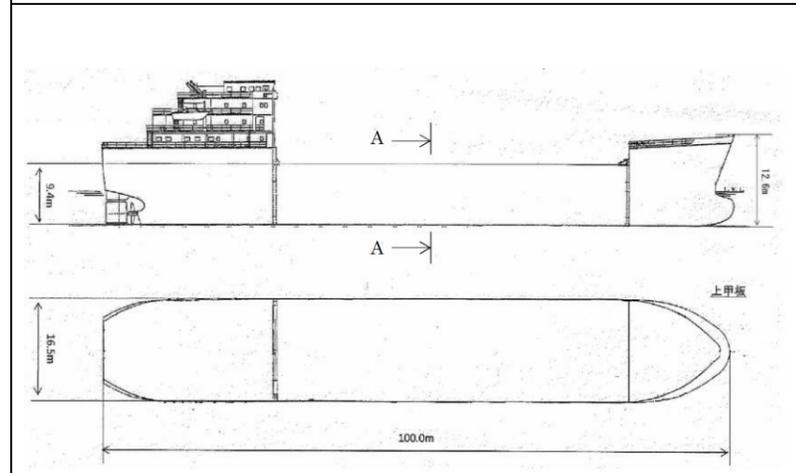


図1 燃料等輸送船外形図

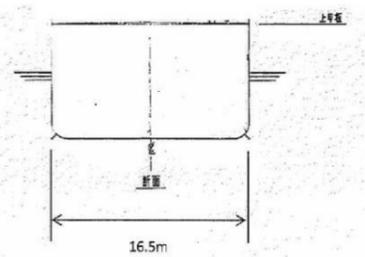
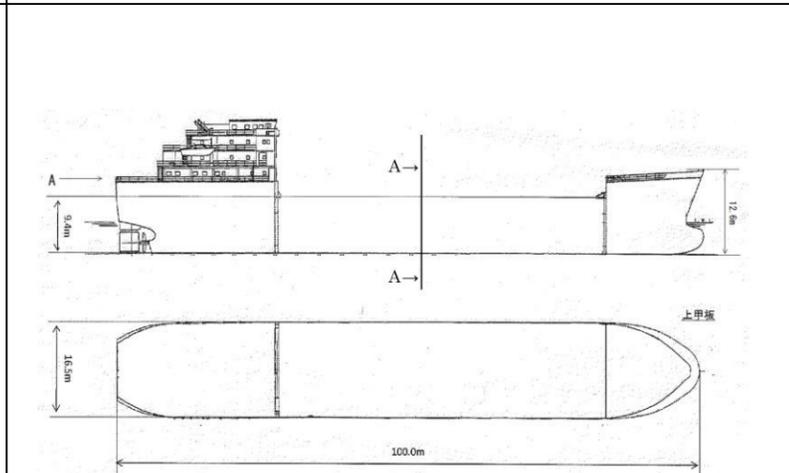


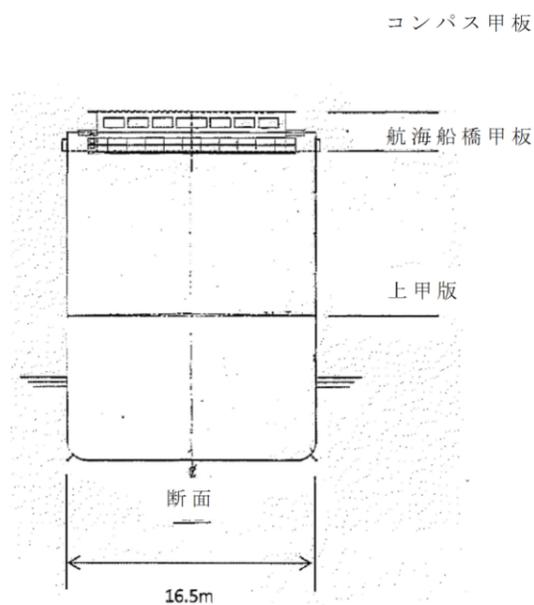
図2 燃料等輸送船外形図 (A-A 矢視)

(2) 転覆モード

小型の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがある。このような船舶の場合、図3に示すとおり引き波により着底した際には傾きが発生し、この状態で津波による流圧力を受けると転覆する可能性が考えられる。



第1図 輸送船外形図



第2図 輸送船外形図 (A-A 矢視)

(2) 転覆モード

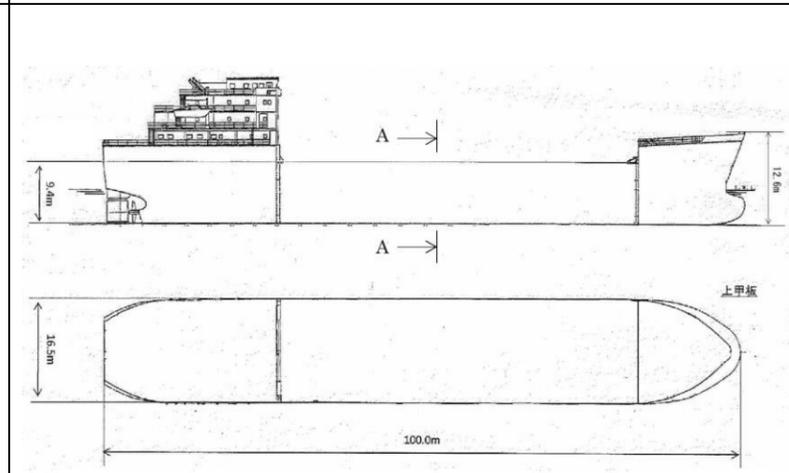


図1 燃料等輸送船外形図

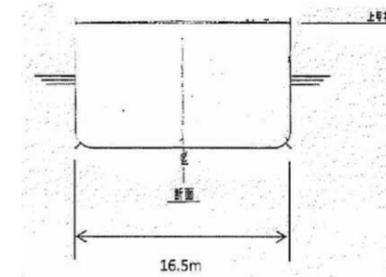


図2 燃料等輸送船外形図 (A-A 断面)

(2) 転覆モード

小型の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがある。このような船舶の場合、図3に示すとおり引き波により着底した際には傾きが発生し、この状態で津波による流圧力を受けると転覆する可能性がある。

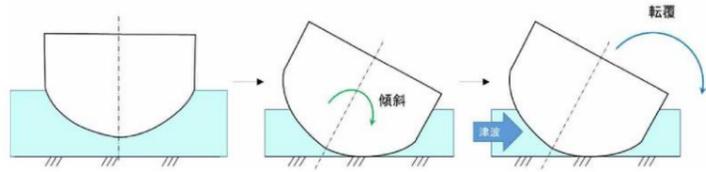


図3 丸型の船底を有する船舶の着底状態

一方、燃料等輸送船は一般のタンカーなどと同様に図2で示したとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、図4に示すように燃料等輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆可能性の評価を行うものとする。

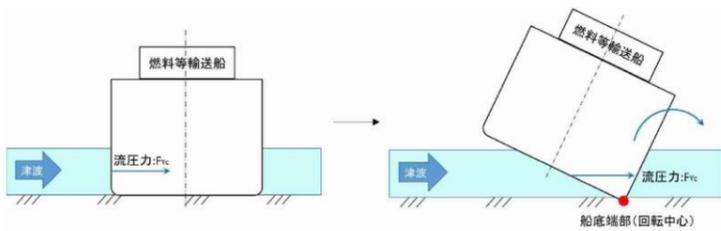
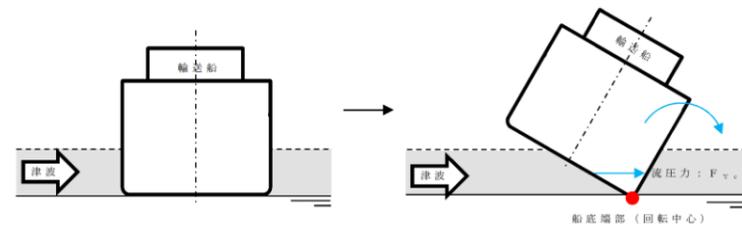


図4 想定転覆モード

2. 転覆評価

図4の転覆モードにおいて燃料等輸送船に働く力とモーメントを図5に示す。

一般の船舶の場合、丸型やV型の船底を有しているものがあるが、輸送船は第2図に示すとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、第3図に示すように輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆可能性の評価を行うものとする。



第3図 想定転覆モード

3. 転覆評価

第3図の想定転覆モードにおいて輸送船に働く力とモーメントを図4に示す。

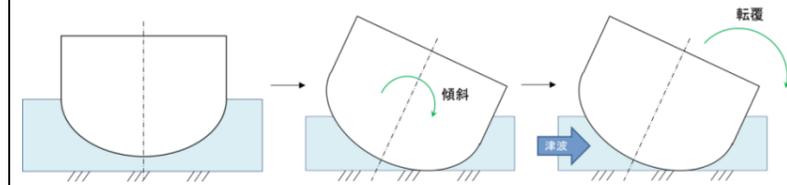


図3 丸型の船底を有する船舶の着底状態

一方、燃料等輸送船は一般のタンカーなどと同様に図2で示したとおり、断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため、引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが、ここでは保守的に、図4に示すように燃料等輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり、船底端部周りに回転する状況を想定し、転覆の可能性の評価を行うものとする。

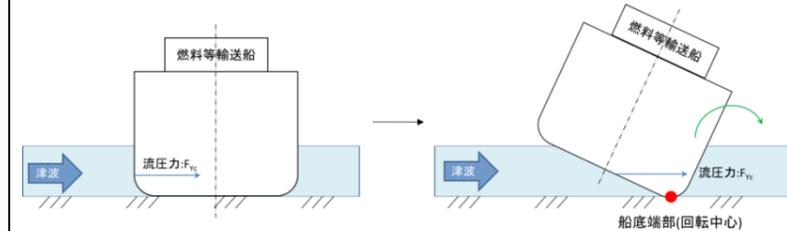


図4 想定転覆モード

2. 転覆評価

図4の転覆モードにおいて燃料等輸送船に働く力とモーメントを図5に示す。

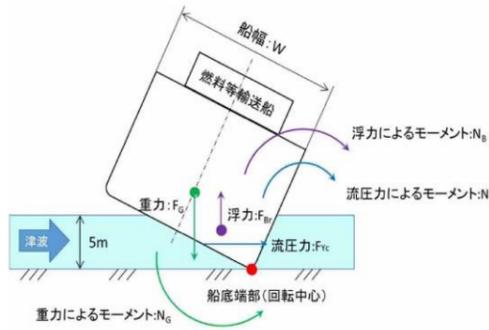


図5 燃料等輸送船に働く力とモーメント

津波を受けると流圧力 $F_{Yc}$ によるモーメント $N$ が発生し、船底端部を中心に燃料等輸送船を回転させる。また、浮力 $F_{Br}$ によるモーメント $N_B$ も流圧力によるモーメント $N$ と同じ方向に発生する。一方、重力 $F_G$ によるモーメント $N_G$ がこれらのモーメントと逆方向に発生し燃料等輸送船の傾きを戻す。この際、流圧力及び浮力によるモーメントにより傾きが増大し、重心位置が回転中心の鉛直線上を超える場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線上にあるときの傾きは約60°であるため、ここでは傾きを30°と仮定し、流圧力によるモーメント $N$ と浮力によるモーメント $N_B$ の和と重力によるモーメント $N_G$ とのモーメントの釣り合いから転覆しないことを確認する。

重力によるモーメント $N_G$ は次式のとおりとなる。

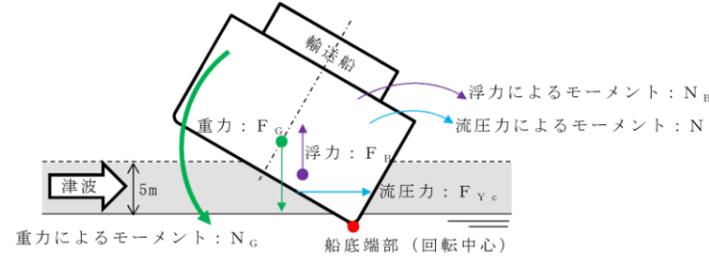
$$N_G = F_G \times X(GR)$$

$$= 7000 \times 5.1$$

$$= 35700 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$$

$N_G$  : 重力によるモーメント [tonf・m]  
 $F_G$  : 燃料等輸送船の重量(=満載排水量) [tonf] (=7000)  
 $X(GR)$  : 重心と回転中心の水平方向距離 [m] (≒5.1)

次に流圧力によるモーメント $N$ は次式にて計算できる。



第4図 輸送船に働く力とモーメント

津波を受けると流圧力 $F_{Yc}$ によるモーメント $N$ が発生し、船底端部を中心に輸送船を回転させる。また、浮力 $F_{Br}$ によるモーメント $N_B$ も流圧力によるモーメント $N$ と同じ方向に発生する。一方、重力 $F_G$ によるモーメント $N_G$ がこれらのモーメントと逆方向に発生し輸送船の傾きを戻す。この際、流圧力及び浮力によるモーメントにより傾きが増大し、重心位置が回転中心の鉛直線上を超える場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線上にあるときの傾きは約48°であるため、ここでは傾きを24°と仮定し、流圧力によるモーメント $N$ と浮力によるモーメント $N_B$ の和と重力によるモーメント $N_G$ とのモーメントの釣り合いから転覆しないことを確認する。

重力によるモーメント $N_G$ は次式のとおりとなる。

$$N_G = F_G \times X(GR)$$

$$= 4,000 \times 4.5$$

$$= 18,000 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$$

$N_G$  : 重力によるモーメント [tonf・m]  
 $F_G$  : 輸送船(空荷状態)の重量 [tonf] (=4,000)  
 $X(GR)$  : 重心と回転中心の水平方向距離 [m] (≒4.5)

次に流圧力によるモーメント $N$ は次式にて計算できる。

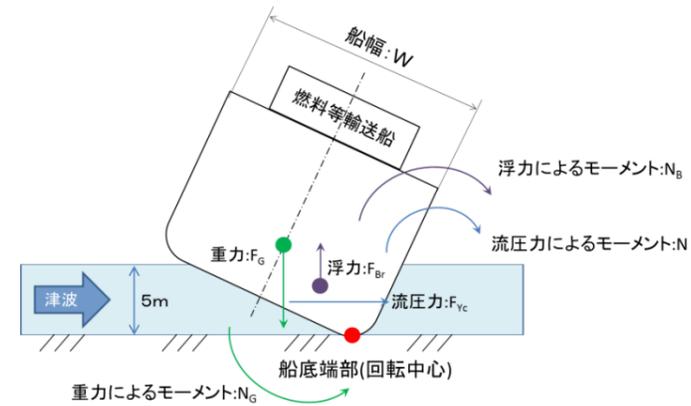


図5 燃料等輸送船に働く力とモーメント

津波を受けると流圧力 $F_{Yc}$ によるモーメント $N$ が発生し、船底端部を中心に燃料等輸送船を回転させる。また、浮力 $F_{Br}$ によるモーメント $N_B$ も流圧力によるモーメント $N$ と同じ方向に発生する。一方、重力 $F_G$ によるモーメント $N_G$ がこれらのモーメントと逆方向に発生し、燃料等輸送船の傾きを戻す。この際、流圧力及び浮力によるモーメントにより傾きが増大し、重心位置が回転中心の鉛直線上を超える場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線上にあるときの傾きは約48°であるため、ここでは傾きを24°と仮定し、流圧力によるモーメント $N$ と浮力によるモーメント $N_B$ の和と重力によるモーメント $N_G$ とのモーメントの釣り合いから転覆しないことを確認する。

重力によるモーメント $N_G$ は次式のとおりとなる。

$$N_G = F_G \times X(GR)$$

$$= 4,000 \times 4.5$$

$$= 18,000 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$$

$N_G$  : 重力によるモーメント [tonf・m]  
 $F_G$  : 燃料等輸送船の重量(=空荷状態重量) [tonf] (=4,000)  
 $X(GR)$  : 重心と回転中心の水平方向距離 [m] (≒4.5)

次に流圧力によるモーメント $N$ は次式にて計算できる。

・評価条件の相違  
 【柏崎 6/7】  
 島根 2号炉は空荷状態を考慮

・評価条件の相違  
 【柏崎 6/7】  
 島根 2号炉は空荷状態を考慮

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						
<p><math>N = F_{Yc} \times W \div 2</math>  <math>= F_{Yc} \times d \div 2</math></p> <p>N : 流圧力によるモーメント [tonf・m]  F<sub>Yc</sub> : 流圧力 [tonf]  W : 水位 [m]  d : 喫水 [m] (=5)</p> <p>ここで、流圧力は受圧面積が最大のときに最も大きくなり、かつ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大<u>のとき</u>に最も大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。  また、横方向の流圧力F<sub>Yc</sub> を表2 に示す方法で計算する。</p> <p style="text-align: center;">表 2 横方向流圧力の計算方法<sup>1)</sup></p> <table border="1" data-bbox="163 1348 914 1566"> <tr> <td>【流圧力計算式】 <math>F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d</math></td> <td>F<sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf]  C<sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数  V<sub>c</sub> : 流速 [m/s]  L<sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] (=94.4)  d : 喫水 [m] (=5)  ρ<sub>c</sub> : 水密度 [kgf・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]  (= 104.7kgf・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</td> </tr> </table> <p>このとき、流速は図6-1 に示す早く襲来する津波の最大流速 <u>3.2m/s</u> を適用し、横方向流圧力係数を図7 より10 と仮定する。</p>	【流圧力計算式】 $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	F <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf] C <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数 V <sub>c</sub> : 流速 [m/s] L <sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] (=94.4) d : 喫水 [m] (=5) ρ <sub>c</sub> : 水密度 [kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] (= 104.7kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )	<p><math>N = F_{Yc} \times W \div 2</math>  <math>= F_{Yc} \times d \div 2</math></p> <p>N : 流圧力によるモーメント [tonf・m]  F<sub>Yc</sub> : 流圧力 [tonf]  W : 水位 [m]  d : 喫水 [m] (=5)</p> <p>ここで、流圧力は受圧面積が最大のときに最も大きくなり、かつ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大<u>のとき</u>に最も大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。  また、横方向の流圧力F<sub>Yc</sub> を第2表 に示す方法で計算する。</p> <p style="text-align: center;">第2表 横方向流圧力の計算方法</p> <table border="1" data-bbox="961 1348 1691 1654"> <tr> <td>【流圧力計算式】 <math>F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d</math></td> <td>F<sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf]  C<sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数  V<sub>c</sub> : 流速 [m/s]  L<sub>PP</sub> : 垂線間長 [m]  d : 喫水 [m]  ρ<sub>c</sub> : 水密度 [kgf・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]  (= 104.5kgf・s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</td> </tr> </table> <p>(出典 : VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)</p> <p>このとき、流速は第5図に示す最低水位を示した早く襲来する津波の最大流速 <u>2.0m/s</u> を適用し、横方向流圧力係数を第6</p>	【流圧力計算式】 $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	F <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf] C <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数 V <sub>c</sub> : 流速 [m/s] L <sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] d : 喫水 [m] ρ <sub>c</sub> : 水密度 [kgf・s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] (= 104.5kgf・s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )	<p><math>N = F_{Yc} \times W \div 2</math>  <math>= F_{Yc} \times d \div 2</math></p> <p>N : 流圧力によるモーメント [tonf・m]  F<sub>Yc</sub> : 流圧力 [tonf]  W : 水位 [m]  d : 喫水 [m] (=5)</p> <p>ここで、流圧力は受圧面積が最大のときに最も大きくなり、かつ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大<u>の時</u>に最も大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。  また、横方向の流圧力F<sub>Yc</sub> を表2 に示す方法で計算する。</p> <p style="text-align: center;">表 2 横方向流圧力の計算方法<sup>1)</sup></p> <table border="1" data-bbox="1742 1348 2502 1566"> <tr> <td>【流圧力計算式】 <math>F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d</math></td> <td>F<sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf]  C<sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数  V<sub>c</sub> : 流速 [m/s]  L<sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] (=94.4)  d : 喫水 [m] (=5)  ρ<sub>c</sub> : 水密度 [kgf・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>]  (= 104.7kgf・sec<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)</td> </tr> </table> <p>このとき、流速は図6 に示す基準津波の最大流速 <u>2.3m/s</u> を適用し、横方向流圧力係数を図7 より10 と仮定する。</p>	【流圧力計算式】 $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	F <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf] C <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数 V <sub>c</sub> : 流速 [m/s] L <sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] (=94.4) d : 喫水 [m] (=5) ρ <sub>c</sub> : 水密度 [kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] (= 104.7kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )	<p>備考</p> <p>・評価条件の相違  【柏崎 6/7, 東海第二】</p>
【流圧力計算式】 $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	F <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf] C <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数 V <sub>c</sub> : 流速 [m/s] L <sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] (=94.4) d : 喫水 [m] (=5) ρ <sub>c</sub> : 水密度 [kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] (= 104.7kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )								
【流圧力計算式】 $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	F <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf] C <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数 V <sub>c</sub> : 流速 [m/s] L <sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] d : 喫水 [m] ρ <sub>c</sub> : 水密度 [kgf・s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] (= 104.5kgf・s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )								
【流圧力計算式】 $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{PP} \times d$	F <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力 [kgf] C <sub>Yc</sub> : 横方向流圧力係数 V <sub>c</sub> : 流速 [m/s] L <sub>PP</sub> : 垂線間長 [m] (=94.4) d : 喫水 [m] (=5) ρ <sub>c</sub> : 水密度 [kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] (= 104.7kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )								

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

図より10と仮定する。

津波流速の相違

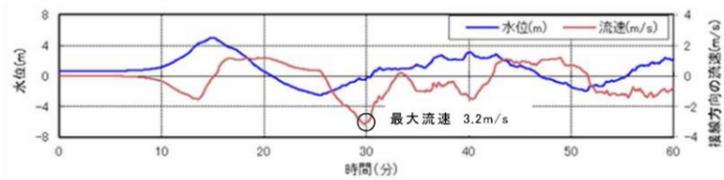


図6-1 基準津波3の水位・流速(物揚場前面)

なお、地震等により防波堤が損傷した場合でも、流速は図6-2に示すとおり防波堤健全時(図6-1)よりも小さいため、流速条件は防波堤健全時における流速に包含される。

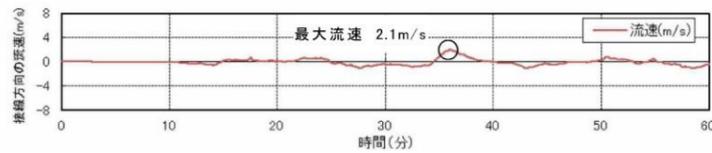
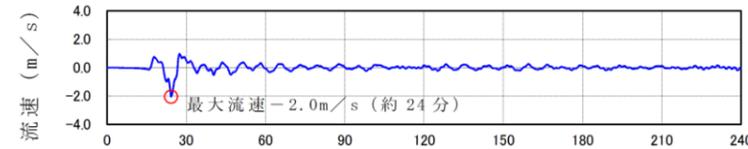


図6-2 防波堤損傷時における基準津波3の流速(物揚場前面)



地震発生からの時間(分)  
第5図 早く襲来する津波の流速  
(最低水位を示したケース, 岸壁)

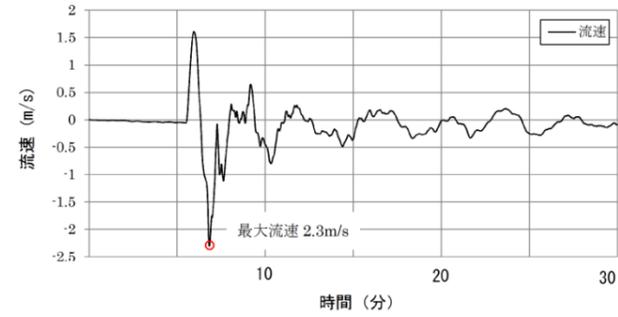
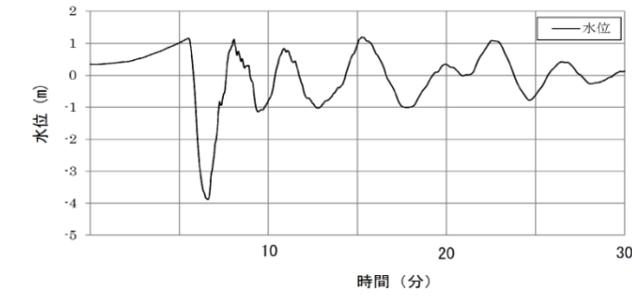


図6 基準津波4の流速(荷揚場近傍)

・基準津波の相違  
【柏崎6/7, 東海第二】

・評価内容の相違  
【柏崎6/7】  
添付資料16において確認した最大流速を適用

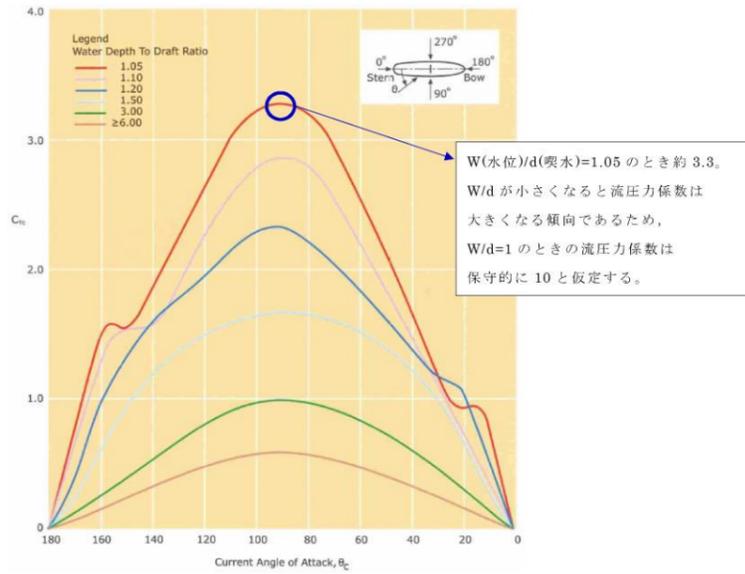


図7 横方向の流圧力係数<sup>1)</sup>

参考文献

- 1) OCIMF : Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, pp. 178, pp. 190, pp. 202, 2008.

上記の表2 により  $F_{Yc}$  は以下のとおりとなる。

$$F_{Yc} = 1 \div 2 \times 10 \times 104.7 \times 3.2^2 \times 94.4 \times 5$$

$$\approx 2531000 \text{ [kgf]}$$

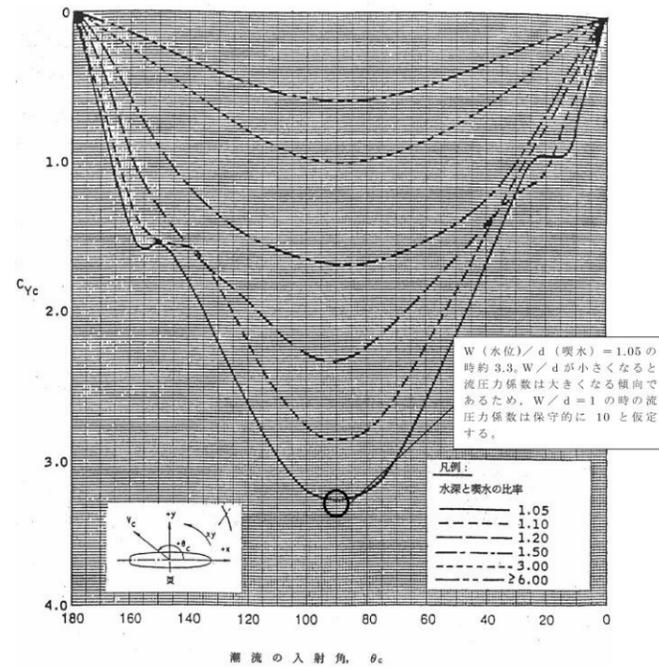
$$\approx 2531 \text{ [tonf]}$$

従って、流圧力によるモーメントは以下のとおりとなる。

$$N = F_{Yc} \times d \div 2$$

$$= 2531 \times 5 \div 2$$

$$\approx 6328 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$$



(出典：VLCC における風圧及び流圧の予測 OCIMF 刊行)  
第6図 横方向流圧力係数

第2表により  $F_{Yc}$  は以下のとおりとなる。

$$F_{Yc} = 1 \div 2 \times 10 \times 104.5 \times 2.0^2 \times 94.4 \times 5$$

$$\approx 986,480 \text{ [kgf]}$$

$$\approx 1,000 \text{ [tonf]}$$

したがって、流圧力によるモーメント  $N$  は以下のとおりとなる。

$$N = F_{Yc} \times d \div 2$$

$$= 1,000 \times 5 \div 2$$

$$= 2,500 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$$

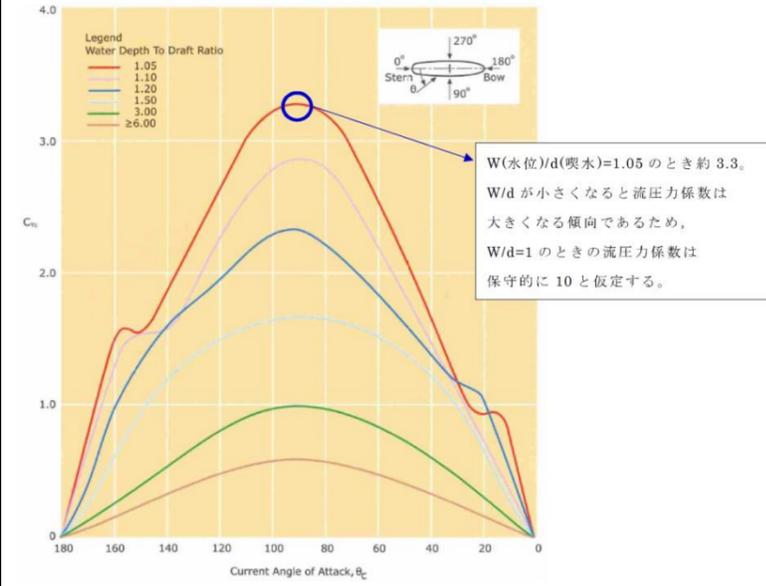


図7 横方向の流圧力係数<sup>1)</sup>

参考文献

- 1) OCIMF : Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition, pp. 178, pp. 190, pp. 202, 2008.

表2より  $F_{Yc}$  は以下のとおりとなる。

$$F_{Yc} = 1 \div 2 \times 10 \times 104.7 \times 2.3^2 \times 94.4 \times 5$$

$$\approx 1,308,000 \text{ [kgf]}$$

$$\approx 1,308 \text{ [tonf]}$$

したがって、流圧力によるモーメント  $N$  は以下のとおりとなる。

$$N = F_{Yc} \times d \div 2$$

$$= 1,308 \times 5 \div 2$$

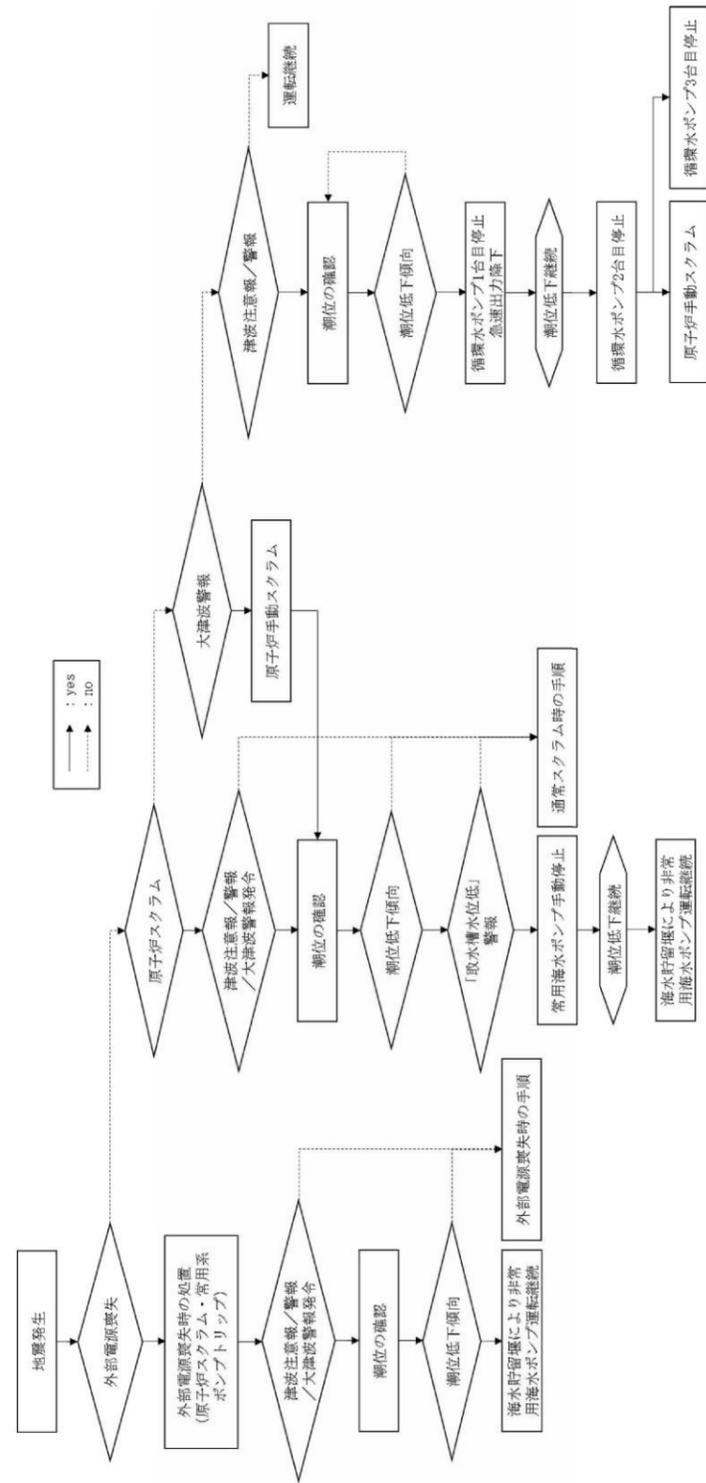
$$\approx 3,270 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$$

・評価条件の相違  
【柏崎 6/7, 東海第二】  
津波流速等の相違

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
<p>最後に浮力によるモーメント<math>N_B</math>は次式にて評価する。</p> $N_B = F_{Br} \times X(BR)$ $= 2500 \times 2.0$ $\approx 5000 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$ <p><math>N_B</math> : 浮力によるモーメント [tonf・m]  <math>F_{Br}</math> : 傾いた際の燃料等輸送船の浮力 [tonf] (<math>\approx 2500</math>)  <math>X(BR)</math> : 浮心と回転中心の水平方向距離 [m] (<math>\approx 2.0</math>)</p> <p>以上の結果をまとめると、以下に示すとおり重力によるモーメント<math>N_G</math>は流圧力によるモーメントと浮力によるモーメントの和より大きくなるため、燃料等輸送船は転覆することはない。</p> $N + N_B = 6328 + 5000$ $= 11328 \text{ [tonf} \cdot \text{m]} < N_G = 35700 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$ <p>3. 結論  燃料等輸送船は着底後に津波による流圧力を受けてもその形状から通常の状態であれば転覆することなく、また、保守的に船底の一部が固定されるような状態を想定した場合であっても転覆しないことを確認した。</p>	<p>最後に浮力によるモーメント<math>N_B</math>は次式にて評価する。</p> $N_B = F_{Br} \times X(BR)$ $= 1,700 \times 3.0$ $= 5,100 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$ <p><math>N_B</math> : 浮力によるモーメント [tonf・m]  <math>F_{Br}</math> : 傾いた際の輸送船の浮力 [tonf] (<math>\approx 1,700</math>)  <math>X(BR)</math> : 浮心と回転中心の水平方向距離 [m] (<math>\approx 3.0</math>)</p> <p>以上の結果をまとめると、以下に示すとおり重力によるモーメント<math>N_G</math>は流圧力によるモーメントと浮力によるモーメントの和より大きくなるため、輸送船は転覆することはない。</p> $N + N_B = 2,500 + 5,100$ $= 7,600 \text{ [tonf} \cdot \text{m]} < N_G (=18,000) \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$ <p>4. 結論  輸送船は着底後に津波による流圧力を受けてもその形状から通常の状態であれば転覆することなく、また、保守的に船底の一部が固定されるような状態を想定した場合であっても転覆しないことを確認した。</p>	<p>最後に浮力によるモーメント<math>N_B</math>は次式にて評価する。</p> $N_B = F_{Br} \times X(BR)$ $= 1,700 \times 3.0$ $\approx 5,100 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$ <p><math>N_B</math> : 浮力によるモーメント [tonf]  <math>F_{Br}</math> : 傾いた際の燃料等輸送船の浮力 [tonf] (<math>\approx 1,700</math>)  <math>X(BR)</math> : 浮心と回転中心の水平方向距離 [m] (<math>\approx 3.0</math>)</p> <p>以上の結果をまとめると、以下に示すとおり重力によるモーメント<math>N_G</math>は流圧力によるモーメントと浮力によるモーメントの和より大きくなるため、燃料等輸送船は転覆することはない。</p> $N + N_B = 3,270 + 5,100$ $= 8,370 \text{ [tonf} \cdot \text{m]} < N_G = 18,000 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}$ <p>3. 結論  燃料等輸送船は着底後に津波による流圧力を受けてもその形状から通常の状態であれば転覆することなく、また、保守的に船底の一部が固定されるような状態を想定した場合であっても転覆しないことを確認した。</p>	

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																																																																		
<p style="text-align: right;">添付資料 26</p> <p style="text-align: center;">津波監視設備の監視に関する考え方</p> <p>津波に関する情報は、気象庁から発信される津波情報（日本気象協会からのファックス受信または、緊急警報ラジオ）や、構内に設置している津波監視カメラ及び取水槽水位計によって収集する。地震・津波が発生した際のプラント運用に関するフローは添付第26-1 図に示す通り。</p> <p>構内に設置する津波監視設備（津波監視カメラ、取水槽水位計）は、津波襲来状況及び構内の状況を監視するため、昼夜にわたって監視可能な設計としている。監視の考え方について、添付第26-1 表に纏める。</p> <p style="text-align: center;">添付第 26-1 表 津波監視の考え方</p> <table border="1" data-bbox="157 940 917 1745"> <thead> <tr> <th>監視対象</th> <th>設備</th> <th>監視場所</th> <th>監視設備の考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">引き波影響</td> <td>取水槽水位計</td> <td>・6号及び7号炉中央制御室</td> <td>引き波時には非常用海水冷却系の取水確保を目的として、主に取水槽水位計(6号及び7号炉非常用海水ポンプ室に設置)の水位値を確認する。</td> </tr> <tr> <td>津波監視カメラ</td> <td>・6号及び7号炉中央制御室</td> <td>津波監視カメラを、7号炉主排気筒に設置し、津波(引き波)の状況を確認する。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">津波襲来状況</td> <td>津波監視カメラ</td> <td>・6号及び7号炉中央制御室</td> <td>津波襲来時には主に津波監視カメラ(7号炉主排気筒に設置)の映像を確認し、襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。</td> </tr> <tr> <td>取水槽水位計</td> <td>・6号及び7号炉中央制御室</td> <td>取水槽水位計にて、上昇側及び下降側水位を確認する。</td> </tr> <tr> <td>襲来後の構内状況</td> <td>津波監視カメラ</td> <td>・6号及び7号炉中央制御室 ・5号炉緊急時対策所</td> <td>津波監視カメラを、7号炉主排気筒に設置し、津波襲来後の構内状況を監視する。</td> </tr> </tbody> </table>	監視対象	設備	監視場所	監視設備の考え方	引き波影響	取水槽水位計	・6号及び7号炉中央制御室	引き波時には非常用海水冷却系の取水確保を目的として、主に取水槽水位計(6号及び7号炉非常用海水ポンプ室に設置)の水位値を確認する。	津波監視カメラ	・6号及び7号炉中央制御室	津波監視カメラを、7号炉主排気筒に設置し、津波(引き波)の状況を確認する。	津波襲来状況	津波監視カメラ	・6号及び7号炉中央制御室	津波襲来時には主に津波監視カメラ(7号炉主排気筒に設置)の映像を確認し、襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。	取水槽水位計	・6号及び7号炉中央制御室	取水槽水位計にて、上昇側及び下降側水位を確認する。	襲来後の構内状況	津波監視カメラ	・6号及び7号炉中央制御室 ・5号炉緊急時対策所	津波監視カメラを、7号炉主排気筒に設置し、津波襲来後の構内状況を監視する。	<p style="text-align: right;">添付資料 19</p> <p style="text-align: center;">津波監視設備の監視に関する考え方</p> <p>津波に関する情報は、気象庁から発信される津波情報（日本気象協会からのファックス受信又は緊急警報ラジオ）や、構内に設置している津波監視カメラ及び取水ピット水位計によって収集する。地震・津波が発生した際のプラント運用に関するフローは図1 及び図2 に示すとおり。</p> <p>構内に設置する津波監視設備（津波監視カメラ、取水ピット水位計）は、津波襲来状況及び構内の状況を監視するため、昼夜にわたって監視可能な設計としている。監視の考え方について、表1 に纏める。</p> <p style="text-align: center;">表 1 津波監視の考え方</p> <table border="1" data-bbox="946 932 1706 1530"> <thead> <tr> <th>監視対象</th> <th>設備</th> <th>監視場所</th> <th>監視設備の考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">引き波影響</td> <td>津波監視カメラ</td> <td>2号炉中央制御室</td> <td>津波監視カメラを、2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置し、津波(引き波)の状況を確認する。</td> </tr> <tr> <td>取水ピット水位計</td> <td>2号炉中央制御室</td> <td>引き波時には非常用補機冷却海水系の取水確保を目的として、主に取水ピット水位計(2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置)の水位値を確認する。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">津波襲来状況</td> <td>津波監視カメラ</td> <td>2号炉中央制御室</td> <td>津波襲来時には主に津波監視カメラ(2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置)の映像を確認し、襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。</td> </tr> <tr> <td>取水ピット水位計</td> <td>2号炉中央制御室</td> <td>取水ピット水位計にて、上昇側及び下降側水位を確認する。</td> </tr> <tr> <td>襲来後の構内状況</td> <td>津波監視カメラ</td> <td>2号炉中央制御室</td> <td>津波監視カメラを、2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置し、津波襲来後の構内状況を監視する。</td> </tr> </tbody> </table>	監視対象	設備	監視場所	監視設備の考え方	引き波影響	津波監視カメラ	2号炉中央制御室	津波監視カメラを、2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置し、津波(引き波)の状況を確認する。	取水ピット水位計	2号炉中央制御室	引き波時には非常用補機冷却海水系の取水確保を目的として、主に取水ピット水位計(2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置)の水位値を確認する。	津波襲来状況	津波監視カメラ	2号炉中央制御室	津波襲来時には主に津波監視カメラ(2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置)の映像を確認し、襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。	取水ピット水位計	2号炉中央制御室	取水ピット水位計にて、上昇側及び下降側水位を確認する。	襲来後の構内状況	津波監視カメラ	2号炉中央制御室	津波監視カメラを、2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置し、津波襲来後の構内状況を監視する。	<p style="text-align: right;">添付資料 19</p> <p style="text-align: center;">津波監視設備の監視に関する考え方</p> <p>津波に関する情報は、気象庁から発信される津波情報（日本気象協会からのデータ受信による警報発報及びパソコン画面への表示又は緊急警報ラジオ）や、構内に設置している津波監視カメラ及び取水槽水位計によって収集する。地震・津波が発生した際のプラント運用に関するフローは添付資料 37 に示すとおり。</p> <p>構内に設置する津波監視設備（津波監視カメラ、取水槽水位計）は、津波襲来状況及び構内の状況を監視するため、昼夜にわたって監視可能な設計としている。監視の考え方について、表1 に纏める。</p> <p style="text-align: center;">表 1 津波監視の考え方</p> <table border="1" data-bbox="1736 940 2496 1388"> <thead> <tr> <th>事象</th> <th>設備</th> <th>監視場所</th> <th>監視設備の考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">引き波発生時</td> <td>取水槽水位計</td> <td>中央制御室</td> <td>引き波時には非常用海水冷却系の海水確保を目的として、取水槽水位計の水位を確認する。</td> </tr> <tr> <td>津波監視カメラ</td> <td>中央制御室</td> <td>津波監視カメラを排気筒に設置し、津波(引き波)の状況を確認する。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">津波襲来状況</td> <td>津波監視カメラ</td> <td>中央制御室</td> <td>津波襲来時には主に津波監視カメラ(排気筒に設置)の映像を確認し、津波の襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。</td> </tr> <tr> <td>取水槽水位計</td> <td>中央制御室</td> <td>取水槽水位計にて、上昇側水位を確認する。(入力津波高さを上回る EL10.7m まで、計測可能な設計としている。)</td> </tr> <tr> <td>津波襲来後の構内状況</td> <td>津波監視カメラ</td> <td>中央制御室</td> <td>津波監視カメラの映像を確認し、津波襲来後の構内の状況を監視する。</td> </tr> </tbody> </table>	事象	設備	監視場所	監視設備の考え方	引き波発生時	取水槽水位計	中央制御室	引き波時には非常用海水冷却系の海水確保を目的として、取水槽水位計の水位を確認する。	津波監視カメラ	中央制御室	津波監視カメラを排気筒に設置し、津波(引き波)の状況を確認する。	津波襲来状況	津波監視カメラ	中央制御室	津波襲来時には主に津波監視カメラ(排気筒に設置)の映像を確認し、津波の襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。	取水槽水位計	中央制御室	取水槽水位計にて、上昇側水位を確認する。(入力津波高さを上回る EL10.7m まで、計測可能な設計としている。)	津波襲来後の構内状況	津波監視カメラ	中央制御室	津波監視カメラの映像を確認し、津波襲来後の構内の状況を監視する。	<p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎 6/7, 女川 2号】 島根 2号炉は、地震・津波時の対応フローを添付資料 37 に記載</p>
監視対象	設備	監視場所	監視設備の考え方																																																																		
引き波影響	取水槽水位計	・6号及び7号炉中央制御室	引き波時には非常用海水冷却系の取水確保を目的として、主に取水槽水位計(6号及び7号炉非常用海水ポンプ室に設置)の水位値を確認する。																																																																		
	津波監視カメラ	・6号及び7号炉中央制御室	津波監視カメラを、7号炉主排気筒に設置し、津波(引き波)の状況を確認する。																																																																		
津波襲来状況	津波監視カメラ	・6号及び7号炉中央制御室	津波襲来時には主に津波監視カメラ(7号炉主排気筒に設置)の映像を確認し、襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。																																																																		
	取水槽水位計	・6号及び7号炉中央制御室	取水槽水位計にて、上昇側及び下降側水位を確認する。																																																																		
襲来後の構内状況	津波監視カメラ	・6号及び7号炉中央制御室 ・5号炉緊急時対策所	津波監視カメラを、7号炉主排気筒に設置し、津波襲来後の構内状況を監視する。																																																																		
監視対象	設備	監視場所	監視設備の考え方																																																																		
引き波影響	津波監視カメラ	2号炉中央制御室	津波監視カメラを、2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置し、津波(引き波)の状況を確認する。																																																																		
	取水ピット水位計	2号炉中央制御室	引き波時には非常用補機冷却海水系の取水確保を目的として、主に取水ピット水位計(2号炉海水ポンプ室補機ポンプエリアに設置)の水位値を確認する。																																																																		
津波襲来状況	津波監視カメラ	2号炉中央制御室	津波襲来時には主に津波監視カメラ(2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置)の映像を確認し、襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。																																																																		
	取水ピット水位計	2号炉中央制御室	取水ピット水位計にて、上昇側及び下降側水位を確認する。																																																																		
襲来後の構内状況	津波監視カメラ	2号炉中央制御室	津波監視カメラを、2号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤北側エリアに設置し、津波襲来後の構内状況を監視する。																																																																		
事象	設備	監視場所	監視設備の考え方																																																																		
引き波発生時	取水槽水位計	中央制御室	引き波時には非常用海水冷却系の海水確保を目的として、取水槽水位計の水位を確認する。																																																																		
	津波監視カメラ	中央制御室	津波監視カメラを排気筒に設置し、津波(引き波)の状況を確認する。																																																																		
津波襲来状況	津波監視カメラ	中央制御室	津波襲来時には主に津波監視カメラ(排気筒に設置)の映像を確認し、津波の襲来状況や敷地浸水状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。																																																																		
	取水槽水位計	中央制御室	取水槽水位計にて、上昇側水位を確認する。(入力津波高さを上回る EL10.7m まで、計測可能な設計としている。)																																																																		
津波襲来後の構内状況	津波監視カメラ	中央制御室	津波監視カメラの映像を確認し、津波襲来後の構内の状況を監視する。																																																																		

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(2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>津波監視カメラの映像は添付第26-2 図に示すフローに従い、中央制御室にて当直員が監視することを基本とするが、5号炉緊急時対策所でもカメラ映像の確認を通して現場状況の確認が可能となるよう監視設備を配備する。</p> <p>複数箇所で同時にカメラ操作を行い操作信号が重複することを避けるため、カメラの操作は中央制御室にて実施する設計とする。</p>	<p>津波監視カメラの映像は図3に示すフローに従い、中央制御室にて当直員が監視することを基本とする。</p>	<p>津波監視カメラの映像は図1に示すフローに従い、中央制御室にて当直員が監視することを基本とするが、緊急時対策所でもカメラ映像の確認を通して現場状況の確認が可能となるよう監視設備を配備する。</p> <p>複数箇所で同時にカメラ操作を行い操作信号が重複することを避けるため、カメラの操作は中央制御室にて実施する設計とする。</p>	



添付第 26-1 図 地震・津波時の対応フロー

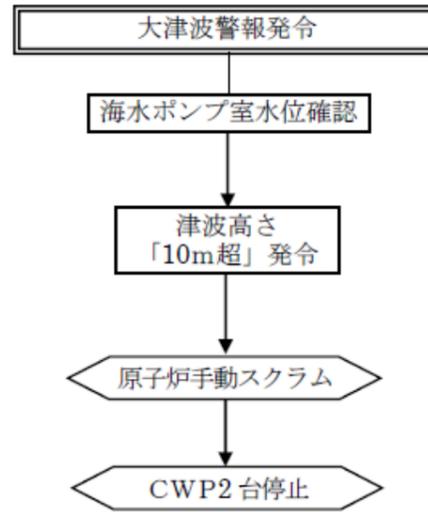
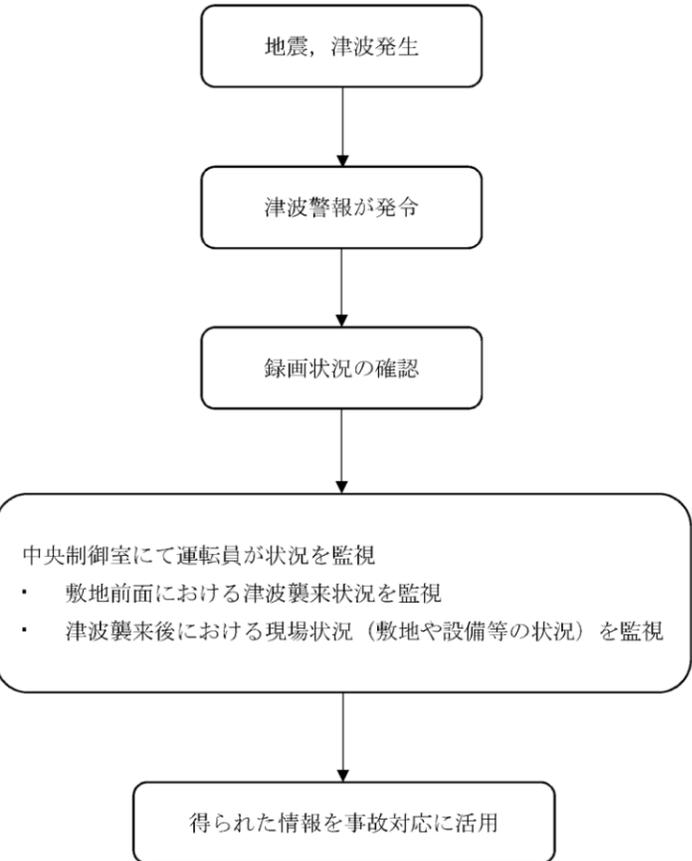
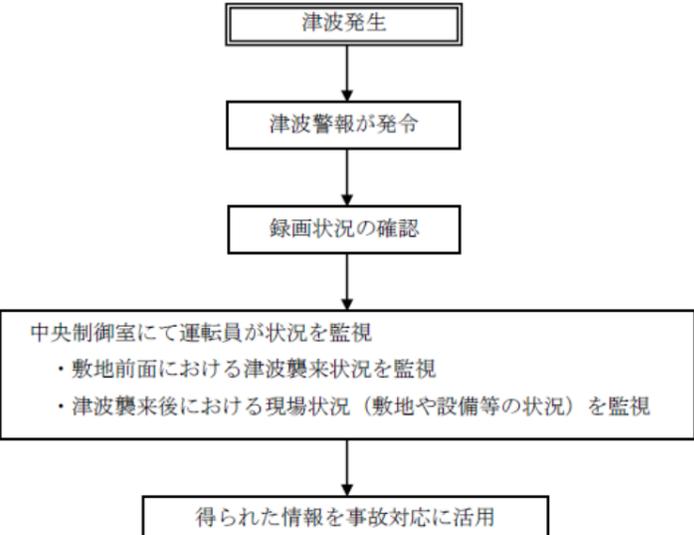
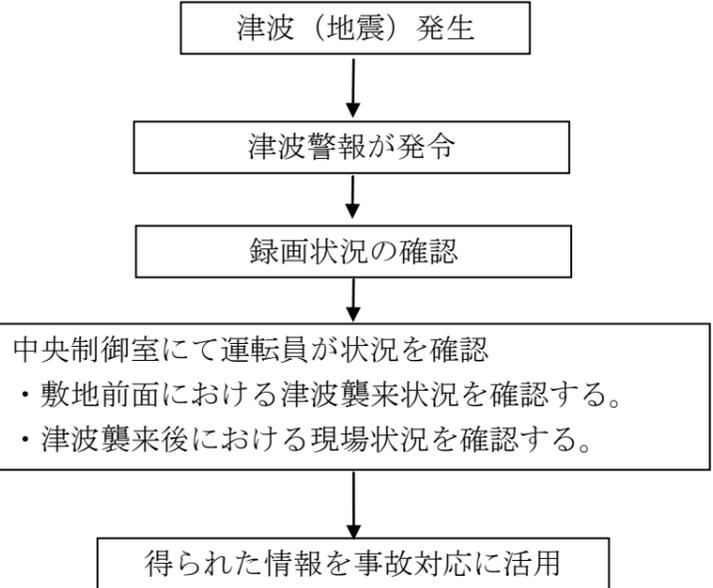


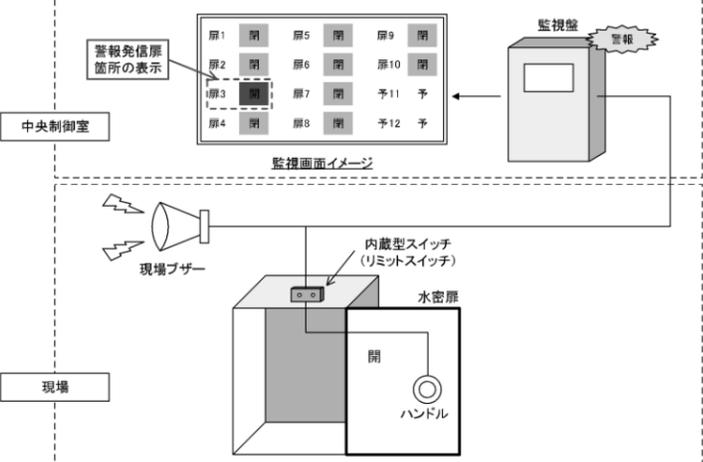
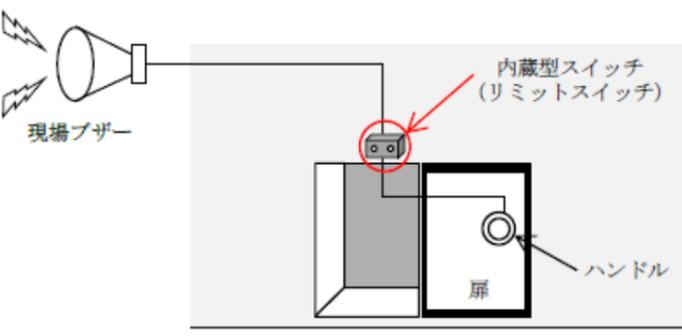
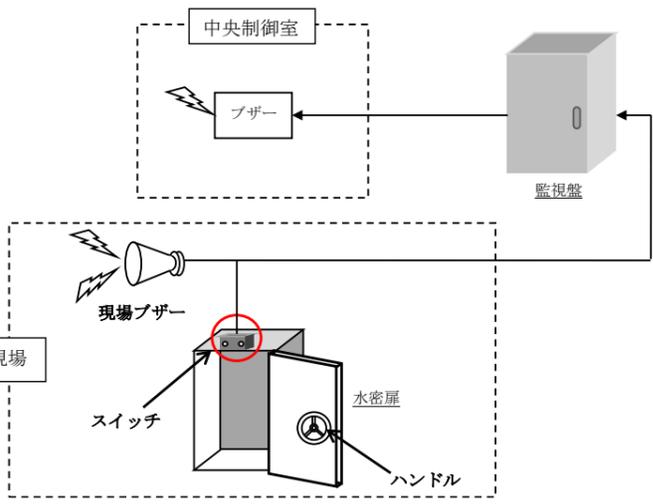
図 1 地震・津波時の対応フロー (大津波警報発令時)

・資料構成の相違  
 【柏崎 6/7, 女川 2号】  
 島根 2号炉は, 地震・津波時の対応フローを添付資料 37 に記載

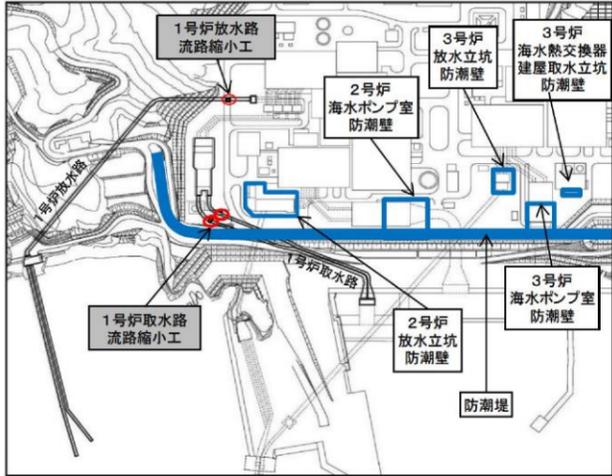
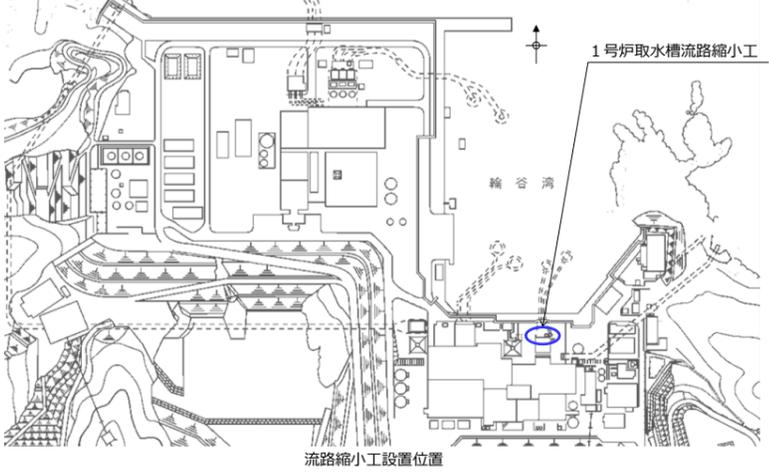
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉(2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>※CWP 手動停止操作前に水位極低設定値まで水位が下がった場合</p> <p><u>図2 地震・津波時の対応フロー (大津波警報発令時以外)</u></p>		

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
 <p data-bbox="281 1281 786 1312">添付第26-2 図 津波監視カメラ運用フロー</p>	 <p data-bbox="1151 1281 1528 1312">図3 津波監視カメラ運用フロー</p>	 <p data-bbox="1914 1281 2315 1312">図1 津波監視カメラ運用フロー</p>	

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
<p style="text-align: right;">添付資料33</p> <p style="text-align: center;">水密扉の運用管理について</p> <p>33.1 概要</p> <p>浸水対策として整備する水密扉については基本的には閉止状態にある。津波時に扉が確実に閉止されていることを確認するため、以下の運用管理を行う方針である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発電所内に入所する者に対して、確実な閉止運用がなされるよう、周知徹底する（作業を計画・実施するにあたっての「柏崎刈羽統一実施事項」として定める。）。</li> <li>・水密扉開放時は、現場ブザーにより注意喚起し、閉止忘れを防止する。中央制御室にて水密扉の開閉状態が確認できるよう監視設備を設置し、扉「開」状態が、一定時間続いた場合は、運転員に告知警報を発生する。</li> </ul> <p>・屋外に通じる大物搬入口等の開放は、大津波警報発生時に速やかに閉鎖できる人員を確保する。</p> <p>なお、資機材の運搬や作業に伴い開放する必要がある場合は、以下を条件に連続開放を可とする運用としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大津波警報発生後、速やかに閉止できる人員が確保されていること。</li> <li>・津波警報発令時には、当直長からのページング放送等により、直ちに水密扉を閉止すること。</li> </ul>	<p style="text-align: right;">添付資料 2 5</p> <p style="text-align: center;">水密扉の運用管理について</p> <p>1. 概要</p> <p>浸水対策として整備する水密扉については、津波時に扉が確実に閉止されていることを確認するため、以下の運用管理とする方針である。水密扉監視設備の概略図を図1に示す。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 発電所内に入所する者に対して、確実な閉止運用がなされるよう周知徹底する。</li> <li>(2) 水密扉開放時には、現場ブザーにより注意喚起し、閉止忘れを防止する。</li> <li>(3) 水密扉は原則閉運用とし、施錠管理を行う。なお、資機材の運搬や作業に伴い、水密扉を連続開放する必要がある場合は、以下の体制がとられていることを条件に、連続開放を可とし、開放前に発電課長に作業の実施を連絡することとする。</li> </ol> <p>【作業条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・監視人を配置し、緊急時は閉止可能な体制がとられていること。</li> <li>・津波警報（注意報）発令時には、発電課長からのページング等により、直ちに水密扉を閉止すること。</li> </ul>	<p style="text-align: right;">添付資料 23</p> <p style="text-align: center;">水密扉の運用管理について</p> <p>1. 概要</p> <p>浸水防止設備として整備する水密扉は通常時閉運用としており、現場での注意表示（水密扉表示、常時閉表示）及び各種手順書にて閉運用とすることとしている。また、開閉状態の確認のため、水密扉に対して、以下により「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、水密扉の閉め忘れを防止している。図1に水密扉監視設備の概略を示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>発電所内に入所する者に対して、確実な閉止運用がなされるよう周知徹底する。</b></li> <li>・警報ブザーを扉設置場所に設置する。</li> <li>・中央制御室に警報ブザーを設置する。</li> </ul> <p>なお、資機材の運搬や作業に伴い開放する必要がある場合は、以下を条件に<b>連続開放</b>を可とする運用としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・津波注意報、津波警報又は大津波警報発令後、速やかに閉止できる人員が確保されていること。</li> <li>・津波注意報、津波警報又は大津波警報発令時には、当直長からのページング放送等により、直ちに水密扉を閉止すること。</li> </ul>	<p>(添付資料 23 は柏崎6/7, 女川2と比較)</p>

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
 <p>添付第 33-1 図 水密扉監視設備の概略図</p> <p>33.2 監視対象となる水密扉の位置  「4.2 浸水防止設備の設計」に記載するとおり、タービン建屋内の浸水防護重点化範囲の境界において、浸水防止設備として水密扉を設置している。  これらの水密扉については、全て中央制御室にて監視が可能な設計としている。  なお、タービン水密扉の設置位置は前述の「添付資料14 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策の設置位置、実施範囲及び施工例」に示す。</p>	 <p>図 1 水密扉監視設備の概略図（開状態）</p>	 <p>図 1 監視設備の概略</p> <p>2. 監視対象となる水密扉の位置  「4.2 浸水防止設備の設計」に記載するとおり、除じん機エリア及びタービン建物の浸水防護重点化範囲の境界において、浸水防止設備として水密扉を設置している。  これらの水密扉については、全て中央制御室にて監視が可能な設計としている。  なお、水密扉の設置位置は、添付資料 9 「津波防護対策の設備の位置付けについて」参照。</p>	<p>備考</p> <p>・資料構成の相違  【女川 2】  島根 2 号炉は、監視対象となる水密扉の位置について記載</p>

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
	<p style="text-align: right;">添付資料28</p> <p style="text-align: center;">1号炉取放水路流路縮小工について</p> <p>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。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料29</p> <p style="text-align: center;">1号炉取水槽流路縮小工について</p> <p>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。</p>	<p>・対象施設の相違  <b>【柏崎 6/7】</b>  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）</p> <p>・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）</p> <p>・対象施設の相違  ①の相違</p>

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
	 <p data-bbox="1181 743 1495 777">図1 流路縮小工設置位置</p> <p data-bbox="973 835 1578 869">2. 流路縮小工設置による1号炉への影響について</p> <p data-bbox="985 882 1311 915">(1) 流路縮小工の構造概要</p> <p data-bbox="1026 928 1454 961">a. <u>取水路の流路縮小工</u> (図2参照)</p> <p data-bbox="1026 974 1709 1050">(a) <u>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。</u></p> <p data-bbox="1026 1062 1709 1230">(b) <u>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。</u></p> <p data-bbox="973 1331 1412 1365">b. <u>放水路の流路縮小工</u> (図3参照)</p> <p data-bbox="1026 1377 1709 1453">(a) <u>放水路の流路縮小工は、放水路の放水立坑側に設置する。</u></p> <p data-bbox="1026 1465 1709 1633">(b) <u>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。</u></p>	 <p data-bbox="1952 743 2279 777">図1 流路縮小工設置位置</p> <p data-bbox="1733 835 2338 869">2. 流路縮小工設置による1号炉への影響について</p> <p data-bbox="1745 882 2071 915">(1) 流路縮小工の構造概要</p> <p data-bbox="1757 928 2154 961">a. <u>流路縮小工の構造</u> (図2参照)</p> <p data-bbox="1757 974 1923 1008">(a) <u>既設部</u></p> <p data-bbox="1834 1020 2392 1054"><u>流路縮小工の既設部は、鋼製の取水管とする。</u></p> <p data-bbox="1757 1066 1923 1100">(b) <u>新設部</u></p> <p data-bbox="1810 1113 2504 1230"><u>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。</u></p> <p data-bbox="1810 1243 2504 1318"><u>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。</u></p>	<p data-bbox="2534 974 2742 1050">・対象施設の相違 ①の相違</p>

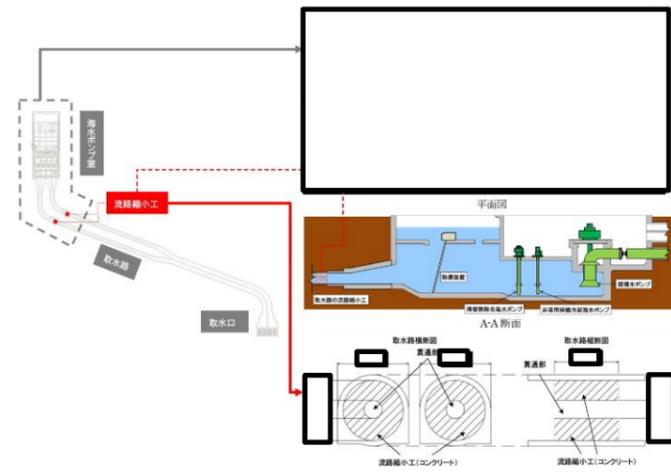


図2 取水路の流路縮小工の構造概要  
(水位は津波時のイメージ)

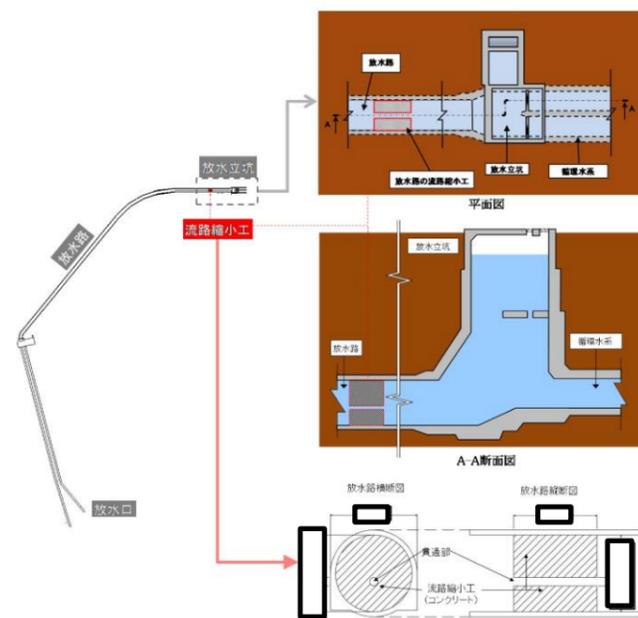
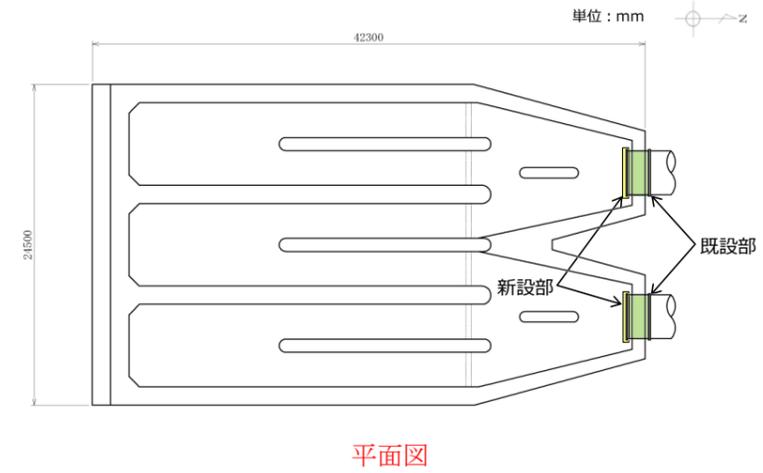
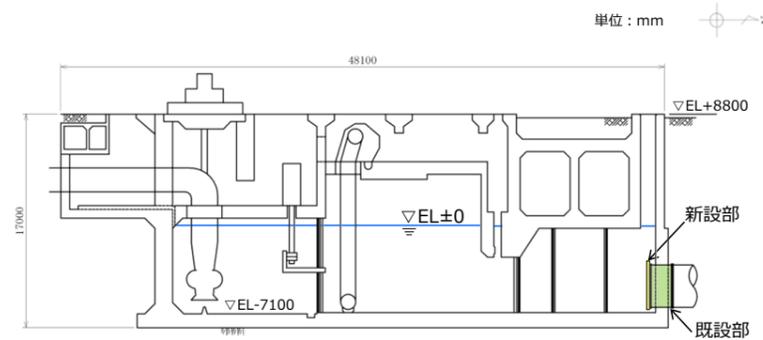


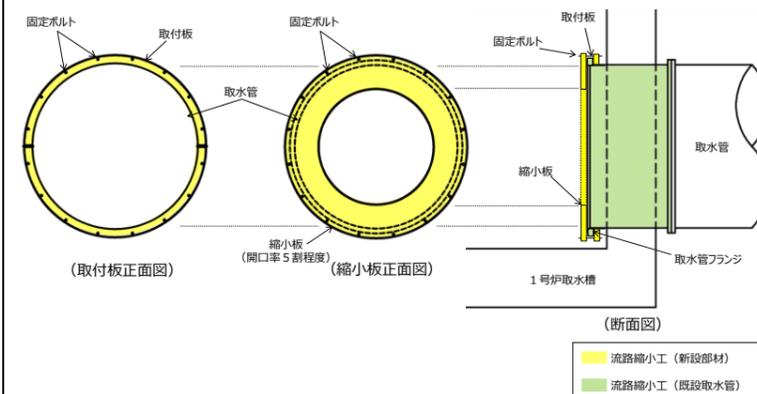
図3 放水路の流路縮小工の構造概要  
(水位は津波時のイメージ)



平面図



縦断面図



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

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																		
	<p>(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</p> <p>a. 1号炉取水機能への影響について</p> <p>(a) 補機冷却海水ポンプ(常用系・非常用系)の取水性評価</p> <p>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)。</p> <p>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</p> <table border="1" data-bbox="973 1329 1700 1493"> <thead> <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> </thead> <tbody> <tr> <td>設置前</td> <td rowspan="2">0.53*1</td> <td>15.09 (φ3.1*2条)</td> <td>0.04*3</td> <td rowspan="2">0.P.-0.14</td> <td>0.P.-0.15</td> <td rowspan="2">0.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>0.P.-0.16</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の流量(960 m³/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)</p>	流路縮小工	流量 (m³/s)	水路断面積 (m²)	流速 (m/s)	取水口 水位(m)	海水ポンプ室 水位*4 (m)	ポンプ取水可能 最低水位 (m)	設置前	0.53*1	15.09 (φ3.1*2条)	0.04*3	0.P.-0.14	0.P.-0.15	0.P.-2.43	設置後	1.57 (φ1.0*2条)	0.34*3	0.P.-0.16	<p>(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</p> <p>a. 1号炉取水機能への影響について</p> <p>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。</p> <p>(a) 原子炉補機海水ポンプの取水性評価</p> <p>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。</p>	<p>・対象施設の相違 ①の相違</p> <p>・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</p> <p>・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)</p> <p>・運用及び評価結果の相違</p> <p>・評価条件の相違 ②の相違</p>
流路縮小工	流量 (m³/s)	水路断面積 (m²)	流速 (m/s)	取水口 水位(m)	海水ポンプ室 水位*4 (m)	ポンプ取水可能 最低水位 (m)															
設置前	0.53*1	15.09 (φ3.1*2条)	0.04*3	0.P.-0.14	0.P.-0.15	0.P.-2.43															
設置後		1.57 (φ1.0*2条)	0.34*3		0.P.-0.16																

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																																	
	<p>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</p> <table border="1" data-bbox="982 338 1694 506"> <thead> <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<sup>※4</sup> (m)</th> <th>ポンプ取水可能 最低水位 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設置前</td> <td rowspan="2">0.84<sup>※1</sup></td> <td>15.09 (φ3.1<sup>※2</sup>×2条)</td> <td>0.06<sup>※3</sup></td> <td rowspan="2">0.P.-0.14</td> <td>0.P.-0.15</td> <td rowspan="2">0.P.-7.2</td> </tr> <tr> <td>設置後</td> <td>1.57 (φ1.0×2条)</td> <td>0.54<sup>※3</sup></td> <td>0.P.-0.17</td> </tr> </tbody> </table> <p>※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)</p> <p>※2 貝付着代10cm を考慮</p> <p>※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。</p> <p>※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)。</p> <p>(b) 津波襲来時の海水確保について</p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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 (0.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。</u></p> <p><u>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て流入・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)。</u></p>	流路縮小工	流量 (m³/s)	水路断面積 (m²)	流速 (m/s)	取水口 水位(m)	海水ポンプ室 水位 <sup>※4</sup> (m)	ポンプ取水可能 最低水位 (m)	設置前	0.84 <sup>※1</sup>	15.09 (φ3.1 <sup>※2</sup> ×2条)	0.06 <sup>※3</sup>	0.P.-0.14	0.P.-0.15	0.P.-7.2	設置後	1.57 (φ1.0×2条)	0.54 <sup>※3</sup>	0.P.-0.17	<p>表1 流路縮小工設置による1号炉取水機能への影響</p> <table border="1" data-bbox="1739 289 2490 384"> <thead> <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> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table> <p>・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</p>	流路縮小工	循環水ポンプ状態	流量(m³/s)	水路断面積(m²)	流速(m/s)	設置前	ポンプ運転時	28	約17.63	約1.59	設置後	ポンプ停止時	1	約8.81	約0.11	
流路縮小工	流量 (m³/s)	水路断面積 (m²)	流速 (m/s)	取水口 水位(m)	海水ポンプ室 水位 <sup>※4</sup> (m)	ポンプ取水可能 最低水位 (m)																														
設置前	0.84 <sup>※1</sup>	15.09 (φ3.1 <sup>※2</sup> ×2条)	0.06 <sup>※3</sup>	0.P.-0.14	0.P.-0.15	0.P.-7.2																														
設置後		1.57 (φ1.0×2条)	0.54 <sup>※3</sup>		0.P.-0.17																															
流路縮小工	循環水ポンプ状態	流量(m³/s)	水路断面積(m²)	流速(m/s)																																
設置前	ポンプ運転時	28	約17.63	約1.59																																
設置後	ポンプ停止時	1	約8.81	約0.11																																

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<sup>3</sup>)以上を確保する設計とする<sup>\*</sup>。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2,600 m<sup>3</sup>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<sup>3</sup>) = 海水ポンプの運転による容量(755 m<sup>3</sup>) + デッドストック分(1,400 m<sup>3</sup>)  
 ・ 海水ポンプの運転による容量: 755 m<sup>3</sup> (15分の運転を想定)  
 ( 残留熱除去海水ポンプ4台(545 m<sup>3</sup>/h/台)  
 非常用補機冷却海水ポンプ2台(A系:390 m<sup>3</sup>/h/台, B系:450 m<sup>3</sup>/h/台) )

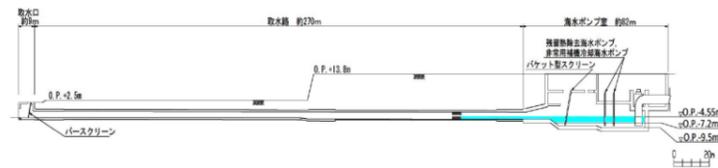


図4 1号炉取水路～海水ポンプ室縦断図

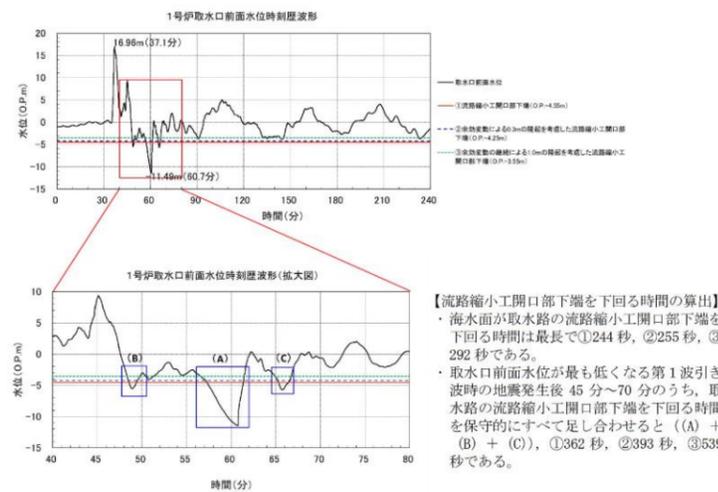


図5 1号炉取水口前面における基準津波による水位時刻歴波形(水位下降側)

表3 1号炉取水路～海水ポンプ室内貯留量

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

※ 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
	<p><u>(c) 漂流物による閉塞の可能性評価</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>「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。</u></p> <p><u>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)。</u></p>		<p>・評価内容の相違</p> <p>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</p>

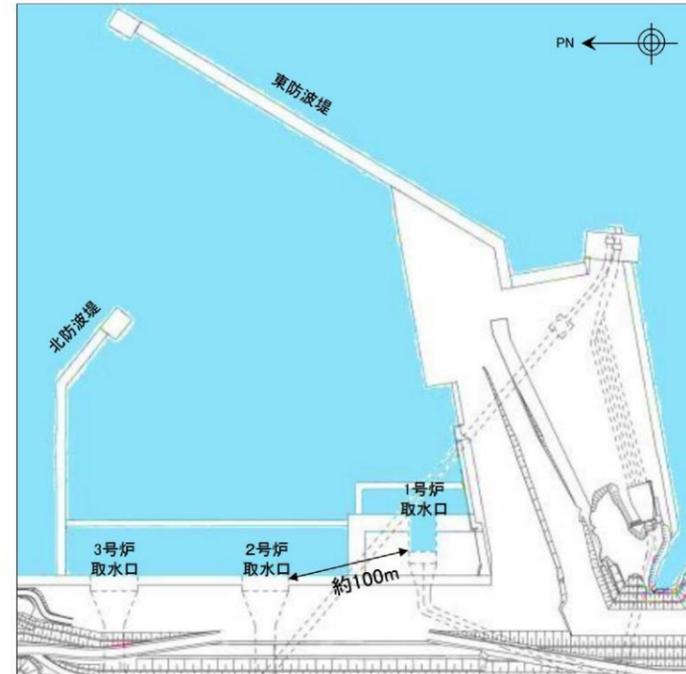


図6 1号炉取水口と2号炉取水口の位置関係



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
	<p>また、<u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>なお、東北地方太平洋沖地震に伴う津波によって、発電所港湾内にか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。</u></p> <div data-bbox="1020 890 1632 1213" data-label="Image"> </div> <p>写真1 1号炉取水口固定式バースクリーン</p> <p>(d) 海生生物の付着による閉塞の可能性</p> <p><u>「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0~200mm 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5~20mm、最大で90mm となっている(表4)。</u></p> <p><u>取水路に設置する流路縮小工の貫通部はφ1,000mm 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</u></p>	<p>(b) 海生生物の付着による閉塞の可能性</p> <p><u>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5cm 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。</u></p>	<p>・点検結果の相違</p>

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																																
	<p>る閉塞の可能性はない。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p style="text-align: center;"><u>表4 1号炉取水路における貝付着実績</u> (流路縮小工設置前)</p> <table border="1" data-bbox="988 621 1682 888"> <thead> <tr> <th rowspan="2">点検時期</th> <th colspan="2">貝付着厚さ</th> </tr> <tr> <th>平均</th> <th>最大</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H20.5~H20.10</td> <td>20mm</td> <td>70mm</td> </tr> <tr> <td>H26.8~H26.11</td> <td>5mm</td> <td>30mm</td> </tr> <tr> <td>H28.9~H29.2</td> <td>10mm</td> <td>90mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>b. 1号炉放水機能への影響について</p> <p>(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</p> <p>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、O.P.+2.08mとなるものの、放水立坑高さのO.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。</p> <p style="text-align: center;"><u>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</u></p> <table border="1" data-bbox="982 1472 1694 1675"> <thead> <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>放水口水位 (m)</th> <th>放水立坑水位*4 (m)</th> <th>放水立坑高さ (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設置前</td> <td rowspan="2">0.53*1</td> <td>15.2 (φ4.4*2×1条)</td> <td>0.03*3</td> <td rowspan="2">O.P.+1.43</td> <td>O.P.+1.44</td> <td rowspan="2">O.P.+14.0</td> </tr> <tr> <td>設置後</td> <td>0.20 (φ0.5×1条)</td> <td>2.65*3</td> <td>O.P.+2.08</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の流量 (960 m³/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〔1〕」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)。</p>	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	流路縮小工	流量 (m³/s)	水路断面積 (m²)	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	O.P.+1.43	O.P.+1.44	O.P.+14.0	設置後	0.20 (φ0.5×1条)	2.65*3	O.P.+2.08	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>・対象施設の相違 ①の相違</p>
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																																	
流路縮小工	流量 (m³/s)	水路断面積 (m²)	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	O.P.+1.43	O.P.+1.44	O.P.+14.0																													
設置後		0.20 (φ0.5×1条)	2.65*3		O.P.+2.08																														

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、O.P.+2.97mとなるものの、放水立坑高さのO.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 <sup>3</sup> /s)	水路断面積 (m <sup>2</sup> )	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	O.P.+1.43	O.P.+1.44	O.P.+14.0
設置後		0.20 (φ0.5×1条)	4.20*3		O.P.+2.97	

- ※1 残留熱除去海水ポンプ運転時の流量(545 m<sup>3</sup>/h×4台) + 非常用補機冷却海水ポンプ運転時の流量(390 m<sup>3</sup>/h+450 m<sup>3</sup>/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〔1〕」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O.P.+2.08mは、原子炉補機冷却海水ポンプの放水高さO.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。

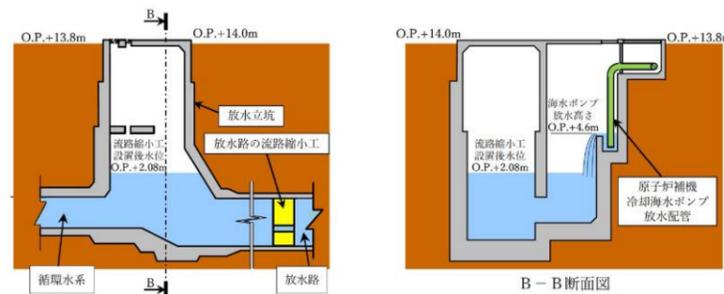
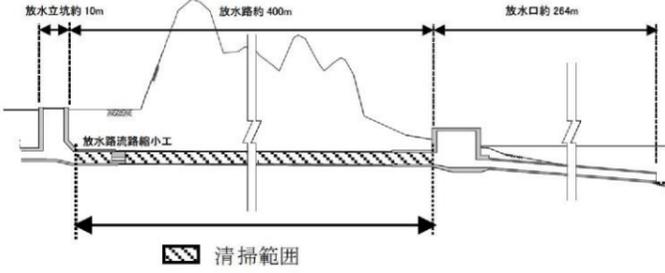


図8 放水立坑内の原子炉補機冷却海水ポンプ放出配管位置

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
	<p>(3) 原子炉施設保安規定への影響</p> <p>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。</p> <p>a. 1号炉停止状態の保安確保における該当条文</p> <p><u>(a) 第27条（計測および制御設備）：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>中間領域モニタ（動作不能でないことを毎日1回確認）</u></li> <li>・<u>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）</u></li> <li>・<u>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）</u></li> <li>・<u>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）</u></li> </ul> <p><u>(b) 第36条（原子炉停止時冷却系その2）：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>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</u></li> </ul> <p><u>(c) 第40条（非常用炉心冷却系その2）：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>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</u></li> <li>・<u>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</u></li> </ul> <p><u>(d) 第49条（原子炉建屋）：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>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）</u></li> </ul> <p><u>(e) 第51条（非常用ガス処理系）：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>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）</u></li> </ul> <p><u>(f) 第56条（使用済燃料プールの水位・水温）：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>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</u></li> <li>・<u>使用済燃料プールの水温が65℃以下</u></li> </ul> <p><u>(g) 第58条（中央制御室非常用換気空調系）：</u></p>	<p>(3) 原子炉施設保安規定への影響</p> <p>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。</p> <p>a. 1号炉の保安確保における該当条文</p> <p><u>(a) 第143条（使用済燃料プールの水位および水温）</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>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</u></li> <li>・<u>使用済燃料プールの水温が65℃以下</u></li> </ul>	<p>・運用の相違</p> <p>島根1号炉は廃止措置段階であり、対象条文が相違</p>

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
	<p><u>・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)</u></p> <p><u>(h) 第60条(外部電源その2) :</u></p> <p><u>・外部電源1系列が動作可能であること</u></p> <p><u>(i) 第62条(非常用ディーゼル発電機その2) :</u></p> <p><u>・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</u></p> <p><u>(j) 第63条(非常用ディーゼル発電機燃料油等) :</u></p> <p><u>・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</u></p> <p><u>(k) 第65条(直流電源その2) :</u></p> <p><u>・直流電源が動作可能であること</u></p> <p><u>(1) 第67条(所内電源系統その2) :</u></p> <p><u>・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</u></p> <p>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。</p> <p><u>(a) 第56条(使用済燃料プールの水位・水温) :</u></p> <p><u>・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</u></p> <p><u>(b) 第62条(非常用ディーゼル発電機その2) :</u></p> <p><u>・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</u></p> <p>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, <u>非常用補機冷却海水系</u>)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。</p>	<p>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。</p> <p><u>(a) 第143条(使用済燃料プールの水位および水温)</u></p> <p><u>・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</u></p> <p>c. 保安規定上の影響  <u>(2)</u>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。</p>	<p>・評価条件の相違  ②の相違</p>

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
	<p>3. 流路縮小工の保守管理について</p> <p>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放水による点検・清掃等を実施する。<u>また放水路については定期的な放水、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。</u></p> <p>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</p> <p><u>1号炉放水路は、1系統のみで放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。</u></p>  <p>図9 放水路の流路縮小工施工時の清掃範囲</p> <p>表7 管路解析の主な解析条件</p>	<p>3. 流路縮小工の保守管理について</p> <p>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。</p> <p>具体的には、<u>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。なお、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。また、潜水土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。</u></p>	<p>・対象施設の相違 ①の相違</p> <p>・対象施設の相違 ①の相違</p>

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																									
	<table border="1" data-bbox="973 268 1697 594"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>解析条件*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>検討対象津波</td> <td>基準津波 (水位上昇側)</td> </tr> <tr> <td>地震による地形変化</td> <td>防波堤：あり 護岸付近の敷地の沈下：なし (現地形)</td> </tr> <tr> <td>潮位条件</td> <td>朔望平均満潮位：0. P. +1. 43m 潮位のばらつき：+0. 16m</td> </tr> <tr> <td>地殻変動</td> <td>沈降を考慮 (+0. 72m)</td> </tr> <tr> <td>管路状態</td> <td>貝付着：清掃区間のみ貝代なし スクリーン損失：なし</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="982 600 1323 625">※ 1号炉放水路入力津波決定ケース</p> <p data-bbox="1080 701 1596 730">表8 貝付着の有無が入力津波に与える影響</p> <table border="1" data-bbox="982 743 1703 911"> <thead> <tr> <th>貝付着状況</th> <th>放水口前面 最高水位</th> <th>放水立坑 水位</th> <th>入力津波 高さ</th> <th>1号炉放水 立坑高さ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>貝付着なし</td> <td rowspan="2">0. P. +18. 70m</td> <td>0. P. +11. 80m</td> <td>0. P. +11. 8m</td> <td rowspan="2">0. P. +14. 0m</td> </tr> <tr> <td>貝付着あり</td> <td>0. P. +11. 79m</td> <td>0. P. +11. 8m</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="973 972 1546 1001">5. 流路縮小工 (取水路) の最小開口径について</p> <p data-bbox="982 1014 1712 1136">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。</p> <p data-bbox="982 1148 1712 1360">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。</p> <p data-bbox="982 1373 1712 1629">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。</p> <p data-bbox="982 1642 1712 1764">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)。</p>	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	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	<p data-bbox="1760 972 2315 1001">4. 流路縮小工 (取水槽) の開口面積について</p> <p data-bbox="1768 1014 2499 1136">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。</p> <p data-bbox="1768 1148 2499 1316">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<sup>2</sup>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。</p>	<p data-bbox="2531 972 2739 1001">・対象施設の相違</p> <p data-bbox="2531 1014 2659 1043">①の相違</p> <p data-bbox="2531 1104 2683 1134">・設備の相違</p>
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																											
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																									

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
	<p>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、仮に閉塞を仮定した場合の検知性について検討する。</p> <p>(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<u>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。</u></p> <p>(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「<u>警報処理運転手順書</u>」に基づき対応が可能である。</p> <p>a. <u>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。</u></p> <p>b. <u>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O.P.+13m程度であり、敷地へ溢水することはない。</u></p> <p>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。</p> <p>(1) 1号炉取水機能への影響</p>	<p>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、仮に閉塞を仮定した場合の検知性について検討する。</p> <p>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、「<u>取水槽水位低</u>」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「<u>設備別運転要領書 別冊 警報発生時の措置</u>」に基づき対応が可能である。</p> <p>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。</p> <p>(1) 1号炉取水機能への影響  <u>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。</u></p>	<p>・対象施設の相違  ①の相違</p> <p>・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</p>

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
	<p>a. <u>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。</u></p> <p>b. <u>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。</u></p> <p>c. <u>漂流物による流路縮小工部の閉塞の可能性はない。</u></p> <p>d. <u>海生生物による流路縮小工部の閉塞の可能性はない。</u></p> <p>(2) <u>1号炉放水機能への影響</u></p> <p>a. <u>1号炉放水立坑から敷地への溢水は生じない。</u></p> <p>b. <u>補機冷却海水ポンプ(常用系)の排水機能への影響はない。</u></p> <p>(3) <u>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。</u></p> <p>(4) <u>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。</u></p> <p>(5) <u>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。</u></p> <p>(6) <u>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。</u></p> <p>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</p> <p>参考2 流路縮小工の開口径設定の考え方</p> <p>参考3 流路縮小工の津波時の流速による構造成立性</p> <p>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</p>	<p>a. 非常用海水系の取水機能への影響はない。</p> <p>b. 海生生物による流路縮小工部の閉塞の可能性はない。</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>(4) 流路縮小工の開口面積(4.4m<sup>2</sup>)は、<u>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。</u></p> <p>(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。</p>	<p>・評価条件の相違 ②の相違</p> <p>・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</p> <p>・対象施設の相違 ①の相違</p> <p>・評価条件の相違 ②の相違</p> <p>・対象施設の相違 ①の相違</p>

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
	<p>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</p> <p>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</p> <p style="text-align: right;"><u>参考1</u></p> <p>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</p> <p>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(<math>U_2=2.7\text{m/s}</math>)を用いて, 各抵抗(損失)を算定した結果を以下に示す。</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>①急縮による抵抗(損失)</p> <math display="block">h_{sc} = f_{sc} \frac{U_2^2}{2g} = 0.18(m)</math> <p>②急拡による抵抗(損失)</p> <math display="block">h_{se} = f_{se} \frac{U_2^2}{2g} = 0.36(m)</math> <p>③摩擦による抵抗(損失)</p> <math display="block">h_f = f \frac{L}{D} \frac{U_2^2}{2g} = 0.13(m)</math> </div> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">}</div> <div> <p>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。)</p> </div> </div> <p>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。</p>		<p>・結果の相違</p> <p>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。</p>

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																						
	<p style="text-align: center;">表 各局所損失の算定式</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #cccccc;">①急縮による抵抗(損失)</th> </tr> <tr> <td colspan="2">急縮による損失水頭は下記のとおり。流路形状から<math>f_{sc}=0.499</math>と設定した。</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math display="block">h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}</math></td> </tr> <tr> <td colspan="2">ここに、<math>h_{sc}</math>: 急縮による損失水頭 <math>f_{sc}</math>: 急縮損失係数 <math>V_2</math>: 急縮後の流速</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #cccccc;">②急拡による抵抗(損失)</th> </tr> <tr> <td colspan="2">急拡による損失水頭は下記のとおり。流路形状から<math>f_{se}=0.974</math>と設定した。</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math display="block">h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g}</math></td> </tr> <tr> <td colspan="2">ここに、<math>h_{se}</math>: 急拡による損失水頭 <math>f_{se}</math>: 急拡損失係数 <math>V_1</math>: 急拡前の流速</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #cccccc;">③摩擦による抵抗(損失)</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><math display="block">h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}, f = \frac{124.5n^2}{D^{1/3}}</math></td> </tr> <tr> <td colspan="2">ここに、<math>h_f</math>: 摩擦による損失水頭    <math>L</math>: 管路の長さ <math>f</math>: 摩擦損失係数                    <math>D</math>: 管の直径 <math>V</math>: 平均流速                            <math>n</math>: マニングの粗度係数(0.015)</td> </tr> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">参考 2</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">流路縮小工の開口径設定の考え方</p> <p>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。</p> <p>(1) 流路縮小工に求められる要求事項</p> <p><b>【取放水路から敷地への津波の流入防止】</b></p> <p>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)。</p> <p><b>【津波時における非常用海水冷却系の取水機能】</b></p> <p>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。</p> <p>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)。</p> <p><b>【非津波時における取水・放水機能※】</b></p>	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)		$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}, f = \frac{124.5n^2}{D^{1/3}}$		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)			<p>・資料構成の相違</p> <p>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。</p>
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)																									
$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g}, f = \frac{124.5n^2}{D^{1/3}}$																									
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)																									

- 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。

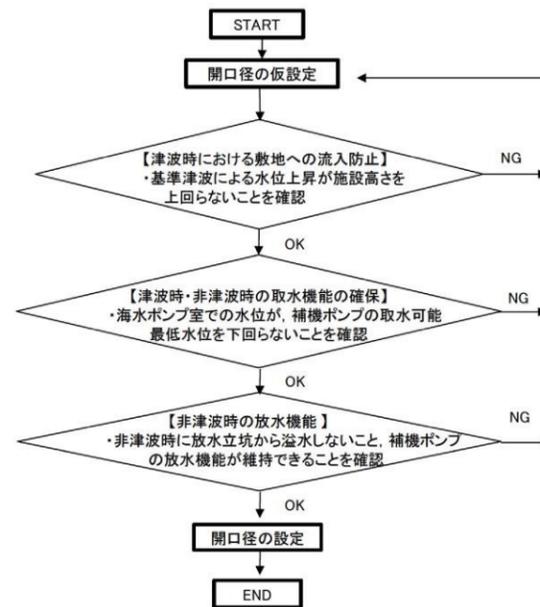


図1 開口径の設定の流れ

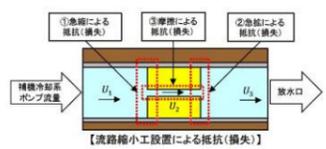


図2 流路縮小工設置による抵抗(損失)の概念図

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
	<p style="text-align: right;">参考3</p> <p style="text-align: center;">流路縮小工の津波時の流速による構造成立性</p> <p><u>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。</u></p> <p>(1) 構造成立性に関する既往知見の整理</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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。「<u>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)</u>」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「<u>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)</u>」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。</li> </ul> <p>※ 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。</p>	<p style="text-align: right;">参考1</p> <p style="text-align: center;">1号炉取水槽流路縮小工の構造成立性</p> <p><u>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S<sub>s</sub>による地震荷重や基準津波による津波荷重に対し、構成する部材が概ね弾性域内に収まるよう設計する。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p>(1) <u>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</u></p> <p>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、<u>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。</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象施設の相違 ①の相違</li> <li>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）</li> <li>資料構成の相違 ③の相違</li> <li>対象施設の相違 ①の相違</li> </ul>

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
	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波時には、<u>流路縮小工貫通部</u>を高流速の津波が通過する。「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。</li> <li>津波時には、<u>流路縮小工貫通部</u>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、<u>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</u>としている。</li> <li>津波時には、<u>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」</u>によれば、<u>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。</u></li> <li>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所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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波時には、<u>流路縮小工による開口部</u>を高流速の津波が通過する。「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。</li> <li>津波時には、<u>流路縮小工による開口部</u>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、<u>渦や流水による摩耗や浸食の対策を考える必要がある</u>としている。<u>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。</u></li> <li>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、<u>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低下が生じ、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されている。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象施設の相違 ①の相違</li> <li>対象施設の相違 ①の相違</li> <li>対象施設の相違 ① 相違</li> <li>対象施設の相違 ①の相違</li> </ul>

(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。

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)

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波荷重により、縮小工がせん断破壊又は浮動することで、躯体全体の安定性を失い、要求機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波荷重に対する躯体の安定性を評価する。なお、より保守的な評価となるように、貫通部が存在しないものとして荷重を算定する。</li> </ul>	○
	<ul style="list-style-type: none"> <li>貫通部における流水の摩擦により推力が生じ、躯体の安定性を失う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波時の流水の摩擦による推力を評価し、安定性が確保されているか確認する。</li> </ul>	○
	<ul style="list-style-type: none"> <li>急縮部・急拡大部で発生する渦や流水によるすりへり(エロージョン・摩耗)によって、形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エロージョン・摩耗はすりへりの一つであり、経年的にコンクリートが劣化する現象であることに対し、津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。</li> <li>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<sup>※2</sup>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。</li> </ul>	—

※1 エロージョン・摩耗は、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 土木改良事業設計設計基準及び運用・解説(平成20年3月)「異種水産養殖施設養殖施設設計設計基準」本書では、「水セメント比を小さくした $\alpha_k = 50\text{m}^3/\text{mm}^3$ 程度の高配合コンクリートで耐摩耗性・耐塩性をともなっている。細骨材を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)

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工貫通部	<ul style="list-style-type: none"> <li>砂礫や貝を含んだ津波の流入により、コンクリート表面にすりへり(アブレージョン・摩耗)が発生することによって、貫通部が広がって津波防護機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アブレージョン・摩耗はすりへりの一つであり、経年的にコンクリートが劣化する現象であることに対し、津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。</li> <li>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。</li> </ul>	—
	<ul style="list-style-type: none"> <li>急縮部に高速度な津波が流れ込むことによる局部的な圧力降下によって、その下流は負圧となって空気を引き込み(キャビテーション)、圧力が急激に低下することによって、水蒸気の気泡が急激に圧縮され、壁面に損傷を与えることにより、形状に変化が生じ、流路縮小性能を喪失する(ピッチング損傷)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>キャビテーションの発生の可能性について評価を行い、発生する場合はキャビテーションに配慮した設計とする。</li> </ul>	発生の可能性を評価

※ アブレージョン・摩耗とは砂礫や貝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、コンクリートを剥離させる現象である。  
 ※1 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3段階で進行する。  
 ※2 コンクリート表面に凹凸を生じ、凹凸が深くなる。凹凸が深くなるにつれて、細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。

(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。

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)

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
新設の鋼製部材	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震荷重や津波荷重により、縮小工がせん断破壊又はせん断破壊することで津波防護機能を喪失する。</li> <li>縮小工から伝達する荷重により、取付板及び固定ボルトが破断し、津波防護機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>縮小工に生じる断面力による応力度が、許容限界以下であることを確認する。</li> <li>取付板及び固定ボルトについては、各部位に生じる断面力による応力度が、許容限界以下となるように詳細設計段階で設計する。</li> </ul>	○ (構造成立性の見直し確認においては縮小工を評価対象とする)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>開口部における流水の摩擦により推力が生じ、縮小工が曲げ破壊又はせん断破壊することで津波防護機能を喪失する。</li> <li>縮小工から伝達する荷重により、取付板及び固定ボルトが破断し、津波防護機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波時及び地震時の津波荷重として、流水の摩擦による推力を考慮する。</li> </ul>	○ (構造成立性の見直し確認においては縮小工を評価対象とする)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>急縮部・急拡大部で発生する渦や流水によるすりへり(エロージョン・摩耗)によって、形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エロージョン・摩耗はすりへりの一つであり、経年的にコンクリートが劣化する現象であることに対し、津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。</li> <li>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<sup>※2</sup>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。</li> </ul>	—

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)

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
取水管	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震荷重や新設の鋼製部材から伝達する津波荷重により、取水管が曲げ破壊、せん断破壊又は引張破壊することで、津波防護機能を喪失する。</li> <li>地震荷重や新設の鋼製部材から伝達する津波荷重により、取水管フランジが曲げ破壊又はせん断破壊することで、津波防護機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>取水管に生じる断面力による応力度が、許容限界以下であることを確認する。</li> </ul>	○

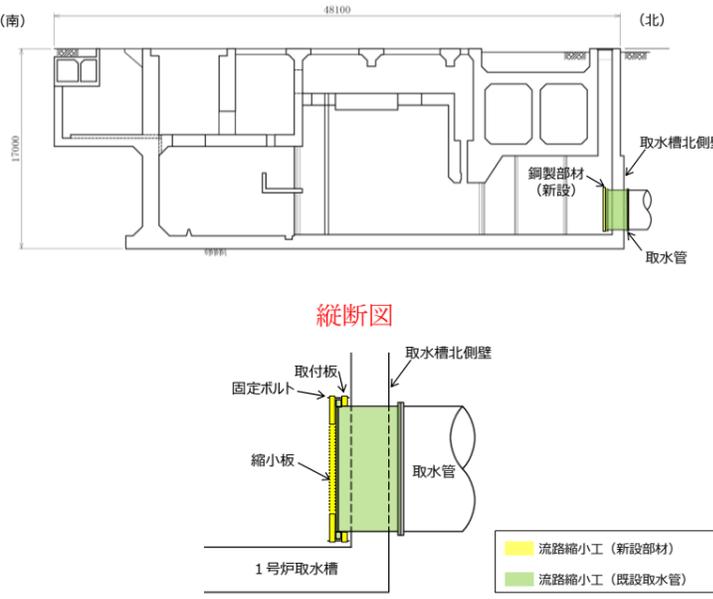
表3 津波時流速により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項(流路縮小工全体)

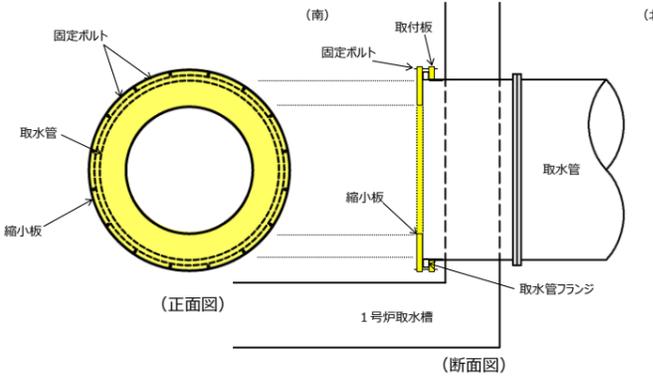
設備の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>急縮部・急拡大部で発生する砂や貝を含んだ渦や流水による渦や流水による摩耗(エロージョン・摩耗)によって形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「建設省河川砂防技術基準(案) 同解説 設計編[1]」によれば、渦や流水による摩耗は経年劣化による損傷である。常時の流路縮小工による開口部の流速が<math>0.11\text{m/s}</math>を越えること、前述のおよ流水に砂がほとんど含まれないこと及び貝については定期的な清掃により貝を除去する保守管理方針をとることから、摩耗による流路縮小工の健全性への影響は小さいと判断する。</li> <li>津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。「水門 鉄骨技術基準(水圧鉄骨・鉄鋼構造部編) 平成29年版(社) 水門鉄骨協会」によれば、管の摩耗による管径の減少に対して余裕を確保する方法が用いられていることから、新設の鋼製部材に対して適切な余裕を詳細設計段階で設定する。</li> </ul>	—
	<ul style="list-style-type: none"> <li>急縮部に高速度な津波が流れ込むことによる局部的な圧力降下によって、その下流は負圧となって空気を引き込み(キャビテーション)、圧力が急激に低下することによって、水蒸気の気泡が急激に圧縮され、壁面に損傷を与えることにより、形状に変化が生じ、流路縮小性能を喪失する(ピッチング損傷)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「ダム・増施設技術基準(案) 平成23年版(社) 増施設技術協会」によれば、円形断面で出口面積が<math>3 \sim 4\text{m}^2</math>未満の取水管は「小管縦放流禁止」、小断面で管内流速が<math>10\text{m/s}</math>を超える場合は「圧力降下を生じる可能性がある」としている。一方で、流路縮小工は円形断面で出口面積が<math>4.5\text{m}^2</math>程度を確保し、管径縮小の結果から1号取水管における津波時の流速が最大で<math>9.4\text{m/s}</math>であることから、圧力降下が生じる可能性は小さく、キャビテーションによる流路縮小工の健全性への影響は小さいと判断する。</li> </ul>	—

※1 エロージョン・摩耗は、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。

・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
	<p><u>(3) 流路縮小工全体の構造成立性</u></p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p><u>(3) 流路縮小工全体の構造成立性の見通しの確認</u></p> <p>a. 概要及び評価方針</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>  <p style="text-align: center;">縦断面図</p> <p style="text-align: center;">流路縮小工拡大イメージ図</p>	<p>・資料構成の相違</p> <p>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)</p>
<p>図1 流路縮小工及び流路縮小工を間接支持する部材</p>			

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																					
	<p>a. 荷重条件</p> <p>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。</p> <p>※1 取放水口前面の最大津波水位から算定(取水口前面：O.P.+20.78m, 放水路前面：O.P.+20.02m)。</p> <p>※2 「漂流物対策施設設計ガイドライン(H26.3 沿岸</p>	<p>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</p> <table border="1" data-bbox="1745 346 2490 451"> <thead> <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> </thead> <tbody> <tr> <td>流路縮小工(縮小板)</td> <td>部材が隆伏しない</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>部材が隆伏しない</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> </tbody> </table> <p>b. 縮小板のモデル化方針</p> <p>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。</p>  <p>図2 縮小板のモデル化方針</p> <p>c. 荷重組合せ</p> <p>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。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①地震時：常時荷重＋地震荷重</li> <li>②津波時：常時荷重＋津波荷重</li> <li>③重畳時：常時荷重＋津波荷重＋余震荷重</li> </ol> <p>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)</p> <p>d. 荷重条件</p> <p>流路縮小工の設計において考慮する荷重は、以下のよう設定する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) 常時荷重 自重を考慮する。</li> <li>(b) 地震荷重</li> </ol>	評価対象設備(部位)	要求性能に対する目標性能	許容限界			適用基準	曲げ	せん断	引張	流路縮小工(縮小板)	部材が隆伏しない	許容応力度	許容応力度	—	鋼構造設計規準	流路縮小工(取水管)	部材が隆伏しない	許容応力度	許容応力度	許容応力度	鋼構造設計規準	
評価対象設備(部位)	要求性能に対する目標性能	許容限界			適用基準																			
		曲げ	せん断	引張																				
流路縮小工(縮小板)	部材が隆伏しない	許容応力度	許容応力度	—	鋼構造設計規準																			
流路縮小工(取水管)	部材が隆伏しない	許容応力度	許容応力度	許容応力度	鋼構造設計規準																			

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
	<p>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)</p> <p>※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)</p>	<p>基準地震動<math>S_s</math>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<math>S_s-D</math>を用いる。</p> <p>(c) 津波荷重</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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)) <ul style="list-style-type: none"> <li>流路縮小工上流側 EL+7.51m, 流路縮小工下流側 EL-0.75m</li> </ul> </li> <li>・重畳時(対象:海域活断層に想定される地震による津波(基準津波4)) <ul style="list-style-type: none"> <li>流路縮小工上流側 EL+1.64m, 流路縮小工下流側 EL+1.63m</li> </ul> </li> </ul> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>(d) 余震荷重</p> <p>海域活断層に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<math>S_d</math>による荷重を設定する。(添付資料22参照)</p>	

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/m <sup>2</sup>	265.5kN/m <sup>2</sup>
	P2: 流水圧 (縮小工全面に作用する流体力)	103.5kN/m <sup>2</sup>	103.5kN/m <sup>2</sup>
	P3: 推力 (貫通部の流水の摩擦により生じる推力)	21.4kN/m <sup>2</sup>	77.3kN/m <sup>2</sup>

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S<sub>s</sub>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/m<sup>2</sup>)

$Kh$  : 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)

$\gamma_w$  : 内水の単位体積重量 (tf/m<sup>3</sup>)

h : 水深 (m)

y : 水面から動水圧を求める点までの深さ (m)

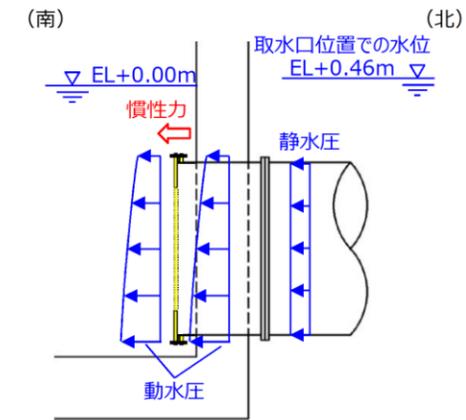


図3 地震時の流路縮小工の縮小板に作用する水平方向荷重イメージ

(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。

津波時の縮小工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)

$\rho_0$  : 水の密度 (海水 1.03t/m<sup>3</sup>)

$A$  : 流れの方向の物体の投影面積 (m<sup>2</sup>),  $U$  : 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<sup>-1/3</sup>)

$L$  : 貫通部長さ (m),  $Q$  : 流量 (m<sup>3</sup>/s),  $D$  : 貫通部直径 (m)

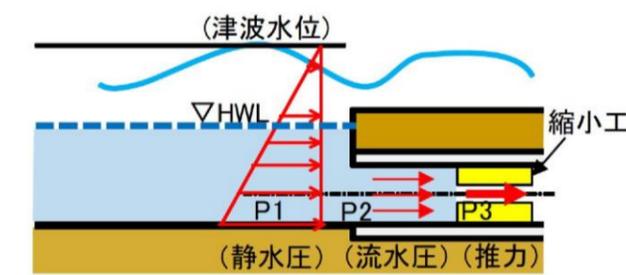


図1 津波時の荷重作用イメージ※

※ 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。

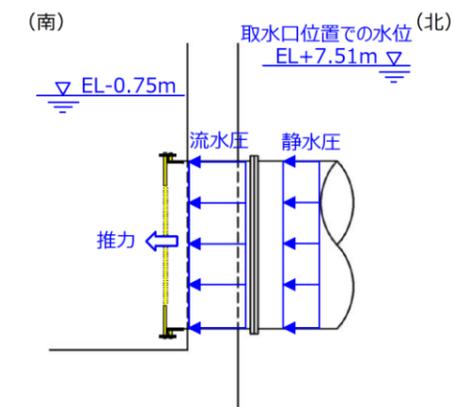


図4 津波時の流路縮小工の縮小工に作用する水平方向荷重イメージ

(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。

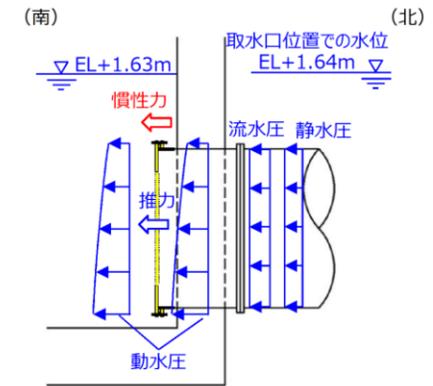


図5 重畳時の流路縮小工の縮小板に作用する水平方向荷重イメージ

(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	荷重 合計	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

\*流水の流速による動水圧は、津波時で0.06kN、重畳時で0.02kNであり、流水圧率に比べて十分小さいことから、流水圧に含めて整理した。

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 L 1

a 打設面のせん断強さからの必要閉塞長 L (図-11.5-2)

$$L = \frac{P \cdot A}{\sigma \cdot L_s} \dots\dots\dots (11.5-1)$$

ここに P : 水圧 (kPa)  
 A : 水圧を受ける断面積 (m<sup>2</sup>)  
 r : コンクリートと岩盤との接触面のせん断強さ (kN/m<sup>2</sup>)  
 L<sub>s</sub> : 付着の周長 (m)  
 σ : 安全率 (4以上)

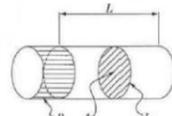


図-11.5-2 プラグ部のせん断強さ

「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 L 2

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。

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

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 · A  
 P : 水圧 (kPa)  
 A : 水圧を受ける面積 A = πD<sup>2</sup>/4 (m<sup>2</sup>)  
 D : プラグコンクリート直径 (m)  
 C : 付着力 (kN/m<sup>2</sup>)  
 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 (m<sup>2</sup>)  
 A' = L<sub>s</sub> · L  
 L<sub>s</sub> : 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 = tanφ'  
 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、

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

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

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

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、

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

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

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

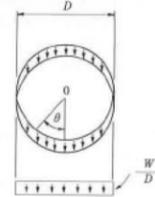


図-11.5-3 プラグコンクリート周辺の全抵抗力

「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/mm <sup>2</sup> )
	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/mm <sup>2</sup> )
	せん断
SS400 (板厚t≤40mm)	135

・曲げに対する安定性から求まる必要長さL 3

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<sub>t</sub>：円周方向モーメント  
M<sub>r</sub>：半径方向モーメント

等分布荷重の周辺固定の円形板とすれば、

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

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

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、

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

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)

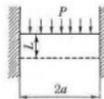
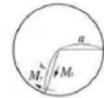


図-11.5-4 周辺固定円盤の必要閉塞長

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、

$$L = a \cdot \frac{\sigma}{2\sqrt{\sigma'}} \dots\dots\dots (11.5-4)$$

ここに、σ：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

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

F<sub>D</sub>：流体力(kN), C<sub>D</sub>：抗力係数 (保守的に最大値 2.01 とする)

ρ<sub>0</sub>：水の密度 (海水 1.03t/m<sup>3</sup>)

A：流れの方向の物体の投影面積 (m<sup>2</sup>), 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<sup>1/3</sup>)

L：貫通部長さ (m), Q：流量 (m<sup>3</sup>/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<sub>t</sub>：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/mm <sup>2</sup> )
	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、構造成立性が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				判定 (照査値<1.00)
		照査項目	最大発生値 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 (発生値) / (許容値)	
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

(c) 評価に用いる物性値

分類	せん断強度 ( $\tau, C$ )	内部摩擦角 ( $\phi$ )	許容曲げ引張応力度 ( $\sigma'$ )
岩盤 (C <sub>1</sub> 級)	1.58N/mm <sup>2</sup> ※1 (1,580kN/m <sup>2</sup> )	43° ※1	—
コンクリート	3.23N/mm <sup>2</sup> ※2 (3,230kN/m <sup>2</sup> )	0° ※3	0.37N/mm <sup>2</sup> ※4 (375kN/m <sup>2</sup> )

※1 解析用物性値(孤崎部層のC<sub>1</sub>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  
 ( $\tau=1/5 \times f_{ek}' / \gamma$ , ここで  $f_{ek}' = 21N/mm^2$  (既設覆工コンクリート),  $\gamma=1.3$ )  
 ※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  
 ( $\sigma' = 1/7 \times f_{tk} \times 1.5$ , ここで  $f_{tk} = 0.23 \times f_{ek}' = 2.9 N/mm^2$ )

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

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

$A_2$ : 貫通部の断面積

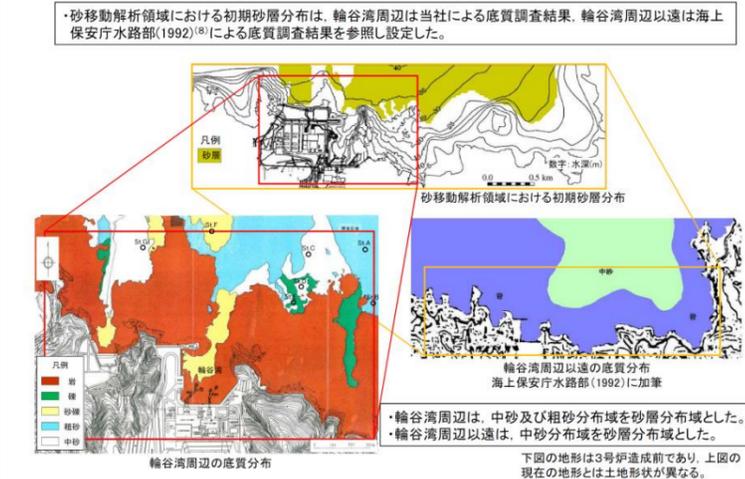
$$= \frac{\pi \times D_2^2}{4} = \frac{\pi \times 1.0^2}{4} = 0.79m^2$$

$\tau = 3,230kN/m^2$  (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。(第662回審査会合 p.6, 8, 52から抜粋)



(第662回審査会合 p.6 から抜粋)

・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	取水口堆積厚さ(m)※1	評価結果
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	P9 P25
				5%	0.00	P9 P26
				1%	0.02(0.020)	P10 P27
				5%	0.00	P11 P28
基準津波2	地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	P12 P30
				5%	0.00	P13 P31
				1%	0.00	P13 P32
				5%	0.01	P14 P33
基準津波3	地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	P15 P34
				5%	0.00	P15 P35
				1%	0.00	P16 P36
				5%	0.00	P17 P37
基準津波4	土木学会に基づく検討(F-III~F-V断層)	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	P17 P38
				5%	0.00	P18 P39
				1%	0.00	P19 P40
				5%	0.00	P19 P41
基準津波5	地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	P20 P42
				5%	0.00	P21 P43
				1%	0.00	P21 P44
				5%	0.00	P22 P45
基準津波6	地震発生領域の運動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	P23 P46
				5%	0.00	P23 P47
				1%	0.00	P24 P48
				5%	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, 海底面から取水口唇口下端までの高さ(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, 取水口唇口下端: T.P.-12.50m (P2参照)

(第662回審査会合 p.8 から抜粋)

(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

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

$A_2$ : 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)

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

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

$A_2$ : 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

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

$A_2$ : 貫通部の断面積

・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。

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) <sup>※1</sup>	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
		無	停止			0.00	P53
		無	運転			0.01	P54
	下降側	有	運転			0.00	P54
		無	停止			0.02[0.0162]	P55
		無	運転			0.00	P55
基準津波2	上昇側	有	運転			0.01	P56
基準津波3	下降側	有	運転			0.00	P56
基準津波4	下降側	有	運転			0.01	P57
		無	停止			0.00	P57
		無	運転			0.01	P58
基準津波5	上昇側	有	運転			0.00	P58
		無	停止	0.00	P59		
		無	運転	0.00	P59		
基準津波6	下降側	有	運転	0.00	P60		
		無	停止	0.00	P60		
		無	運転	0.00	P61		
					0.00	P61	
					0.00	P62	
					0.00	P62	

※1 計算結果は小数第3位で切り上げて示す。

・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)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(P2参照)

(第662回審査会合 p.52 から抜粋)

(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 $10^6 \sim 10^7$ 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。

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
	$= \frac{\pi \times D_2^2}{4} = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.20m^2$ <p><math>\tau = 1,580kN/m^2</math> (強度の小さい岩盤の値を採用)</p> $L_0 = \pi \cdot D_3 = \pi \times 5.2 = 16.34m$ <p>(<math>D_1</math> : 縮小工直径4.6m, <math>D_2</math> : 貫通部直径0.5m,  <math>D_3</math> : 既設覆工コンクリート外径5.2m)</p> <p>(b) L2の算定結果</p> <p>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)</p> $L2 = n \cdot \frac{P \cdot A}{C \cdot A' + f \cdot N} = n \times \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{C \cdot \pi \cdot D_1 + \tan \varphi \cdot \frac{\pi \cdot W_1}{2D_1}}$ $= 4 \times \frac{267.9 \times 8.55 + 103.5 \times 8.55 + 21.4 \times 0.79}{3,230 \times \pi \times 3.3 + 0 \times \frac{\pi \cdot 110.3}{2 \times 3.3}} = 0.38m$ <p>ここに, <math>A_1</math> : 縮小工の断面積</p> $= \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \frac{\pi \times 3.3^2}{4} = 8.55m^2 \quad \text{※貫通部は非考慮}$ <p><math>A_2</math> : 貫通部の断面積</p> $= \frac{\pi \times D_2^2}{4} = \frac{\pi \times 1.0^2}{4} = 0.79m^2$ <p><math>C = 3,230kN/m^2</math>, <math>\varphi = 0^\circ</math> (コンクリート)</p> <p><math>W_1</math> : 縮小工の単位長さ当たりの重量</p> $= \gamma' \cdot A_1 \cdot 1 = 12.9 \times 8.55 \times 1 = 110.3kN/m$ <p>(<math>D_1</math> : 縮小工直径3.3m, <math>D_2</math> : 貫通部直径1.0m,  <math>\gamma'</math> : コンクリートの水中単位体積重量12.9kN/m<sup>3</sup>)</p> <p>(放水路)</p> $L2 = n \cdot \frac{P \cdot A}{C \cdot A' + f \cdot N} = n \times \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{C \cdot \pi \cdot D_1 + \tan \varphi \cdot \frac{\pi \cdot W_1}{2D_1}}$ $= 4 \times \frac{265.5 \times 16.62 + 103.5 \times 16.62 + 77.3 \times 0.20}{3,230 \times \pi \times 4.6 + 0 \times \frac{\pi \cdot 214.4}{2 \times 4.6}} = 0.53m$ <p>ここに, <math>A_1</math> : 縮小工の断面積</p> $= \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \frac{\pi \times 4.6^2}{4} = 16.62m^2 \quad \text{※貫通部は非考慮}$ <p><math>A_2</math> : 貫通部の断面積</p>		

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
	$= \frac{\pi \times D_2^2}{4} = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.20m^2$ <p><math>C = 3,230kN/m^2, \varphi = 0^\circ</math> (コンクリート)</p> <p><math>W_1</math> : 縮小工の単位長さ当たりの重量</p> $= \gamma' \cdot A_1 \cdot 1 = 12.9 \times 16.62 \times 1 = 214.4kN$ <p>(<math>D_1</math> : 縮小工直径4.6m, <math>D_2</math> : 貫通部直径0.5m,  <math>\gamma'</math> : コンクリートの水中単位体積重量12.9kN/m<sup>3</sup>)</p> <p>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</p> <p>(取水路)</p> $L2 = n \frac{P \cdot A}{CA' + fN} = n \times \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{C \cdot \pi \cdot D_3 + \tan \varphi \cdot \frac{\pi \cdot W_2}{2D_3}}$ $= 4 \times \frac{267.9 \times 8.55 + 103.5 \times 8.55 + 21.4 \times 0.79}{1,580 \times \pi \times 3.9 + 0.93 \times \frac{\pi \cdot 154.2}{2 \times 3.9}} = 0.66m$ <p>ここに, <math>A_1</math> : 縮小工の断面積</p> $= \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \frac{\pi \times 3.3^2}{4} = 8.55m^2 \quad \text{※貫通部は非考慮}$ <p><math>A_2</math> : 貫通部の断面積</p> $= \frac{\pi \times D_3^2}{4} = \frac{\pi \times 1.0^2}{4} = 0.79m^2$ <p><math>C = 1,580kN/m^2, \varphi = 43^\circ</math> (強度の小さい岩盤の値を採用)</p> <p><math>D_3</math> : 既設覆工コンクリート外径3.9m</p> <p><math>W_2</math> : 縮小工と既設覆工の単位長さ当たりの重量</p> $= \gamma' \cdot A_3 \cdot 1 = 12.9 \times 11.95 \times 1 = 154.2kN/m$ <p>(<math>D_1</math> : 縮小工直径3.3m, <math>D_2</math> : 貫通部直径1.0m,  <math>\gamma'</math> : コンクリートの水中単位体積重量12.9kN/m<sup>3</sup>,  <math>A_3</math> : 縮小工+既設覆工の断面積 (貫通部は非考慮)</p> $= \frac{\pi \times D_2^2}{4} = \frac{\pi \times 3.9^2}{4} = 11.95m^2$ <p>(放水路)</p> $L2 = n \frac{P \cdot A}{CA' + fN} = n \times \frac{P_1 \cdot A_1 + P_2 \cdot A_1 + P_3 \cdot A_2}{C \cdot \pi \cdot D_3 + \tan \varphi \cdot \frac{\pi \cdot W_2}{2D_3}}$ $= 4 \times \frac{265.5 \times 16.62 + 103.5 \times 16.62 + 77.3 \times 0.20}{1,580 \times \pi \times 5.2 + 0.93 \times \frac{\pi \cdot 274.0}{2 \times 5.2}} = 0.95m$ <p>ここに, <math>A_1</math> : 縮小工の断面積</p>		

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
	$= \frac{\pi \times D_1^2}{4} = \frac{\pi \times 4.6^2}{4} = 16.62\text{m}^2 \quad \text{※貫通部は非考慮}$ <p><math>A_2</math> : 貫通部の断面積</p> $= \frac{\pi \times D_2^2}{4} = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.20\text{m}^2$ <p><math>C = 1,580\text{kN/m}^2</math>, <math>\varphi = 43^\circ</math> (強度の小さい岩盤の値を採用)</p> <p><math>D_3</math> : 既設覆工コンクリート外径5.2m</p> <p><math>W_2</math> : 縮小工と既設覆工の単位長さ当たりの重量</p> $= \gamma' \cdot A_3 \cdot 1 = 12.9 \times 21.24 \times 1 = 274.0\text{kN/m}$ <p>(<math>\gamma'</math> : コンクリートの水中単位体積重量)</p> <p><math>A_3</math> : 縮小工+既設覆工の断面積 (貫通部は非考慮)</p> $= \frac{\pi \times D_2^2}{4} = \frac{\pi \times 5.2^2}{4} = 21.24\text{m}^2$ <p>(<math>D_1</math> : 縮小工直径4.6m, <math>D_2</math> : 貫通部直径0.5m)</p> <p>(c) L3の算定結果</p> <p>(取水路)</p> $L3 = \alpha \left(\frac{a}{2}\right) \sqrt{\frac{3P}{\sigma'}} = \alpha \left(\frac{a}{2}\right) \sqrt{\frac{3 \cdot (P_1 + P_2 + P_3)}{\sigma'}}$ $= 1.5 \times \left(\frac{1.65}{2}\right) \times \sqrt{\frac{3 \times (267.9 + 103.5 + 21.4)}{375}} = 2.19\text{m}$ <p>ここに, <math>\alpha = 1.5</math> (保守的に1.5とする)</p> $a = \frac{D_1}{2} = \frac{3.3}{2} = 1.65\text{m} \quad (D_1 : \text{縮小工直径} 3.3\text{m})$ $\sigma' = 375\text{kN/m}^2$ <p>(放水路)</p> $L3 = \alpha \left(\frac{a}{2}\right) \sqrt{\frac{3P}{\sigma'}} = \alpha \left(\frac{a}{2}\right) \sqrt{\frac{3 \cdot (P_1 + P_2 + P_3)}{\sigma'}}$ $= 1.5 \times \left(\frac{2.30}{2}\right) \times \sqrt{\frac{3 \times (265.5 + 103.5 + 77.3)}{375}} = 3.26\text{m}$ <p>ここに, <math>\alpha = 1.5</math> (保守的に1.5とする)</p> $a = \frac{D_1}{2} = \frac{4.6}{2} = 2.30\text{m} \quad (D_1 : \text{縮小工直径} 4.6\text{m})$ $\sigma' = 375\text{kN/m}^2$		

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<sup>\*1</sup>,  
2, 文献<sup>\*3</sup>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( $\sigma_i$ )を1.8としている。

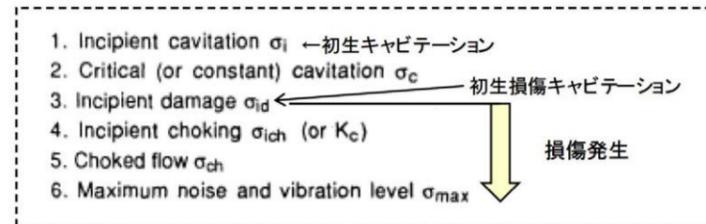
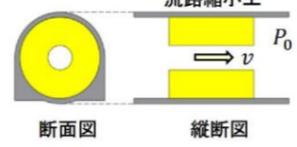
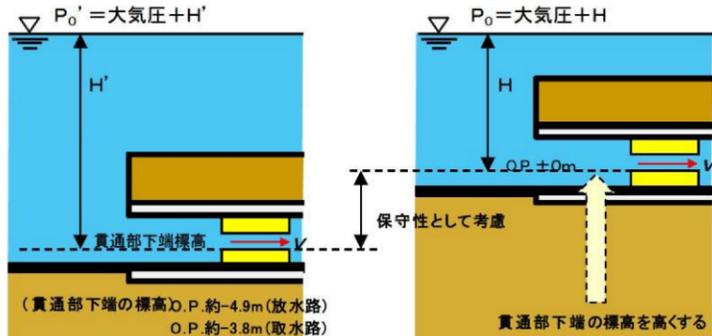


図2 キャビテーションの発達過程 (文献<sup>\*4</sup>による, 一部加筆)

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
	<div data-bbox="979 262 1706 577" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p><b>【キャビテーション係数の算定式】</b></p> <math display="block">\sigma = \frac{P_0 - P_v}{\frac{\rho v^2}{2}}</math>  <p>σ: キャビテーション係数  P<sub>0</sub>: 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 (Pa)  P<sub>v</sub>: 飽和蒸気圧 (Pa), 海水温を保守的に30°Cとし4,250Pa  ρ: 海水密度, v: 貫通部の流速 (m/s)</p> </div> <p style="text-align: center;">図3 キャビテーション係数の算定式</p> <p>※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」</p> <p>b. 評価方針及び保守性確保の考え方</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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<sub>0</sub>) や飽和蒸気圧 (P<sub>v</sub>) 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。</p> <p>①大気圧を含む平均圧力算定における保守性</p> <p>P<sub>0</sub>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<sub>0</sub>を算定する。</p> <p>②飽和蒸気圧の設定における保守性</p> <p>女川海域よりも高い海水温度*として30°C(この場合の飽和蒸気圧4, 250Pa) を設定する。</p>		

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
	<p>※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。</p>  <p>図4 平均圧力<math>P_0</math>算定時における保守性の考え方</p> <p>c. キャビテーションの発生に関する評価</p> <p>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）。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>		

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
	<p style="text-align: center;">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</p>		

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																																																																																																		
	<p style="text-align: right;">参考 4</p> <p>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</p> <p>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。</p> <p>(1) 文献調査</p> <p>坂口ら<sup>*</sup>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。</p> <p>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。</p> <p style="text-align: center;">※ 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</p>	<p style="text-align: right;">参考 2</p> <p style="text-align: center;"><u>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</u></p> <p><u>1. 1号炉取水施設の概要</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>2. 計算条件</u></p> <p><u>計算条件については、添付資料6のとおりとする。</u></p> <p><u>3. 計算結果</u></p> <p><u>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）。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>表1 基準津波による取水槽水位の結果</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">波源</th> <th rowspan="2">防波堤有無</th> <th rowspan="2">貝付着有無</th> <th rowspan="2">循環水ポンプ運転状況</th> <th colspan="2">1号炉取水槽の入力津波高さ EL (m)</th> </tr> <tr> <th>対策後<sup>*</sup></th> <th>(参考) 対策前</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">日本海東縁部</td> <td rowspan="3">基準津波 1</td> <td>有り</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+6.3</td> <td>+7.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>無し</td> <td>停止</td> <td>+6.4</td> <td>+7.7</td> </tr> <tr> <td>無し</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+6.8</td> <td>+8.2</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">基準津波 2</td> <td>有り</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+7.0</td> <td>+9.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>無し</td> <td>停止</td> <td>+6.0</td> <td>+6.8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">基準津波 5</td> <td>有り</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+6.1</td> <td>+7.3</td> </tr> <tr> <td>無し</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+6.4</td> <td>+7.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>無し</td> <td>停止</td> <td>+6.7</td> <td>+8.1</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">海城活断層</td> <td rowspan="3">基準津波 4</td> <td>有り</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+2.7[+2.61]</td> <td>+3.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>無し</td> <td>停止</td> <td>+2.7[+2.68]</td> <td>+3.0</td> </tr> <tr> <td>無し</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+2.5</td> <td>+3.4</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">海城活断層 上昇側最大となるケース</td> <td>有り</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+2.7[+2.67]</td> <td>+3.8</td> </tr> <tr> <td></td> <td>無し</td> <td>停止</td> <td>+2.5</td> <td>+2.6</td> </tr> <tr> <td>無し</td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+2.5</td> <td>+2.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>有り</td> <td>停止</td> <td>+2.5</td> <td>+3.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>無し</td> <td>停止</td> <td>+2.6</td> <td>+3.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>※下線部が最大水位上昇量の値</p>	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 <sup>*</sup>	(参考) 対策前	日本海東縁部	基準津波 1	有り	有り	停止	+6.3	+7.2		無し	停止	+6.4	+7.7	無し	有り	停止	+6.8	+8.2	基準津波 2	有り	有り	停止	+7.0	+9.2		無し	停止	+6.0	+6.8	基準津波 5	有り	有り	停止	+6.1	+7.3	無し	有り	停止	+6.4	+7.6			無し	停止	+6.7	+8.1	海城活断層	基準津波 4	有り	有り	停止	+2.7[+2.61]	+3.0		無し	停止	+2.7[+2.68]	+3.0	無し	有り	停止	+2.5	+3.4	海城活断層 上昇側最大となるケース	有り	有り	停止	+2.7[+2.67]	+3.8		無し	停止	+2.5	+2.6	無し	有り	停止	+2.5	+2.6			有り	停止	+2.5	+3.2			無し	停止	+2.6	+3.5	<p>・記載の相違</p> <p>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</p>
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 <sup>*</sup>	(参考) 対策前																																																																																																	
日本海東縁部	基準津波 1	有り	有り	停止	+6.3	+7.2																																																																																															
			無し	停止	+6.4	+7.7																																																																																															
		無し	有り	停止	+6.8	+8.2																																																																																															
	基準津波 2	有り	有り	停止	+7.0	+9.2																																																																																															
			無し	停止	+6.0	+6.8																																																																																															
基準津波 5	有り	有り	停止	+6.1	+7.3																																																																																																
	無し	有り	停止	+6.4	+7.6																																																																																																
		無し	停止	+6.7	+8.1																																																																																																
海城活断層	基準津波 4	有り	有り	停止	+2.7[+2.61]	+3.0																																																																																															
			無し	停止	+2.7[+2.68]	+3.0																																																																																															
		無し	有り	停止	+2.5	+3.4																																																																																															
	海城活断層 上昇側最大となるケース	有り	有り	停止	+2.7[+2.67]	+3.8																																																																																															
			無し	停止	+2.5	+2.6																																																																																															
		無し	有り	停止	+2.5	+2.6																																																																																															
		有り	停止	+2.5	+3.2																																																																																																
		無し	停止	+2.6	+3.5																																																																																																

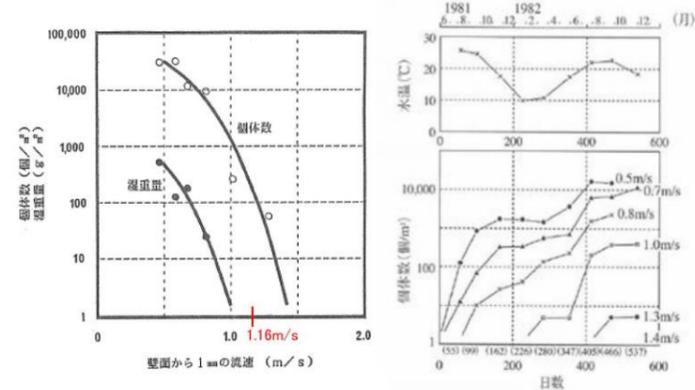


図1 生物付着と流速の関係

(発電所海水設備の汚損対策ハンドブック p156)

(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。

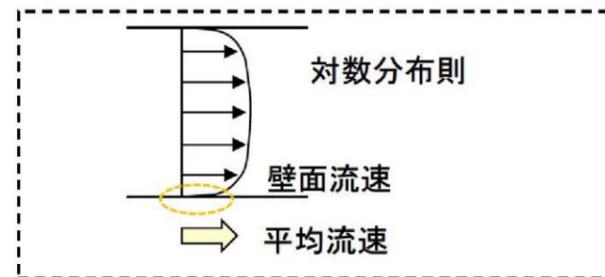


図2 対数分布則

(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

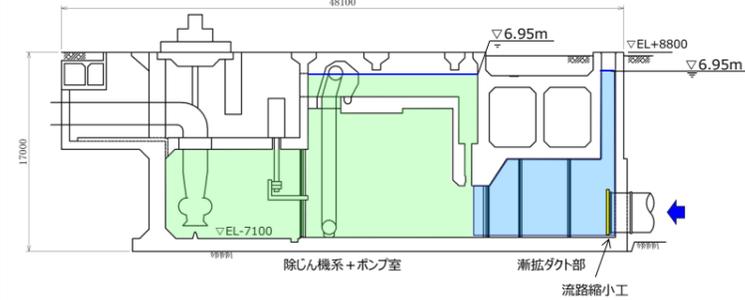


図1 1号炉取水槽流路縮小工による浸水範囲※

※ 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)

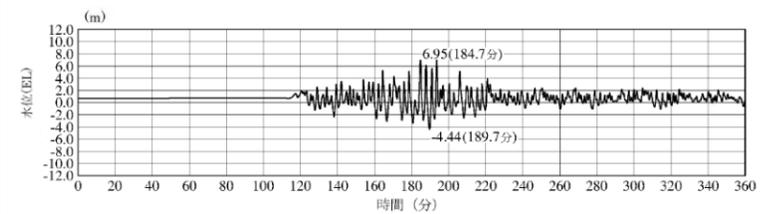


図2 時刻歴波形(基準津波1 防波堤無し 貝付着無し)

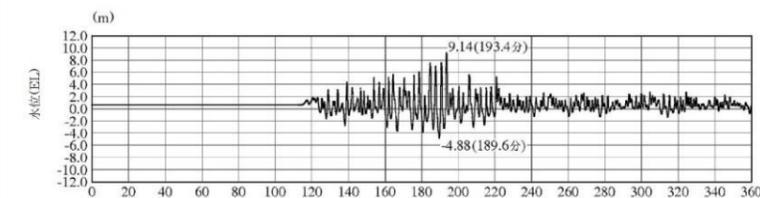


図3 対策前の取水槽の時刻歴波形  
(基準津波1 防波堤無し 貝付着無し)

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<sup>※1</sup>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O.P.+3.90mであり、放水立坑天端レベル(O.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0.5cm~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 <sup>※2</sup>	ポンプ流量 (m <sup>3</sup> /s)	通水断面積 (m <sup>2</sup> )	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 <sup>※3</sup> (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。

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よる損失水頭および流水圧  
について、詳細設計段階において模型実験により、設計の妥当性を  
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。

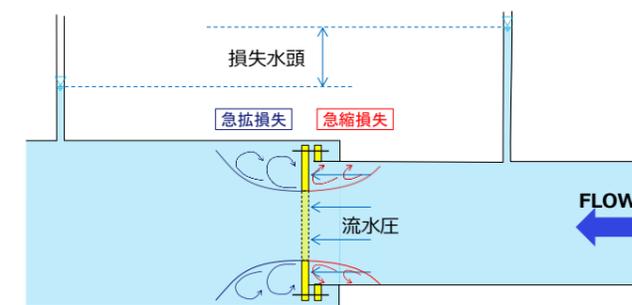


図1 模型実験概要図

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

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
		<p style="text-align: right;"><u>参考4</u></p> <p style="text-align: center;"><u>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</u></p> <p><u>1. 検討概要</u> 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、<u>当初選定していた</u>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。</p> <p><u>2. 計算条件</u> 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。</p> <p><u>3. 計算結果</u> 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。</p> <p><u>4. 結果の考察</u> 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+ポンプ室およ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および堰の設置による損失から、堰を設置しない場合に比較し、低減することを確認した。</p> <p>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<u>取水槽ピット</u>にて入力津波高さは許容値以下であり、<u>取水槽ピット閉止板</u>等の対策工を設置する必要はないことを確認</p>	

した。

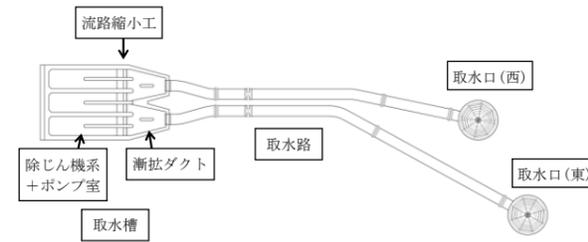


図1 平面図 (1号炉取水施設)

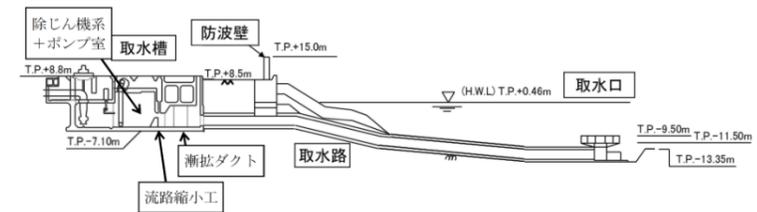


図2 断面図 (1号炉取水施設)

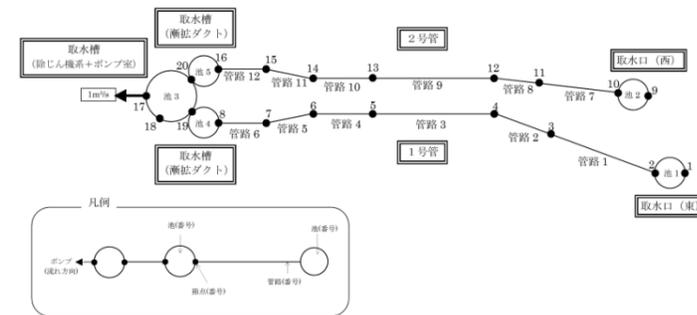


図3 1号炉取水施設の管路計算モデル

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 <sup>3</sup> /s)	種類	係数		断面積 (m <sup>2</sup> )		損失水頭 (m)※		モデル化			
			1号管	2号管	1号管	2号管	1号管	2号管				
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 <sup>-1/2</sup> ・s)	0.014	0.014							
			長さ(m)	2.600	2.600	12.566	12.566	0.000	0.000	節点2.10		
			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 <sup>-1/2</sup> ・s)	0.014	0.014					
					長さ(m)	127.075	102.915	8.814	8.814	0.000	0.000	管路1~6 管路7~12
					径深(m)	0.838	0.838					
曲がり	F <sub>B1</sub>			0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点3.11		
	F <sub>B2</sub>			0.279	0.319							
曲がり	F <sub>B1</sub>			0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点4.12		
	F <sub>B2</sub>			0.571	0.366							
曲がり	F <sub>B1</sub>			0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点5.13		
	F <sub>B2</sub>			0.412	0.379							
曲がり	F <sub>B1</sub>			0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点6.14		
	F <sub>B2</sub>			0.413	0.413							
曲がり	F <sub>B1</sub>			0.135	0.135	8.814	8.814	0.000	0.000	節点7.15		
	F <sub>B2</sub>			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 <sup>-1/2</sup> ・s)	0.015	0.015					
					長さ(m)	9.100	9.100	41.667	41.667	0.000	0.000	節点8.16
					径深(m)	1.682	1.682					
				摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> ・s)	0.015	0.015					
					長さ(m)	1.700	1.700	50.000	50.000	0.000	0.000	節点8.16
					径深(m)	1.716	1.716					
		摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> ・s)	0.015	0.015							
			長さ(m)	1.000	1.000	31.250	31.250	0.000	0.000	節点8.16		
			径深(m)	0.805	0.805							
		摩擦	粗度係数(m <sup>-1/2</sup> ・s)	0.015	0.015							
			長さ(m)	2.000	2.000	33.333	33.333	0.000	0.000	節点8.16		
			径深(m)	0.820	0.820							
		ビヤー	ビアの水平断面形状による係数	0.920	0.920							
			ビア直前の水路幅(m)	6.859	6.859	45.455	45.455	0.000	0.000	節点8.16		
		水路幅からビア幅の総計を控除した幅(m)	6.059	6.059								
			F <sub>W</sub>	0.280	0.280	33.500	33.500	0.000	0.000	節点8.16		
		漸縮	F <sub>W</sub>	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 <sub>W</sub>	0.200	0.200	32.237	32.237	0.000	0.000	節点8.16		
F <sub>W</sub>	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) <sup>注1)</sup>	4.360	4.360							
			下流水深(m) <sup>注1)</sup>	4.351	4.351							
			ゲート開度(m)	1.200	1.200	9.540	9.540	0.009	0.009	節点19.20		
			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 <sup>3</sup> /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】

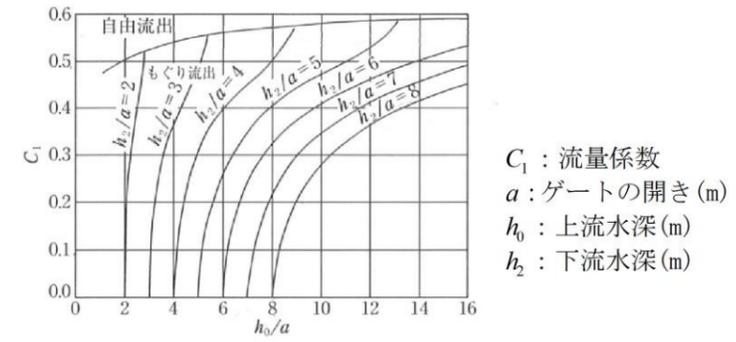


図4 スルースゲートによる流量係数  
(土木学会水理公式集(平成11年版) p.255) 注

注) スルースゲートの流量公式  $Q = C_1 a B \sqrt{2gh_0}$  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号取水槽の人力津波高さ EL (m)			(参考) 対策前 取水槽	
				対策後*				
				漸拡ダクト部		除じん機系+ ポンプ室 (池3)		
日本海東縁部	基準津波1	有り	有り	停止	(東ルート) (池4)		(西ルート) (池5)	+6.5
			無し	停止	+6.6	+6.6	+6.8	+7.7
		有り	停止	+6.9	+6.9	+7.3	+8.2	
	基準津波2	有り	有り	停止	+7.4	+7.4	+7.7	+9.2
			無し	停止	[+7.86]	+7.8	[+7.65]	+9.2
		無し	停止	+6.2	+6.2	+6.1	+6.8	
基準津波5	無し	有り	停止	+6.5	+6.4	+6.3	+7.3	
		無し	停止	+5.4	+5.3	+5.3	+7.6	
海城活断層	基準津波4	有り	有り	停止	+7.3	+7.2	+7.1	+8.1
			無し	停止	+2.7	+2.7	+2.7	+3.0
		有り	停止	+2.7	+2.6	+2.6	+3.0	
	海城活断層 上昇側最大 となるケー ス	有り	有り	停止	+2.9	+2.9	+2.9	+3.4
			無し	停止	+3.1	+3.1	+3.1	+3.8
		無し	停止	+2.4	+2.4	+2.4	+2.6	
	無し	有り	停止	+2.4	+2.3	+2.3	+2.6	
		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

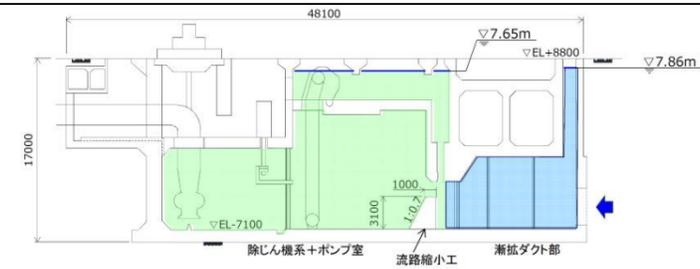
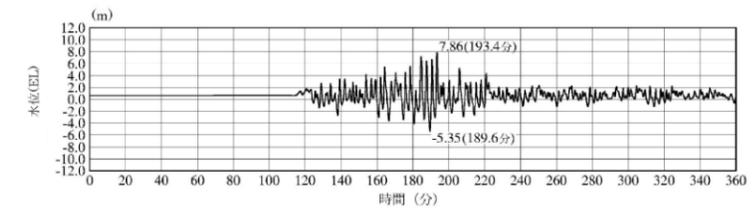


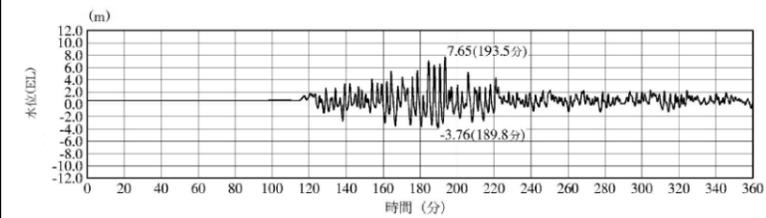
図5 1号炉取水槽流路縮小工による浸水範囲※

※ 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)

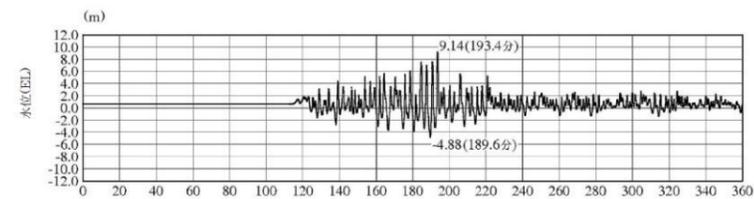


図7 対策前の取水槽の時刻歴波形

(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

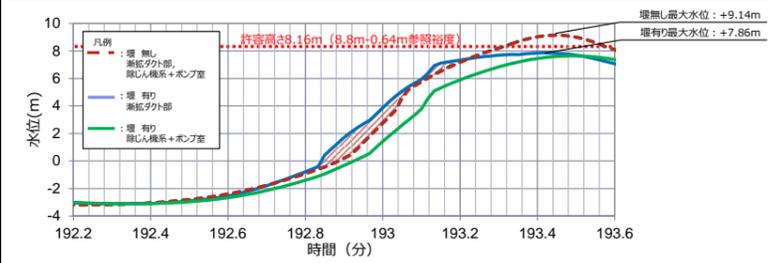


図8 取水槽水位最大となる押し波1波あたりの水位  
(漸拡ダクト部, 除じん機系+ポンプ室)

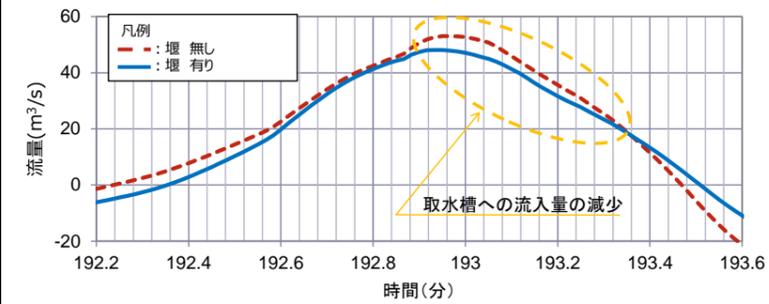


図9 取水槽水位が最大となる押し波1波あたりの流量  
(取水管部)

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
	<p style="text-align: right;"><u>参考5</u></p> <p style="text-align: center;">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</p> <p>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。</p> <p>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<sup>※1</sup>を踏まえた設計・施工上等の配慮<sup>※2</sup>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一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。</p> <p>※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。</p> <p>※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。</p> <p>(1) 流路縮小工（取水路）の施工について</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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<sup>※</sup>。</p> <p>水路内の貝等の付着物の除去を行った後、既往の水路構</p>		<p>・対象施設の相違 ①の相違</p>

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
	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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）。</p> <p>※ 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。</p> <div data-bbox="982 667 1685 999" data-label="Diagram"> </div> <p>図1 流路縮小工（取水路）の施工フロー</p> <p>(2) 流路縮小工（放水路）の施工について</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>※ 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。</p>		

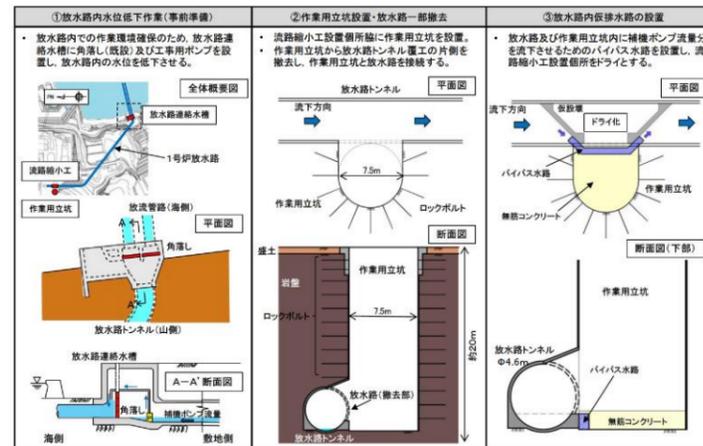


図2 流路縮小工（放水路）の施工フロー（その1）

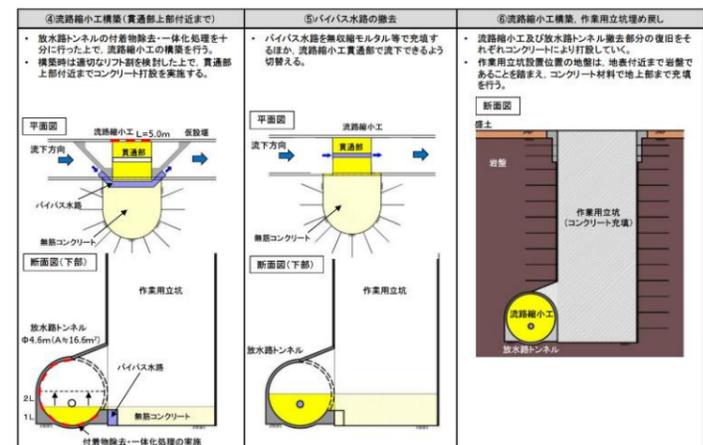


図3 流路縮小工（放水路）の施工フロー（その2）

(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。

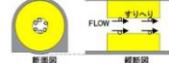
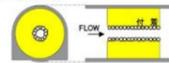
これは、作用水圧に対し閉塞に必要なプラグ長を確保するもので、今回の女川の例は、それと同様なもので施工面積や延長は実績の範囲内にある。

図4に、東北電力(株)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
	<p>グ施工前に覆工背面の地山にグラウトを実施している。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>※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≒10m<sup>2</sup>～70m<sup>2</sup>，L≒16m～80m）。</p> <p>※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）</p> <div data-bbox="988 997 1676 1312" data-label="Image"> <p>Figure 4 consists of three parts: 1. A plan view diagram (水路平面図) showing the layout of the waterway and the location of the concrete plug. 2. A cross-sectional diagram (コンクリートプラグ概念図) showing the plug's dimensions (φ3.2m, A≒80m<sup>2</sup>) and its installation within the waterway. 3. A photograph (写真 施工状況写真) showing the interior of the tunnel during the concrete plug construction, with the plug being poured and finished.</p> </div> <p>図 4 東北電力㈱沼沢沼発電所における水路閉塞の施工例</p> <p>(4) 常時における津波防護機能維持の確認方針について</p> <p>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。</p> <p>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。</p>		

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・施工上の配慮	事象の進展予想
流路縮小工貫通部	<p>・ 津波から供給される砂礫や海生物(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。</p> 	<p>・ すりへり現象に対しては、水セメント比の低下や継ぎ材を少なくすることが有効とされている<sup>※1</sup>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。</p>	<p>・ 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。</p>
	<p>・ 貝が貫通部内に付着し、貫通部の高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<sup>※1</sup>。</p> 	<p>・ 定期的な点検時に貝の除去を行う。 ・ 文庫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。</p>	<p>・ 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。</p>
	<p>・ 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<sup>※1</sup>。</p> 	<p>・ 定期的な点検時に貝や異物の除去を行う。</p>	<p>・ 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。</p>

※1 その他、1号炉の補機ポンプの排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書及運用・解説(平成20年3月)農林水産省農村振興局農機設計課監修。本表では、「水セメント比を小さくした $\phi$ ok=50N/mm<sup>2</sup>程度の高配合コンクリートで耐摩耗性、耐塩害性も優れている。継ぎ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、定期的な放水点検、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放水による目視点検・清掃等を実施する。放水路については定期的な放水、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
	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>※ 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</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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、定期的な放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。</p> <p>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。</p>		

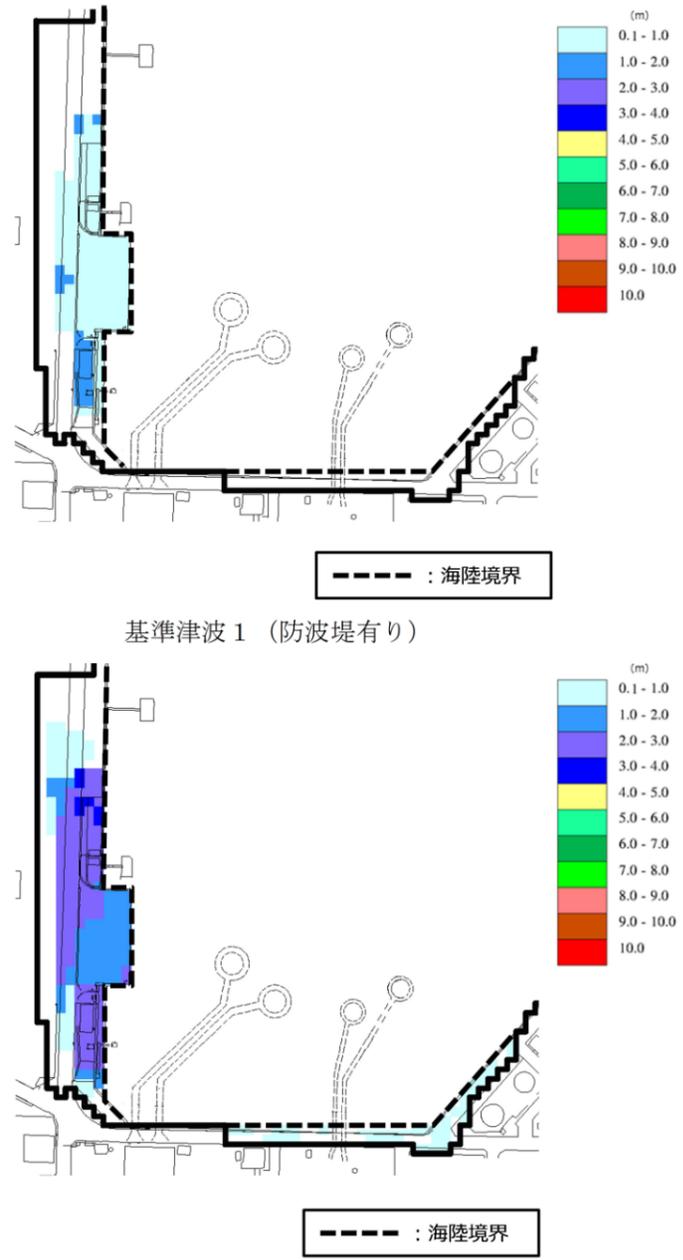
表2 事象が進展した場合における海水ポンプ室及び放水立坑の水位変動(常時,ポンプ容量=0.53m<sup>3</sup>/s)

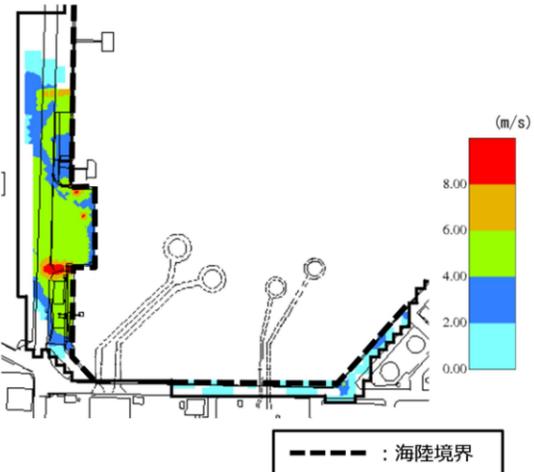
構造物	初期水位	開口径(事象進展考慮)	構造物位置での水位	備考	(参考) 津波時の構造物位置での水位 <sup>※3</sup>
海水ポンプ室	O.P.+0.14m	すりへりが5cm発生した場合 <sup>※1</sup>	φ1.1m O.P.-0.15m	・構造物水位は初期水位と同様になる。設計値との差は1cmである。	O.P.+11.05m
		設計値	φ1.0m O.P.-0.16m		O.P.+10.28m
放水立坑	O.P.+1.43m	員が最大限(16cm)付着した場合 <sup>※2</sup>	φ0.8m O.P.-0.16m	・1号炉の取水に影響なし。 (1号伊勢崎冷却海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0.3mまで影響がない。)	O.P.+9.90m
		設計値	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
放水立坑	O.P.+1.43m	すりへりが5cm発生した場合 <sup>※1</sup>	φ0.5m O.P.+2.08m		O.P.+11.79m
		員が保守的に6cm付着した場合	φ0.38m O.P.+3.90m	・海水及び1号炉の放水に影響なし。 (1号伊勢崎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 保守的に最大管径(25mm)のほげれ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における員付着量は最大でも6cm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水位は別添付資料(O.P.+1.43m)に準じたばつ(0.16m)を考慮したO.P.+1.59m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 添付資料31	備考
		<p><u>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</u></p> <p>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。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>基準津波1(防波堤有無)における荷揚場付近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。</p>	<p>・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。</p>

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
		 <p>基準津波1 (防波堤有り)</p> <p>基準津波1 (防波堤無し)</p> <p>図1 最大水位上昇量分布 (拡大図)</p>	

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
		<p>3. 確認結果</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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)。</p>  <p>図2 遡上域における流速分布</p>	

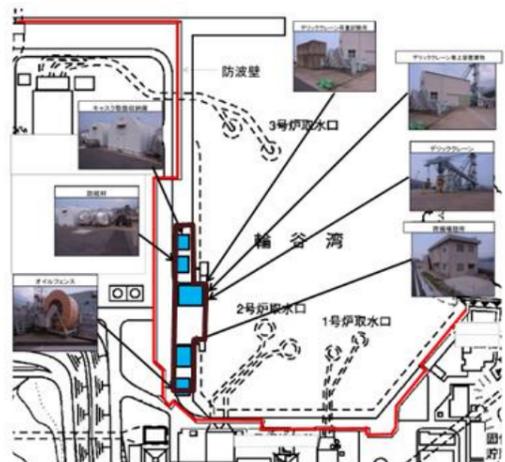
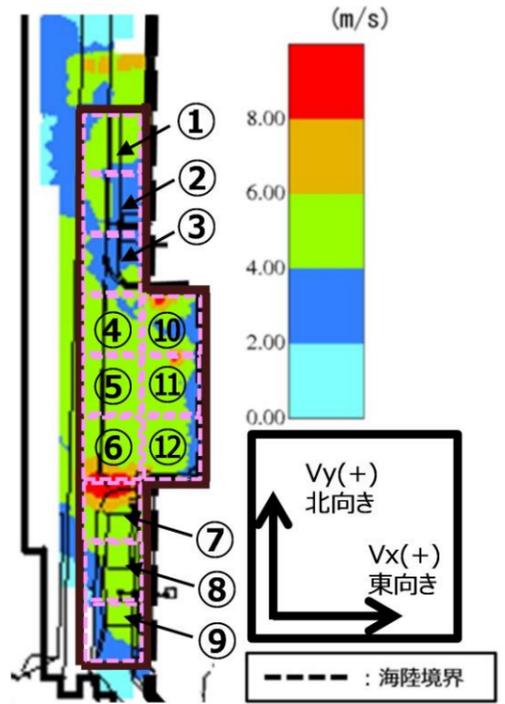
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1929 829 2315 871">図3 主な荷揚場漂流物の配置</p>  <p data-bbox="1988 1732 2255 1774">図4 流速抽出地点</p>	

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

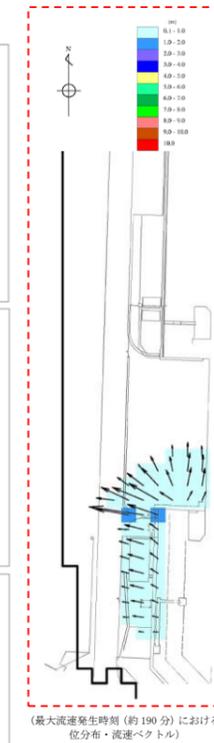
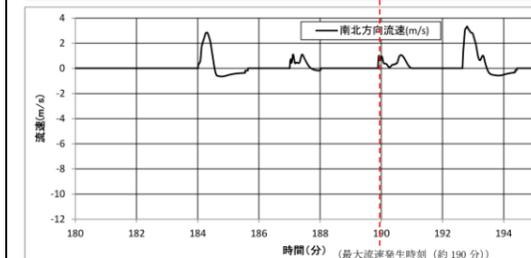
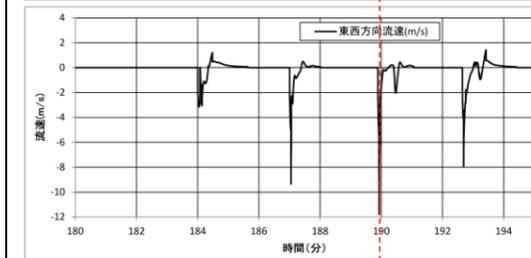
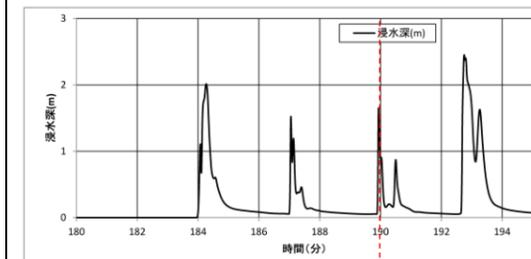
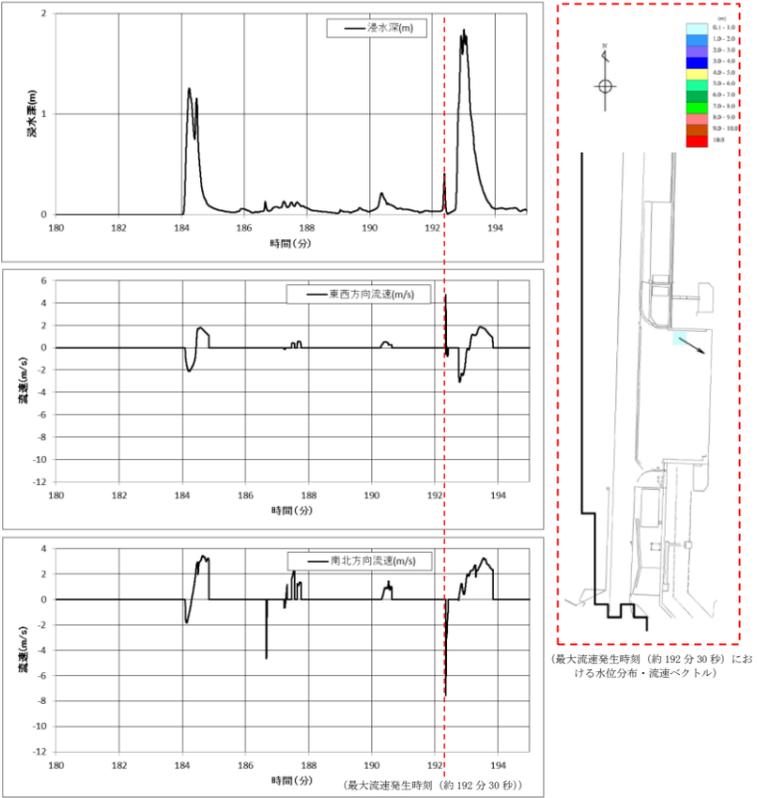
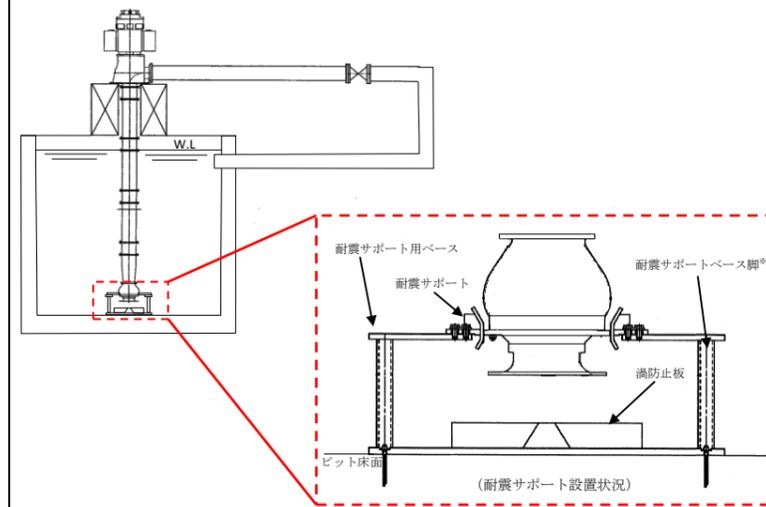


図5 地点7 (最大流速を示す地点) における浸水深・流速時刻  
歴波形及び最大流速発生時刻における水位分布・流速ベクトル

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
		 <p data-bbox="1736 1186 2493 1323">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</p>	

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
		<p style="text-align: right;">添付資料 32</p> <p style="text-align: center;"><u>海水ポンプの実機性能試験について</u></p> <p>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。</p> <p>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。</p> <div data-bbox="1739 989 2499 1478" style="border: 1px solid black; height: 233px; width: 256px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">図1 耐震サポート構造図 (RSW ポンプの例)</p> <p>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。</p>	<p>・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</p>



※ 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。

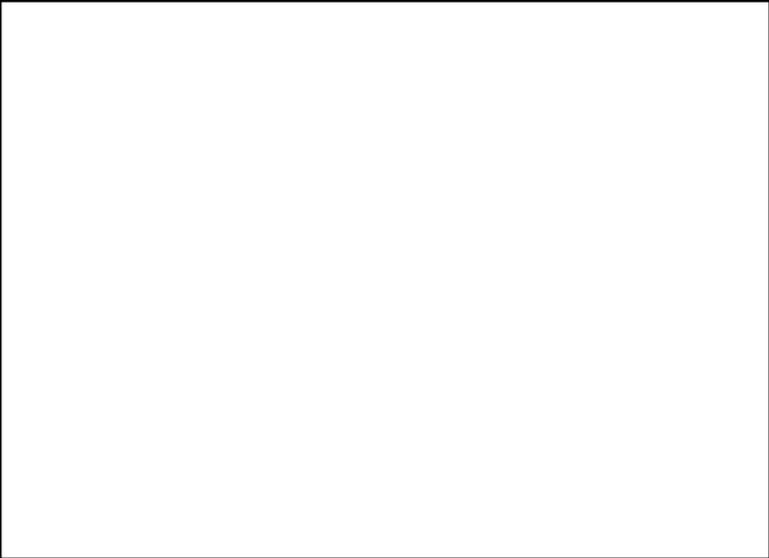
図2 試験装置概略図

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																
		<p style="text-align: right;">参考</p> <p style="text-align: center;">原子炉補機海水ポンプの取水性能試験</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p style="text-align: center;">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</p> <table border="1" data-bbox="1748 1367 2475 1669"> <thead> <tr> <th colspan="2">津波時の2号取水槽の想定時系列</th> <th colspan="2">津波模擬試験水槽</th> </tr> <tr> <th>取水槽水位</th> <th>取水槽の状態</th> <th>試験水槽の状態</th> <th>試験確認項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>【引き波】 通常水位～ 取水槽取水管下端水位(EL-7.3m)</td> <td>・引き波による取水槽水位低下</td> <td>・RSWポンプと水位調整ポンプにより試験水槽水位低下</td> <td>・RSWポンプ流量、電流等ポンプ運転パラメータ</td> </tr> <tr> <td>【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</td> <td>・RSWポンプによる取水槽貯留構造部の水位低下</td> <td>・RSWポンプと水位調整ポンプにより試験水槽水位低下</td> <td>・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</td> </tr> </tbody> </table>	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	
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																

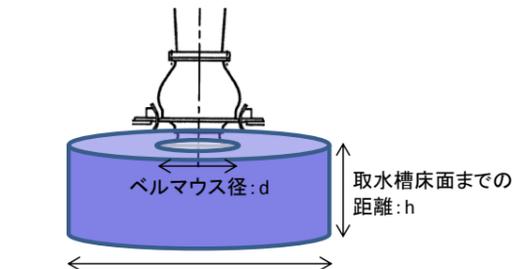
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.12版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>b. 試験結果</p> <p>図1に示す試験装置を用い、ポンプ取水性能試験を行った。試験時の状態を図2に、試験中のポンプ流量と水位の関係を図3に示す。RSWポンプは、RSWポンプベルマウス下端(EL-9.3m)付近まで定格流量を取水し、その後、再冠水しても、定格流量が取水可能であった。また、その他の運転パラメータについても、水位低下中に連続渦などは確認されず、運転試験後に実施したポンプ開放点検による外観点検でも部品に異常は確認されなかった。</p> <div data-bbox="1748 667 2496 1255" style="border: 1px solid black; height: 280px; width: 252px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">図1 ポンプ取水性能試験装置</p> <div data-bbox="1869 1339 2395 1770" style="border: 1px solid black; height: 205px; width: 177px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">図2 試験時の状態</p>	

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
		 <p data-bbox="1893 877 2347 911">図3 試験中のポンプ流量と水位変化</p>	

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												
		<p style="text-align: right;">添付資料 33</p> <p><u>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</u></p> <p>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。</p> <p>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：  <math display="block">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)</math> ここで、<math>s = \sigma / \rho - 1</math></p> <p style="text-align: center;">表 1 砂の諸元及び沈降速度</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>粒径 d [mm]</th> <th>砂密度 <math>\sigma</math> [kg/m<sup>3</sup>]</th> <th>海水密度 <math>\rho</math> [kg/m<sup>3</sup>]</th> <th>重力加速度 g [m/s<sup>2</sup>]</th> <th>動粘性係 数 <math>\nu</math> [m<sup>2</sup>/s]</th> <th>沈降速度 <math>w_0</math> [m/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.3</td> <td>2,760</td> <td>1030</td> <td>9.8</td> <td><math>1.0 \times 10^{-6}</math></td> <td>0.05</td> </tr> </tbody> </table> <p>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 <math>w_0</math> と等しくなる直径 D を算出する。算出の概要を</p>	粒径 d [mm]	砂密度 $\sigma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	海水密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	重力加速度 g [m/s <sup>2</sup> ]	動粘性係 数 $\nu$ [m <sup>2</sup> /s]	沈降速度 $w_0$ [m/s]	0.3	2,760	1030	9.8	$1.0 \times 10^{-6}$	0.05	<p>・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</p>
粒径 d [mm]	砂密度 $\sigma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	海水密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	重力加速度 g [m/s <sup>2</sup> ]	動粘性係 数 $\nu$ [m <sup>2</sup> /s]	沈降速度 $w_0$ [m/s]										
0.3	2,760	1030	9.8	$1.0 \times 10^{-6}$	0.05										

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、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 [m³/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

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
		<p style="text-align: right;">添付資料 34</p> <p style="text-align: center;"><u>水位変動・流向ベクトルについて</u></p> <p><u>1. 概要</u></p> <p><u>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。</u></p> <div data-bbox="1804 667 2404 1627"> </div> <p style="text-align: center;"><u>第 1 図(1) 基準津波 1 の水位変動・流向ベクトル</u></p>	<p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎 6/7, 女川 2】</p> <p>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。</p> <p>(以降, 同様な図であり記載を省略する。)</p>

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
		<p style="text-align: right;">添付資料 35</p> <p style="text-align: center;"><u>荷揚場作業に係る車両・資機材の漂流物評価について</u></p> <p>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実施することから、<b>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。</b></p> <p>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、<b>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、襲来することを想定し、荷揚場作業中に津波が発生する場合と地震が発生する場合を評価する。</b></p>	<p>・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</p>

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																																																										
		<p><b>3. 荷揚場作業に係る車両・資機材</b></p> <p>定期的を実施する荷揚場作業に係る車両・資機材を表1に示す。</p> <p style="text-align: center;"><b>表1 荷揚場作業に係る車両・資機材</b></p> <table border="1" data-bbox="1745 436 2496 785"> <thead> <tr> <th>作業項目</th> <th>作業頻度</th> <th>種類</th> <th>名称</th> <th>個数</th> <th>質量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">①使用済燃料輸送作業</td> <td rowspan="2">2回/年程度</td> <td>車両</td> <td>輸送車両</td> <td>2</td> <td>約32t</td> </tr> <tr> <td>資機材</td> <td>使用済燃料キャスク</td> <td>2</td> <td>約93t</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">②LLW(低レベル放射性廃棄物)搬出作業</td> <td rowspan="3">2回/年程度</td> <td>車両</td> <td>輸送車両</td> <td>4</td> <td>約11t</td> </tr> <tr> <td>車両</td> <td>フォークリフト</td> <td>2</td> <td>約17t</td> </tr> <tr> <td>資機材</td> <td>LLW輸送容器</td> <td>10*</td> <td>約1t</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">③デリッククレーン点検作業</td> <td rowspan="4">1回/年程度</td> <td>車両</td> <td>トラック</td> <td>1</td> <td>約5t</td> </tr> <tr> <td>車両</td> <td>ラフタークレーン</td> <td>1</td> <td>約39t</td> </tr> <tr> <td>車両</td> <td>トレーラー</td> <td>1</td> <td>約21t</td> </tr> <tr> <td>資機材</td> <td>発電機</td> <td>1</td> <td>約8t</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">④防舷材設置作業</td> <td rowspan="2">大型船舶入港の都度</td> <td>車両</td> <td>ラフタークレーン</td> <td>2</td> <td>約25t</td> </tr> <tr> <td>車両</td> <td>トラック</td> <td>1</td> <td>約5t</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">※うち8個は輸送車両に積載</p> <p><b>4. 評価内容</b></p> <p>(1) <b>荷揚場作業中に津波が発生する場合</b></p> <p>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。</p> <p>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)、防波扉の開放・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。</p> <p>① <b>使用済燃料輸送作業</b></p> <p>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。</p> <p><b>【仮置き資機材と積載時間】</b></p> <p>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</p>	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	
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																																																								

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																																
		<p>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。 <b>【仮置き資機材と積載時間】</b> 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</p> <p>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。 <b>【仮置き資機材と積載時間】</b> 発電機個数：1 個 トラックへの積載時間：10 分/個</p> <p>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、作業に伴う車両については、退避する手順としている。</p> <p style="text-align: center;"><b>表 2 退避に要する時間</b></p> <table border="1" data-bbox="1804 1234 2427 1444"> <thead> <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> </thead> <tbody> <tr> <td>①使用済燃料輸送作業</td> <td></td> <td>約 30 分</td> <td></td> <td></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 10 分※1</td> <td>約 5 分※2</td> <td>約 10 分</td> <td>約 10 分</td> <td>約 20 分</td> </tr> <tr> <td>③デリッククレーン点検作業</td> <td></td> <td>約 10 分</td> <td></td> <td></td> <td>約 30 分</td> </tr> <tr> <td>④防舷材設置作業</td> <td></td> <td>—</td> <td></td> <td></td> <td>約 20 分</td> </tr> </tbody> </table> <p>※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。</p> <p>(2) 荷揚場作業中に地震が発生する場合 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、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</p>	作業項目	防波扉開	資機材の積載	車両退避	防波扉閉	合計	評価結果	①使用済燃料輸送作業		約 30 分			約 50 分	○ (約 110 分までに退避可能)	②LLW (低レベル放射性廃棄物) 搬出作業	約 10 分※1	約 5 分※2	約 10 分	約 10 分	約 20 分	③デリッククレーン点検作業		約 10 分			約 30 分	④防舷材設置作業		—			約 20 分	
作業項目	防波扉開	資機材の積載	車両退避	防波扉閉	合計	評価結果																													
①使用済燃料輸送作業		約 30 分			約 50 分	○ (約 110 分までに退避可能)																													
②LLW (低レベル放射性廃棄物) 搬出作業	約 10 分※1	約 5 分※2	約 10 分	約 10 分	約 20 分																														
③デリッククレーン点検作業		約 10 分			約 30 分																														
④防舷材設置作業		—			約 20 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																																
		<p>車両の牽引等による退避が可能であるため、津波来襲までに、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。</p> <p>a. 地震による影響</p> <p>荷揚場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。</p> <p>表3 地震による車両・資機材の退避への影響と退避作業</p> <table border="1" data-bbox="1774 661 2463 1144"> <thead> <tr> <th colspan="2">地震による荷揚場への影響</th> <th>車両・資機材の退避への影響</th> <th colspan="2">退避作業</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">荷揚場退避ルートへの影響</td> <td>荷揚場沈降</td> <td>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。</td> <td>①*</td> <td>荷揚場復旧(別紙1)(段差解消)</td> </tr> <tr> <td>荷揚場常設設備の倒壊</td> <td>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。</td> <td>②*</td> <td>倒壊物の撤去</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">資機材への影響</td> <td>荷揚場常設設備の倒壊</td> <td>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。</td> <td>③*</td> <td>倒壊物の干渉回避(切断・撤去等)</td> </tr> <tr> <td>資機材の転倒</td> <td>資機材が転倒する可能性がある。</td> <td>④*</td> <td>車両に積込み退避を実施</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">車両への影響</td> <td>荷揚場常設設備の倒壊</td> <td>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。</td> <td>③*</td> <td>倒壊物の干渉回避(切断・撤去等)</td> </tr> <tr> <td>車両の故障</td> <td>油漏れ等で自走不可になる可能性がある。</td> <td>⑤*</td> <td>牽引による退避を実施</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 図1のフローの番号と整合</p> <p>b. 車両・資機材の退避</p> <p>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。</p> <div data-bbox="1840 1417 2374 1848"> <pre> graph TD     A[地震発生] --&gt; B[①荷揚場復旧]     B --&gt; C[②倒壊物の撤去]     C --&gt; D[③倒壊物の干渉回避]     D --&gt; E[④資機材の車両積込]     E --&gt; F[⑤車両退避]     F --&gt; G[作業完了]   </pre> <p>①荷揚場復旧(段差解消)作業により、退避ルートの確保及び荷揚場への必要資機材の搬入を可能とする。</p> <p>②倒壊物の撤去作業により、退避ルートの確保及び荷揚場への必要資機材の配置を可能とする。</p> <p>③倒壊物の干渉回避作業により、資機材の車両への積込作業を可能とする。また、牽引による車両退避を可能とする。</p> <p>④資機材の車両積込作業により、資機材の退避を可能とする。</p> <p>⑤車両退避作業により、車両及び資機材の退避を実施する。</p> </div>	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	
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																															

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																			
		<p style="text-align: center;">図1 荷揚場からの車両・資機材の退避作業手順</p> <p>(a) 使用済燃料輸送作業</p> <p>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。</p> <p>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概要図を図2に、退避作業に係る時系列を図3に示す。</p> <p style="text-align: center;">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)</p> <table border="1" data-bbox="1768 894 2469 1541"> <thead> <tr> <th>地震による荷揚場への影響</th> <th>退避への影響</th> <th>退避作業の内容</th> <th>退避作業に必要な資機材等</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>荷揚場退避ルートへの影響</td> <td>荷揚場沈降 荷揚場常設設備の転倒による干渉</td> <td>① 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。 ② 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。</td> <td>・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。 ・倒壊物の撤去作業を実施する。</td> <td>・ショベルカー ・トラック ・ホイールローダ ・ホイールローダ</td> </tr> <tr> <td>資機材への影響</td> <td>荷揚場常設設備の転倒による資機材への干渉 資機材の転倒</td> <td>③ 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。 ④ 使用済燃料輸送容器が転倒する可能性がある。</td> <td>・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掛け作業を可能とする。 ⑤ 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。</td> <td>・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック ・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</td> </tr> <tr> <td>車両への影響</td> <td>荷揚場常設設備の転倒による車両への干渉 車両の故障</td> <td>③ 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。 ⑤ 油漏れ等で自走不可になる可能性がある。</td> <td>・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。 ・牽引により退避を実施する。</td> <td>・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック ・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</td> </tr> </tbody> </table>	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 荷揚場常設設備の転倒による干渉	① 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。 ② 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。	・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。 ・倒壊物の撤去作業を実施する。	・ショベルカー ・トラック ・ホイールローダ ・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 資機材の転倒	③ 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。 ④ 使用済燃料輸送容器が転倒する可能性がある。	・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掛け作業を可能とする。 ⑤ 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 ・溶断器 ・トラック ・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 車両の故障	③ 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。 ⑤ 油漏れ等で自走不可になる可能性がある。	・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。 ・牽引により退避を実施する。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック ・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	
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 荷揚場常設設備の転倒による干渉	① 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。 ② 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。	・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。 ・倒壊物の撤去作業を実施する。	・ショベルカー ・トラック ・ホイールローダ ・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 資機材の転倒	③ 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。 ④ 使用済燃料輸送容器が転倒する可能性がある。	・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掛け作業を可能とする。 ⑤ 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 ・溶断器 ・トラック ・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 車両の故障	③ 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。 ⑤ 油漏れ等で自走不可になる可能性がある。	・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。 ・牽引により退避を実施する。	・クレーン ・玉かけ資機材 ・溶断器 ・トラック ・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																		

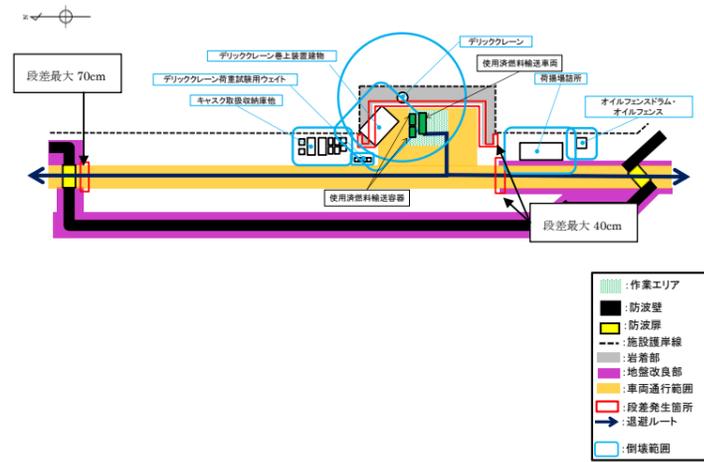


図2 使用済燃料輸送作業の荷揚場作業と退避ルートの概要図

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。





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	油漏れ等で自走不能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

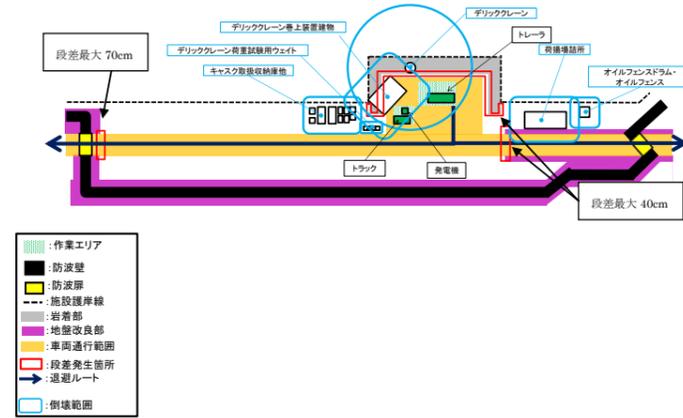


図6 デリッククレーン点検作業の荷揚場作業と退避ルートの概要図

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 碎石積込 碎石運搬 碎石敷設等	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。

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

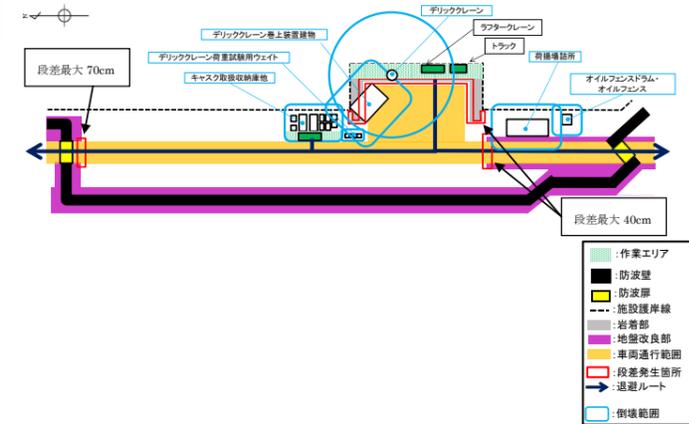


図8 防舷材設置作業の荷揚場作業と退避ルートの概要図

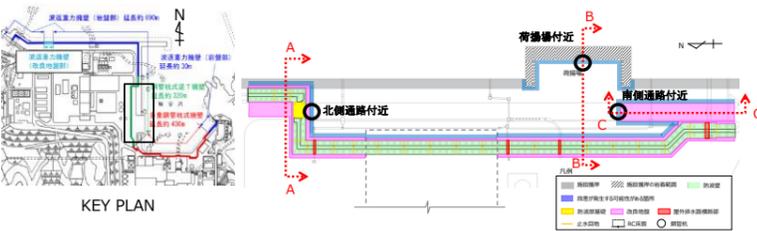
作業内容	作業時間 (h)	経過時間			
		6h	12h	18h	24h
① 段差復旧	6	■			
② 倒壊物の撤去	6		■		
③ 倒壊物の干渉回避	6		■		
④ 車両・資機材退避	3			■	

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

各荷揚場各作業において退避に要する時間は、いずれも24時間程度であり、必要資機材の手配に1週間を要すると仮定

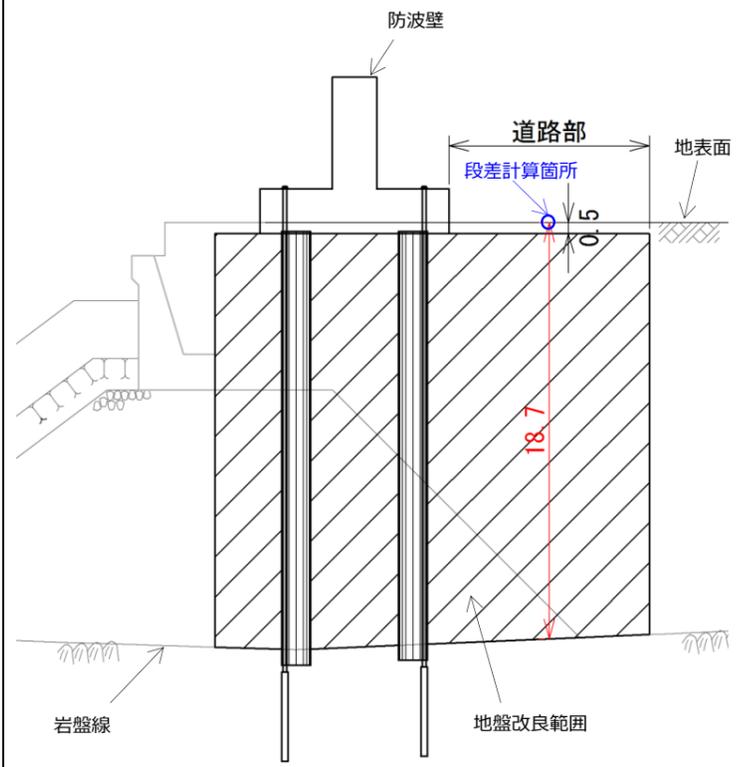
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.12版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>すると、荷揚場作業に係る車両・資機材は10日間程度で退避可能である。従って、敷地近傍の震源による地震が発生した後、日本海東縁部に想定される地震による津波が襲来するまでの間に、車両・資機材の退避は可能である。</p> <p>5. まとめ</p> <p>荷揚場作業中に、日本海東縁部に想定される地震による津波が発生する場合は、津波が到達するまでに荷揚場作業に係る車両・資機材の退避が可能である。また、荷揚場作業中に、敷地近傍の震源による地震が発生する場合は、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。</p> <p>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。</p> <p>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なく、港湾内に沈むものは海底面から5.5mの高さを有する取水口に到達することなく、取水口の通水性への影響を及ぼすことはない。</p>	

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
		<p style="text-align: right;">別紙 1</p> <p style="text-align: center;">地震による荷揚場への影響と復旧作業について</p> <p>1. 概要</p> <p>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。</p> <p>2. 地震による荷揚場への影響について</p> <p>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。</p> <p>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。</p>  <p>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</p>	

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。

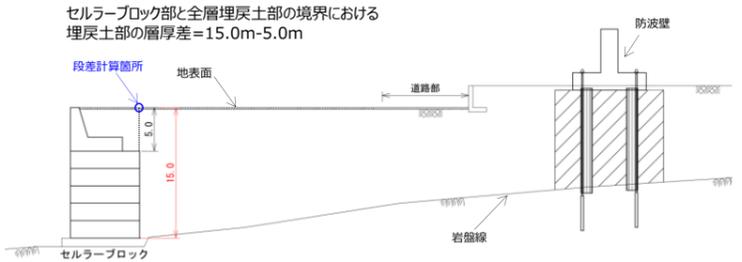
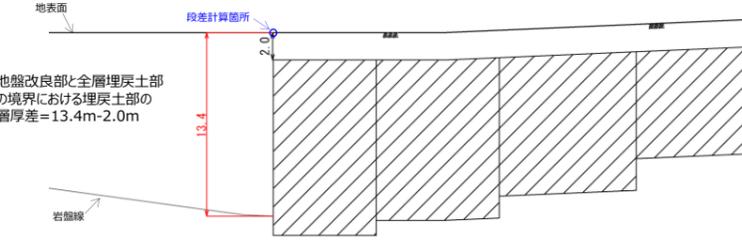
表1 各断面における埋戻土層厚および段差評価一覧表

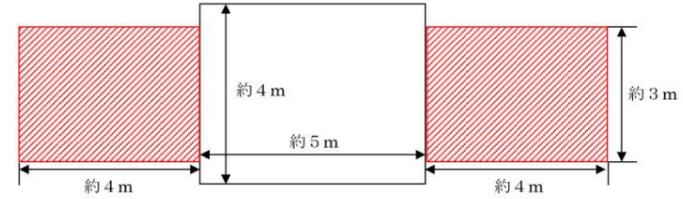
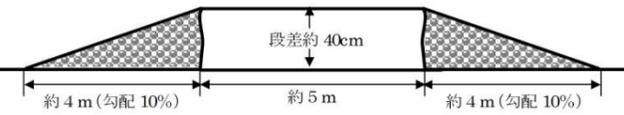
箇所	境界部における埋戻土の層厚差 (m)	段差高さ (cm) = 埋戻土層厚 × 3.5%	評価値 (cm)
北側通路付近	18.2	64	70
南側通路付近	11.4	40	45
荷揚場付近	10.0	35	40



地盤改良部と全層埋戻土部の境界における埋戻土部の層厚差=18.7m-0.5m

図2 北側通路付近断面図 (A-A 断面)

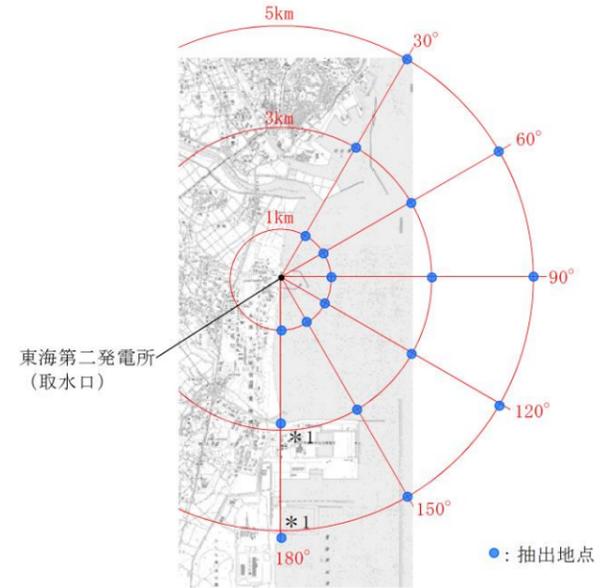
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.12版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p data-bbox="1810 294 2136 346">セルラーブロック部と全層埋戻土部の境界における埋戻土部の層厚差=15.0m-5.0m</p>  <p data-bbox="1899 567 2344 598">図3 南側通路付近断面図 (B-B断面)</p> <p data-bbox="1736 861 1929 924">地盤改良部と全層埋戻土部の境界における埋戻土部の層厚差=13.4m-2.0m</p>  <p data-bbox="1899 1060 2329 1092">図4 荷揚場付近断面図 (C-C断面)</p>	

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
		<p>4. 段差復旧作業について</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 10px;"> <p>(2) 段差復旧</p> <p>a. 概要</p> <p>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40cm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。</p> <p>凡例：  段差解消後の路面</p>  <p>第4図 段差解消平面図 (概要)</p> <p>凡例：  砕石</p>  <p>第5図 段差解消断面図 (概要)</p>  <p>第6図 段差復旧状況</p> <p>b. 測定結果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・作業員A：19分44秒</li> <li>・作業員B：19分27秒</li> <li>・作業員C：18分33秒</li> </ul> <p>【評価値】20分 (上り, 下り 計2箇所)</p> <p style="text-align: center;">1.0.2-234 243</p> </div>	

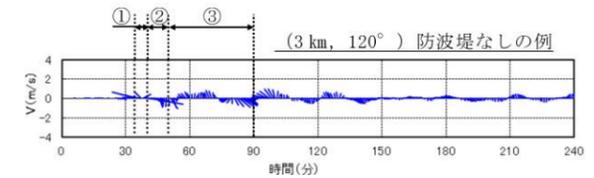
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.12版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="border: 1px dashed black; padding: 10px;"> <p data-bbox="1813 331 2407 384">測定結果より、段差緩和対策を行うものの、万一、段差が発生した場合においても、約10分/箇所で作業を実施できることを確認した。</p> <p data-bbox="2059 1381 2145 1430">1.0.2-233 242</p> </div>	

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
	<p style="text-align: right;">添付資料 17</p> <p>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</p> <p>1. はじめに</p> <p>「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「<u>第2.5-11図 漂流物評価フロー</u>」に基づき評価している。</p> <p><u>漂流物評価フロー</u>において示される「<u>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</u>」の具体的な考え方について、以下に示す。</p> <p>2. 「<u>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</u>」について</p> <p><u>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</u>について、津波の流況を踏まえて、<u>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。</u></p> <p>2.1 津波流況の考察</p> <p>(1) 流況考察時間の分類</p> <p><u>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</u></p>	<p style="text-align: right;">添付資料 36</p> <p>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</p> <p>1. はじめに</p> <p>「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「<u>第2.5-18図 漂流物の選定・影響確認フロー</u>」に基づき評価する。</p> <p><u>漂流物の選定・影響確認フローに基づき、漂流物が津波防護施設等及び取水口に到達する可能性</u>の具体的な考え方について以下に示す。</p> <p>2. <u>漂流物の津波防護施設等への到達可能性及び2号炉取水口に到達する可能性</u>について</p> <p><u>津波防護施設等及び2号炉取水口に到達する可能性</u>について、津波の流況を踏まえて、<u>島根原子力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。</u></p> <p>2.1 津波流況の考察</p> <p>(1) 流況考察時間の分類</p> <p><u>島根原子力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考察した。島根2号炉は基準津波の特性として継続的な流向はないため、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）について、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つに分類した。</u></p> <p><u>日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）については、最大水位・流速を示す時間帯が地震発生後約180分～200分であるため、津波到達時間も考慮し地震発生後約</u></p>	<p>備考</p> <p>・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・水位を示す時間帯</p>

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
	<p><u>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。</u></p>	<p><u>100分～180分、地震発生後約180分～200分、地震発生後約200分～360分の3区分に分類し、海域活断層から想定される地震による津波(基準津波4)については、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、地震発生後約0分～5分、地震発生後約5分～7分、地震発生後約7分～30分の3区分に分類した。図1に流況考察時間の分類を示す。</u></p>	<p>とそれ以外に分類。</p>



\*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。

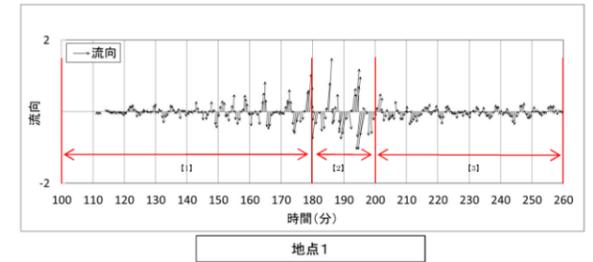
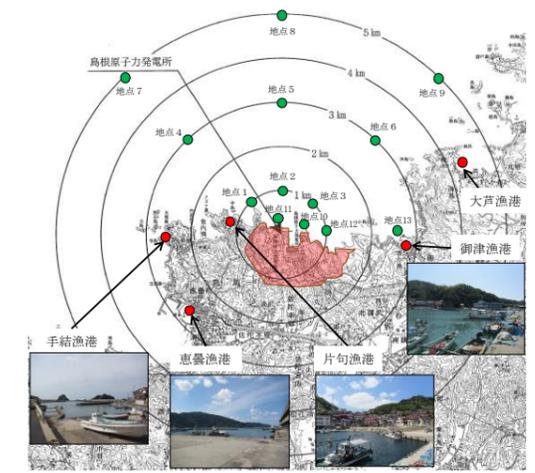


- 流況考察時間の分類
- ①津波襲来時(地震発生後 約34分～約40分)
  - ②引き波時(地震発生後 約40分～約50分)
  - ③収束時(地震発生後 約50分～約90分)

第1図 流況考察時間の分類

(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。



- ※ 基準津波1における地点1を例に示す。
- 流況考察時間の分類
- 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)

図1 流況考察時間の分類

(2) 津波流況の考察

添付資料34「水位変動・流向ベクトル」第1図、第4図に基準津波1、4の水位変動・流向ベクトルを示す。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。

・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
	<p>a. 防波堤あり</p> <p>(a) <u>津波襲来時(地震発生後 約34分～約40分)</u></p> <p>i) <u>発電所敷地エリア</u>  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。</p> <p>ii) <u>発電所北側エリア</u>  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)。</p> <p>iii) <u>発電所南側エリア</u>  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周辺広域図のように、常陸那珂火力発電所敷地の北側か</p>	<p>a. 防波堤有り</p> <p><u>I. 基準津波1(防波堤有り)</u></p> <p>(a) <u>最大水位・流速を示す時間帯以前(地震発生後約100分～180分)</u></p> <p>i) <u>発電所周辺海域</u>  約109分では、津波の第1波が敷地の東側から沿岸に沿うように襲来する。また、約113分30秒では、敷地の北西側から津波が襲来する。発電所周辺海域において流速の変化は小さく、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り返す。いずれの時間帯においても流速は1m/s未満である。</p> <p>ii) <u>発電所港湾部</u>  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。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り返す。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。  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、<u>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。</u></p>	<p>・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。</p> <p>・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)。</p>

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
	<p>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。</p> <p>(b) <u>引き波時(地震発生後 約40分～約50分)</u></p> <p>i) <u>発電所敷地エリア</u> 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。</p> <p>ii) <u>発電所北側エリア</u> 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</p>	<p>(b) <u>最大水位・流速を示す時間帯(地震発生後約180分～200分)</u></p> <p>i) <u>発電所周辺海域</u> 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<u>発電所の北側1kmの範囲においては、北西方向の流れとなり1m/sを超える流速が確認できる。また、発電所の東側においては、北西側からの押し波による東方向への流れが継続する。</u>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<u>発電所の北側1kmの範囲においては、流れは反転し、南東方向の流れとなり、引き波の流速と同様1m/sを超える流れが確認できる。</u></p> <p>約187分では、敷地の北西側から引き波が襲来し、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を超える<u>流れが確認できる。</u>その後も、主に敷地の北西側から押し波、引き波が比較的速い流速にて約200分まで交互に襲来し、短い周期で北西方向と南東方向の<u>流れを繰り返す。</u></p> <p>ii) <u>発電所港湾部</u> 地震発生後約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。約184分30秒では、輪谷湾内の水位が5m程度上昇し、周辺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<u>2m/s程度となる。</u>その直後には引き波により急激な輪谷湾外へ向かう<u>流れ</u>となる。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6m/sを超える<u>流れが</u></p>	

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
	<p><u>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。</u></p> <p>iii) <u>発電所南側エリア</u></p> <p><u>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。</u></p> <p>(c) <u>収束時(地震発生後 約50分～約90分)</u></p> <p>i) <u>発電所敷地エリア</u></p> <p><u>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。</u></p>	<p><u>発生する。約193分30秒では、周辺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。その後、地震発生後約200分まで、短い周期で輪谷湾内と輪谷湾外への流れを繰り返す。</u></p> <p>(c) <u>最大水位・流速を示す時間帯以降(地震発生後約200分～360分)</u></p> <p>i) <u>発電所周辺海域</u></p> <p><u>約201分では、東方向の流れとなり、流速は1m/s程度である。約204分では、反射波により流れは逆向きとなり、流速は1m/s程度となる。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り返す。また、流速は速くても1m/s程度である。</u></p>	

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
	<p>ii) 発電所北側エリア  <u>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。</u></p> <p>iii) 発電所南側エリア  <u>地震発生約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。</u></p>	<p>ii) 発電所港湾部  <u>地震発生後約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。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。  <u>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。</u></u></p> <p>II. 基準津波4(防波堤有り)  <u>(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)</u></p> <p>i) 発電所周辺海域  <u>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。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が、いずれも1m/s以上の流速は確認されない。</u></p> <p>ii) 発電所港湾部  <u>地震発生後約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。</u></p> <p><u>(b) 最大水位・流速を示す時間帯(地震発生後約5分～7分)</u></p> <p>i) 発電所周辺海域  <u>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。</u></p> <p>ii) 発電所港湾部  <u>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。</u></p> <p><u>(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)</u></p> <p>i) 発電所周辺海域  <u>約7分では、敷地の北西側への引き波が継続しており、北西方向の流向が継続する。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。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</u></p>	

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
	<div data-bbox="1003 451 1647 1396" data-label="Figure"> </div> <p data-bbox="943 1459 1706 1543">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)</p> <p data-bbox="994 1596 1706 1722">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。</p>	<p data-bbox="1810 252 1899 283">ない。</p> <p data-bbox="1810 294 2033 325">ii) 発電所港湾部</p> <p data-bbox="1810 336 2507 556">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。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。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。</p>	<p data-bbox="2522 1596 2804 1816">・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。</p>

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
	<p><u>b. 防波堤なし</u></p> <p><u>(a) 津波襲来時 (地震発生後 約 34 分～約 40 分)</u></p> <p><u>i) 発電所敷地エリア</u>  <u>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。</u></p> <p><u>ii) 発電所敷地エリア</u>  <u>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)。</u></p> <p><u>iii) 発電所南側エリア</u>  <u>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</u></p>	<p><u>b. 防波堤無し</u></p> <p><u>I. 基準津波 1 (防波堤無し)</u></p> <p><u>(a) 最大水位・流速を示す時間帯以前 (地震発生後 100 分～180 分)</u></p> <p><u>i) 発電所周辺海域</u>  <u>「a. 防波堤有り」に記載した内容と同じ。</u></p> <p><u>ii) 発電所港湾部</u>  <u>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。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り返す。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。</u></p>	

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
	<p><u>ら約39分後には引き波となる。</u></p> <p><u>(b) 引き波時(地震発生後 約40分～約50分)</u></p> <p>i) <u>発電所敷地エリア</u>  <u>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。</u></p> <p>ii) <u>発電所敷地エリア</u>  <u>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)。</u></p> <p>iii) <u>発電所南側エリア</u>  <u>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巡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。</u></p> <p><u>(c) 収束時(地震発生後 約50分～約90分)</u></p>	<p><u>(b) 最大水位・流速を示す時間帯(地震発生後約180分～200分)</u></p> <p>i) <u>発電所周辺海域</u>  <u>「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。</u></p> <p>ii) <u>発電所港湾部</u>  <u>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。約184分30秒では、輪谷湾内水位が6m程度上昇し、周辺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。その直後には引き波により輪谷湾外へ向かう流れとなる。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。約193分30秒では、周辺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。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り返す。</u></p> <p><u>(c) 最大水位・流速を示す時間帯以降(地震発生後約200分)</u></p>	

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
	<p><u>i) 発電所敷地エリア</u> 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、地震発生から約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。</p> <p><u>ii) 発電所敷地エリア</u> 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、地震発生から約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。地震発生から約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。</p> <p><u>iii) 発電所南側エリア</u> 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、地震発生から約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。</p>	<p><u>分～360分)</u></p> <p><u>i) 発電所周辺海域</u> <u>「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。</u></p> <p><u>ii) 発電所港湾部</u> 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。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。</p> <p><u>II. 基準津波4(防波堤無し)</u> <u>(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)</u></p> <p><u>i) 発電所周辺海域</u> <u>「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。</u></p> <p><u>ii) 発電所港湾部</u> 地震発生後約3分では、津波の第1波が輪谷湾に押し波とし</p>	

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
		<p><u>て襲来する。水位も低く流速の変化は小さい。</u></p> <p><u>(b) 最大水位・流速を示す時間帯(地震発生後約5分～7分)</u></p> <p><u>i) 発電所周辺海域</u> <u>「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。</u></p> <p><u>ii) 発電所港湾部</u> <u>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。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。</u></p> <p><u>(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)</u></p> <p><u>i) 発電所周辺海域</u> <u>「a.防波堤有り」に記載した内容と同じ。</u></p> <p><u>ii) 発電所港湾部</u> <u>約7分では、輪谷湾内への流れとなる。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。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。</u></p>	

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												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="982 275 1062 359">時間* (分)</th> <th data-bbox="1062 275 1433 359">発電所周辺広域</th> <th data-bbox="1433 275 1659 359">発電所敷地エリア拡大</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="982 359 1062 684">33.5</td> <td data-bbox="1062 359 1433 684"> </td> <td data-bbox="1433 359 1659 684"> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="982 684 1062 968">34.0</td> <td data-bbox="1062 684 1433 968"> </td> <td data-bbox="1433 684 1659 968"> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="982 968 1062 1262">34.5</td> <td data-bbox="1062 968 1433 1262"> </td> <td data-bbox="1433 968 1659 1262"> </td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1249 1272 1659 1297">※：津波の原因となる地震発生後の経過時間</p> <p data-bbox="943 1329 1709 1402">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)</p>	時間* (分)	発電所周辺広域	発電所敷地エリア拡大	33.5			34.0			34.5				<p data-bbox="2531 1329 2742 1358">・資料構成の相違</p> <p data-bbox="2531 1373 2674 1402">【東海第二】</p> <p data-bbox="2531 1417 2807 1539">島根2号炉は、軌跡解析の傾向も踏まえ、第3図に記載。</p>
時間* (分)	発電所周辺広域	発電所敷地エリア拡大													
33.5															
34.0															
34.5															

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
	<p>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。</p> <p>(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。</p>	<p>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 津波流況の考察に加え、発電所周辺の漁港に停泊する船舶等が到達する可能性について、仮想的な浮遊物の動きを把握する方法として有効な軌跡解析も踏まえ評価した。なお、評価にあたっては、軌跡解析の特徴から移動量の大きい基準津波1について評価した。評価結果を第3図に示す。 流向・流速・軌跡の特徴を評価した結果は以下のとおり。</p> <p>(1) 最大水位・流速を示す時間帯以前 発電所周辺海域においては、地震発生後180分程度までは、流速が小さく移動量は小さい。また、流れは主に北西・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。移動量も小さく発電所に対する連続的な流れもないため発電所に到達しないと考えられる。 発電所港湾部においては、地震発生後180分程度までは、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、発電所の港湾部に漂流物は到達しないと考えられる。</p>	<p>・評価方法の相違 【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。</p> <p>・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)。</p>

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
	<p>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。</p> <p><u>a. 津波防護施設等への到達可能性評価</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>b. 取水口への到達可能性評価</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>(2) 引き波時(地震発生後 約40分～約50分)</u></p> <p><u>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、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、引き波時に漂流物が貯留堰、取水口へ向かうことを否定できない。</u></p>	<p>以上より、漂流物の津波防護施設及び取水口への到達可能性について以下のとおり評価した。</p> <p><u>a. 津波防護施設等への到達可能性評価</u></p> <p><u>発電所周辺海域において、180分程度までは、流速が小さく移動量は小さい。また、流れは主に北西・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。移動量も小さく発電所に対する連続的な流れもないため発電所に到達しないと考えられることから、津波防護施設に到達しないと評価した。</u></p> <p><u>b. 取水口への到達可能性評価</u></p> <p><u>敷地周辺海域では、流れは主に北西・南東方向に変化しており、発電所への連続的な流れはなく流速も小さいことから移動量も小さく、発電所に到達しないと評価した。</u></p> <p><u>また、港湾部においては、その形状から、押し波後はすぐに引き波に転じること及び流速も小さく移動量も小さいことから、港湾部に漂流物は侵入しないと評価した。</u></p> <p><u>(2) 最大水位・流速を示す時間帯</u></p> <p><u>発電所周辺海域においては、地震発生後約180～200分では、流速は2m/sであり、流れ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、発電所に到達しないと考えられる。</u></p> <p><u>発電所港湾部においては、地震発生後約180～200分では、流</u></p>	

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
	<p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>a. 津波防護施設等への到達可能性評価</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>b. 取水口への到達可能性評価</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>(3) 収束時（地震発生後 約50分～約90分）</u></p> <p><u>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。</u></p>	<p><u>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、発電所の港湾部に漂流物は到達しないと考えられる。</u></p> <p><u>以上より、漂流物の津波防護施設及び取水口への到達可能性について以下のとおり評価した。</u></p> <p><u>a. 津波防護施設等への到達可能性評価</u></p> <p><u>1km程度沖合では、発電所方向への連続的な流れはなく、1km以内の沖合を航行する船舶は発電所に到達しないと評価した。1km以内の3号炉北岸及び1号炉放水連絡通路近傍を航行し得る船舶についても軌跡解析の傾向では発電所方向の連続的な流れは確認されない。一方、流速が速く、津波防護施設方向への一時的な流れはあることから、港湾外に設置する津波防護施設（3号炉北岸防波壁、1号炉放水連絡通路防波扉）へ到達する可能性があるものと評価した。</u></p> <p><u>なお、港湾部はその形状から、押し波後はすぐに引き波に転じており、漂流物は港湾部に侵入しないことから、港湾内に設置する津波防護施設（3号東防波壁及び1、2号炉前面防波壁並びに防波扉）に漂流物は到達しないと評価した。</u></p> <p><u>b. 取水口への到達可能性評価</u></p> <p><u>敷地周辺海域では、流れは主に北西・南東方向に変化しており、発電所への連続的な流れはなく流速は2m/s程度であることから移動量も小さい。また、港湾部においては、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、港湾部に漂流物は侵入しないと評価した。</u></p> <p><u>(3) 最大水位・流速を示す時間帯以降</u></p> <p><u>発電所周辺海域においては、地震発生後約200分以降は、流速が小さく移動量は小さい。また、流れは主に北西・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。移動量も小さく発電所に対する連続的な流れもなく発電</u></p>	

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
	<p><u>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、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>a. 津波防護施設等への到達可能性評価</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>b. 取水口への到達可能性評価</u></p> <p><u>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。</u></p>	<p><u>所に到達しないと考えられる。</u></p> <p><u>発電所港湾部においては、地震発生後約200分以降は、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、発電所の港湾部に漂流物は到達しないと考えられる。</u></p> <p><u>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評価した。</u></p> <p><u>a. 津波防護施設等への到達可能性評価</u></p> <p><u>発電所周辺海域においては、地震発生後約200分以降は、流速が小さく移動量は小さい。また、流れは主に北西・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。移動量も小さく発電所に対する連続的な流れもないため発電所に到達しないと考えられることから、津波防護施設に到達しないと評価した。</u></p> <p><u>b. 取水口への到達可能性評価</u></p> <p><u>敷地周辺海域では、流れは主に北西・南東方向に変化しており、発電所への連続的な流れはなく流速も小さいことから、移動量も小さい。また、港湾部においては、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、港湾部に漂流物は侵入しないと評価した。</u></p>	

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
		<p>第3-1図 水位変動・流向ベクトル、軌跡解析の評価結果</p>	<p>・評価内容の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>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。</p> <p>(以降、同様な図であり記載を省略する。)</p>

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																
		<p style="text-align: right;">添付資料 37</p> <p style="text-align: center;"><u>津波発生時の運用対応について</u></p> <p>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及び1号放水連絡通路防波扉（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等の津波発生時のプラント操作に係る対応を示す。</p> <p>2. 津波発生時の対応について 津波発生時の対応については、表1に示すとおり、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に基づき実施することとし、以下に示す（1）～（3）に区分し、それぞれの対応について示す。また、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。</p> <p>（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</p> <p>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</p> <table border="1" data-bbox="1774 1556 2466 1839"> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>津波予想高さ</th> <th>発令警報</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">大津波警報</td> <td>津波高さ 10m 超</td> <td>津波の高さ 10m 超</td> </tr> <tr> <td>津波高さ 5m 超～10m 以下</td> <td>津波の高さ 10m</td> </tr> <tr> <td>津波高さ 3m 超～5m 以下</td> <td>津波の高さ 5m</td> </tr> <tr> <td>津波警報</td> <td>津波高さ 1m 超～3m 以下</td> <td>津波の高さ 3m</td> </tr> <tr> <td>津波注意報</td> <td>津波高さ 0.2m 以上～1m 以下</td> <td>津波の高さ 1m</td> </tr> </tbody> </table>	種類	津波予想高さ	発令警報	大津波警報	津波高さ 10m 超	津波の高さ 10m 超	津波高さ 5m 超～10m 以下	津波の高さ 10m	津波高さ 3m 超～5m 以下	津波の高さ 5m	津波警報	津波高さ 1m 超～3m 以下	津波の高さ 3m	津波注意報	津波高さ 0.2m 以上～1m 以下	津波の高さ 1m	<p>・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</p>
種類	津波予想高さ	発令警報																	
大津波警報	津波高さ 10m 超	津波の高さ 10m 超																	
	津波高さ 5m 超～10m 以下	津波の高さ 10m																	
	津波高さ 3m 超～5m 以下	津波の高さ 5m																	
津波警報	津波高さ 1m 超～3m 以下	津波の高さ 3m																	
津波注意報	津波高さ 0.2m 以上～1m 以下	津波の高さ 1m																	

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
		<p>(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(EL11.9m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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>b. 原子炉の停止に係る対応 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。</p> <p>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, 津波到達前に循環水ポンプを停止する。</p> <p>※1 敷地前面に位置する海域活断層から想定される地震による津波が発生した場合は, 津波が敷地に到達する時間が短く, 循環水ポンプ停止操作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, 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。</p>	

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
		<p>d. 防波扉の閉止操作及び漂流物発生防止に係る対応</p> <p>防波扉は、常時閉運用としており、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。作業等で開放する場合においても、速やかに閉止できるよう、あらかじめ人員を確保することとしている(添付資料 39 参照)。</p> <p>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。</p> <p>※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。</p> <p>(2) 津波襲来時</p> <p>a. 津波の監視に係る対応</p> <p>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。</p> <p>b. 原子炉の停止に係る対応</p> <p>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。</p> <p>c. 海水ポンプの取水性に係る対応</p> <p>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。</p> <p>d. 大型送水ポンプ車の取水性に係る対応</p> <p>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</p>	

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
		<p>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。</p> <p>(3) 津波襲来後</p> <p>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。</p>	

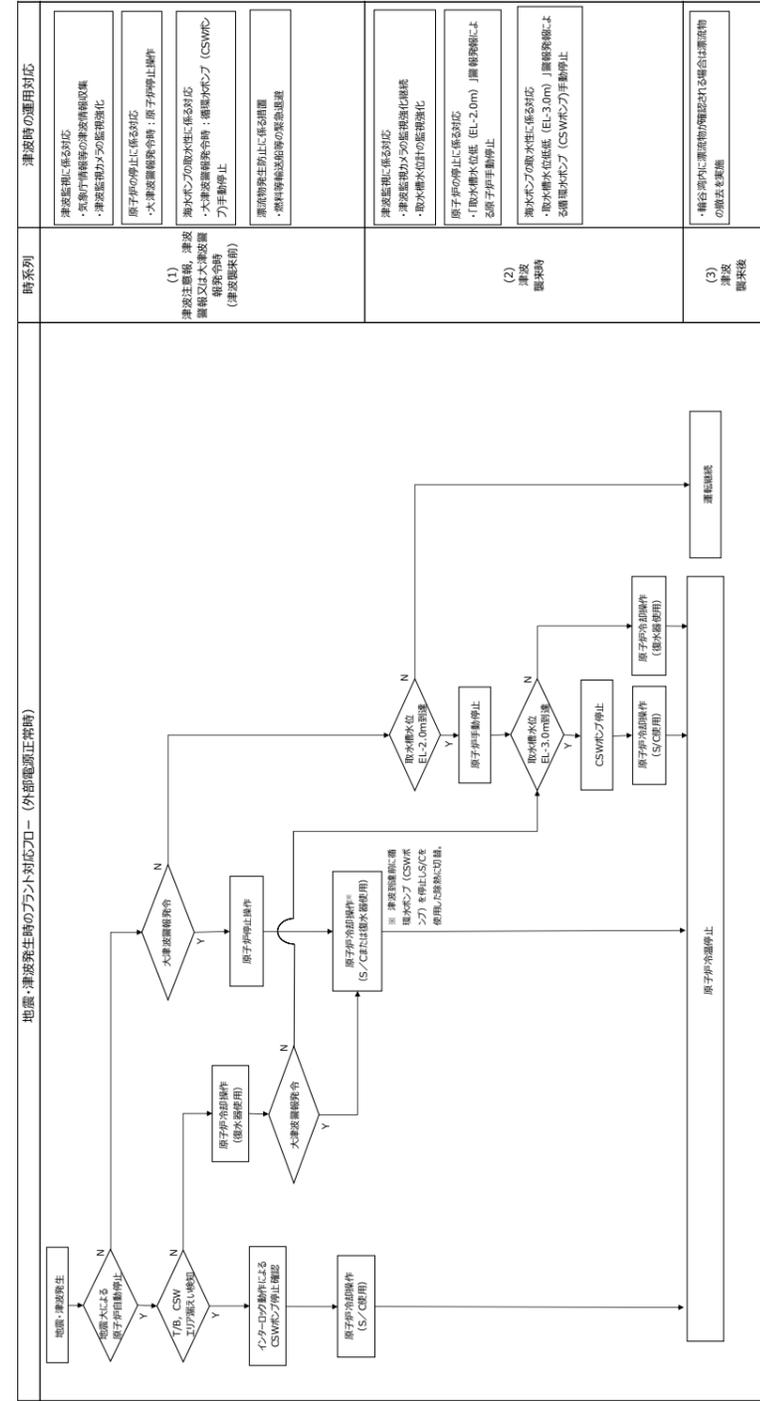


図1-1 地震・津波発生時のプラント対応フロー（外部電源正常時）

時系列	津波時の運用対応
(1) 津波注意報、津波警報又は大津波警報発生時 (津波発生前)	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波監視に係る対応                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急時情報の津波情報収集</li> <li>・津波監視カメラの監視強化</li> </ul> </li> <li>原子炉の停止に係る対応                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・大津波警報発生時：原子炉停止操作</li> </ul> </li> <li>海水ポンプの取水性に係る対応                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・大津波警報発生時：海水ポンプ (CSWRP) の自動停止</li> </ul> </li> <li>漏洩物発生防止に係る措置                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性物質漏洩等の緊急措置</li> </ul> </li> </ul>
(2) 津波発生時	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波監視に係る対応                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・津波監視カメラの監視強化継続</li> <li>・取水機水位計の監視強化</li> </ul> </li> <li>原子炉の停止に係る対応                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・「取水機水位 (EL-2.0m)」警報発生による原子炉自動停止</li> </ul> </li> <li>海水ポンプの取水性に係る対応                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・取水機水位 (EL-3.0m)」警報発生による海水ポンプ (CSWRP) の自動停止</li> </ul> </li> </ul>
(3) 津波発生後	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構内内に放射性物質が確認される場合は放射性物質の除去を実施</li> </ul>

--

--

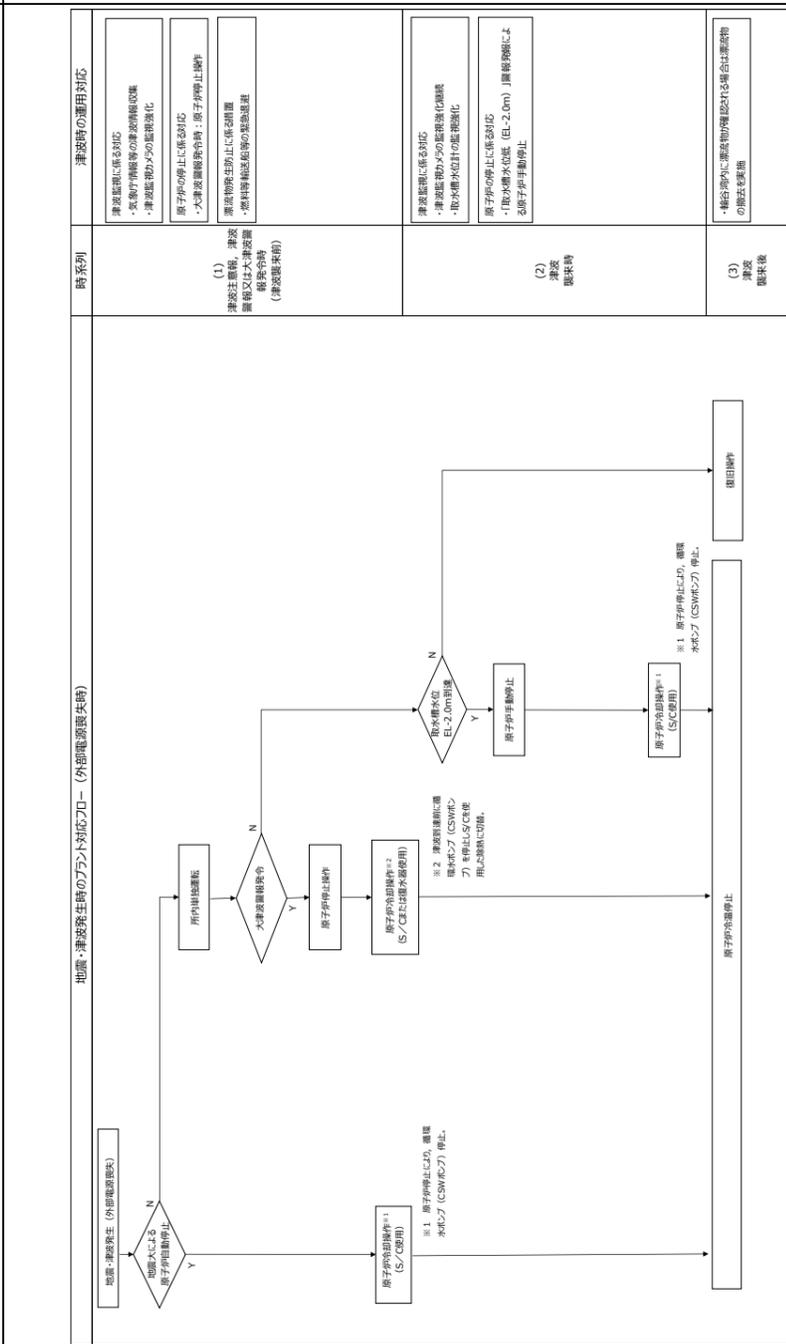
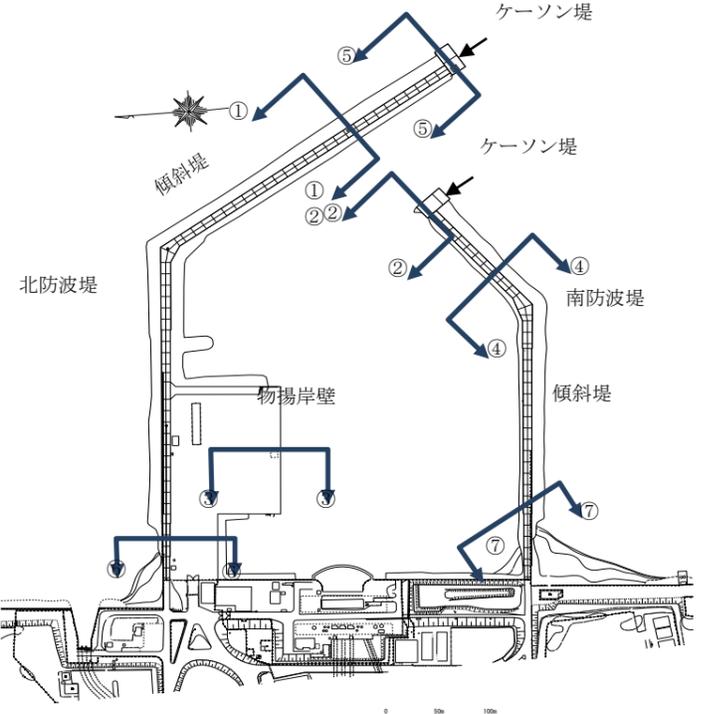
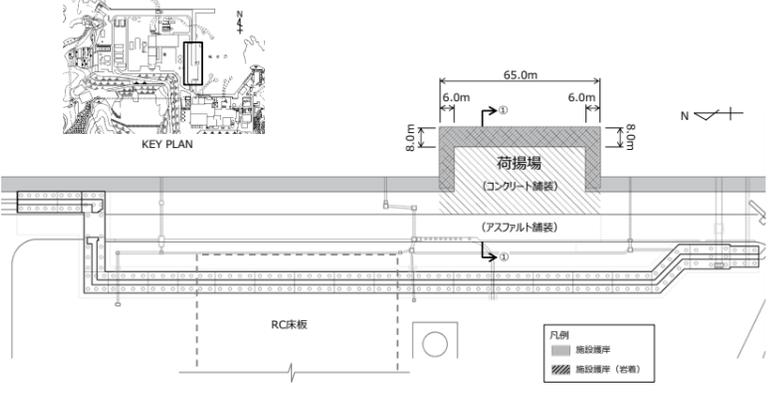
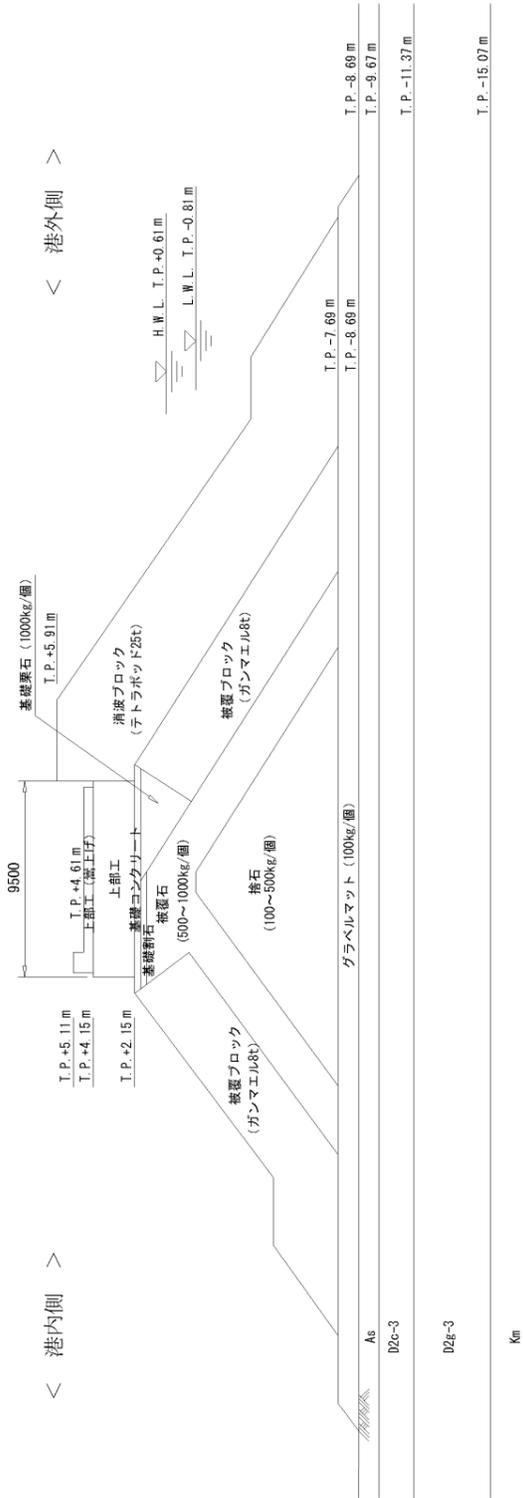


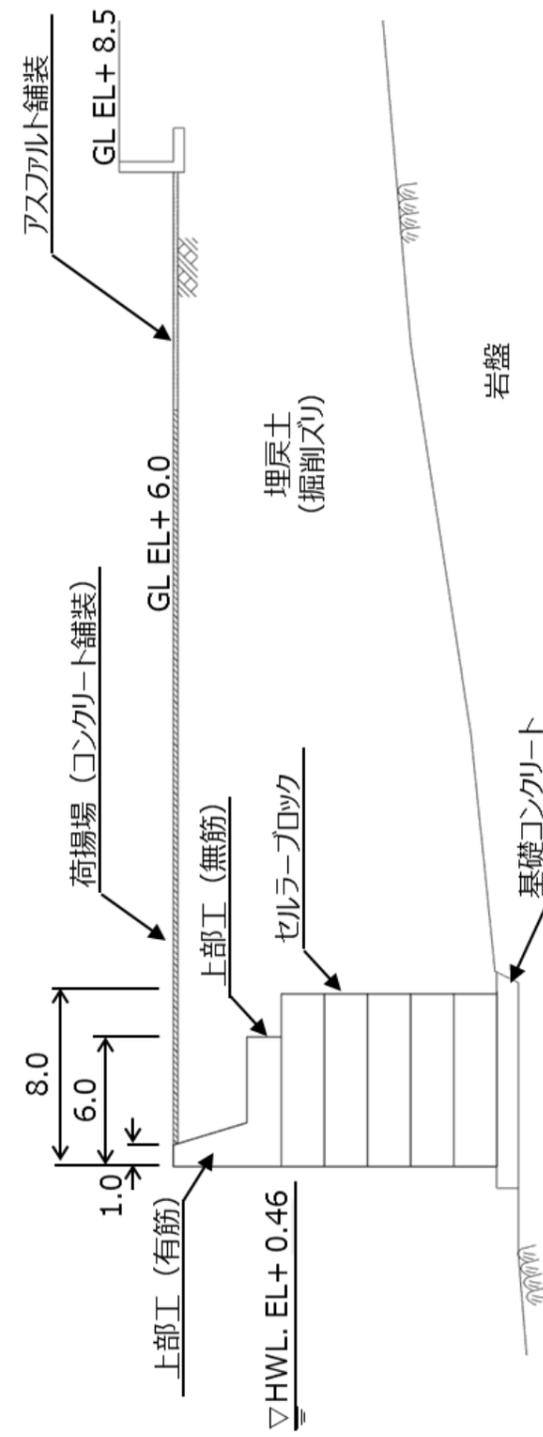
図1-2 地震・津波発生時のプラント対応フロー（外部電源喪失時）

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
	<p style="text-align: right;">添付資料 18</p> <p style="text-align: center;">地震後の防波堤の津波による影響評価について</p> <p style="text-align: center;">目 次</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>防波堤の施設概要</u></li> <li>2. <u>防波堤の漂流物化に係る検討方針</u></li> <li>3. <u>地震時評価</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) <u>解析方法</u></li> <li>(2) <u>荷重及び荷重の組合せ</u></li> <li>(3) <u>入力地震動</u></li> <li>(4) <u>解析モデル</u></li> <li>(5) <u>使用材料及び材料の物性値</u></li> <li>(6) <u>評価結果</u></li> <li>(7) <u>基準地震動 <math>S_s</math> による防波堤への影響評価のまとめ</u></li> </ol> </li> <li>4. <u>津波時評価</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) <u>評価方法</u></li> <li>(2) <u>傾斜堤の津波時安定性</u></li> <li>(3) <u>ケーソン堤の津波時安定性</u></li> <li>(4) <u>防波堤漂流物の重要施設への到達の可能性評価</u></li> <li>(5) <u>取水施設における取水機能の成立性</u></li> <li>(6) <u>津波による防波堤損壊の影響評価のまとめ</u></li> </ol> </li> </ol>	<p style="text-align: right;">添付資料 38</p> <p style="text-align: center;">地震後の荷揚場の津波による影響評価について</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>・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。</p>

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
	<p>1. <u>防波堤の施設概要</u>  <u>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。</u>  <u>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。</u>  <u>物揚岸壁の評価断面は、構造や水深が一樣なため、大型船舶が接岸する中央位置の断面③-③とした。</u></p>  <p>第1図 港湾施設平面図</p>	<p>1. <u>荷揚場の施設概要</u>  <u>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。</u></p> <p>評価を行う断面は、構造が概ね一樣なため、代表断面①-①とした。</p>  <p>第1図 荷揚場平面図</p>	<p>・対象施設の相違  <b>【東海第二】</b>  島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p> <p>・対象施設の相違  <b>【東海第二】</b>  島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p> <p>・対象施設の相違  <b>【東海第二】</b>  島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p>



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。

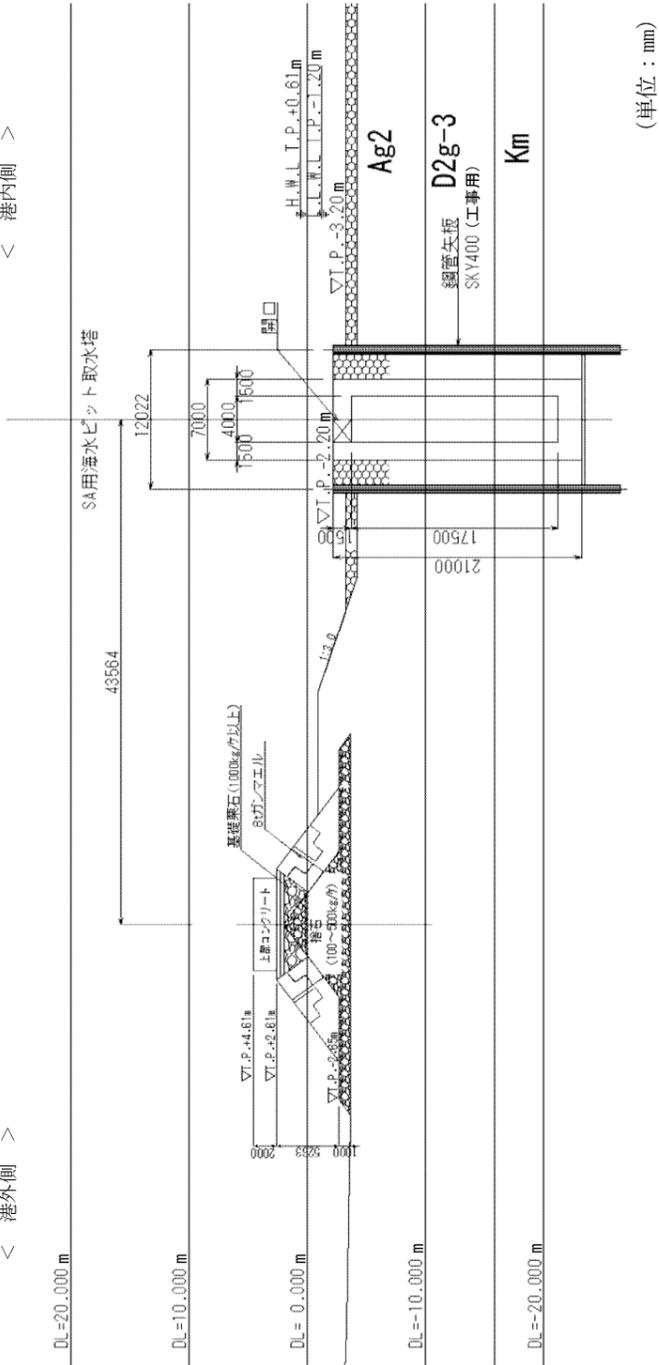
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: center;">(単位 : mm)</p>		<p>・対象施設の相違</p> <p>【東海第二】 島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p>
<p>第3図 南側防波堤ケーソン堤断面 (②-②)</p>			

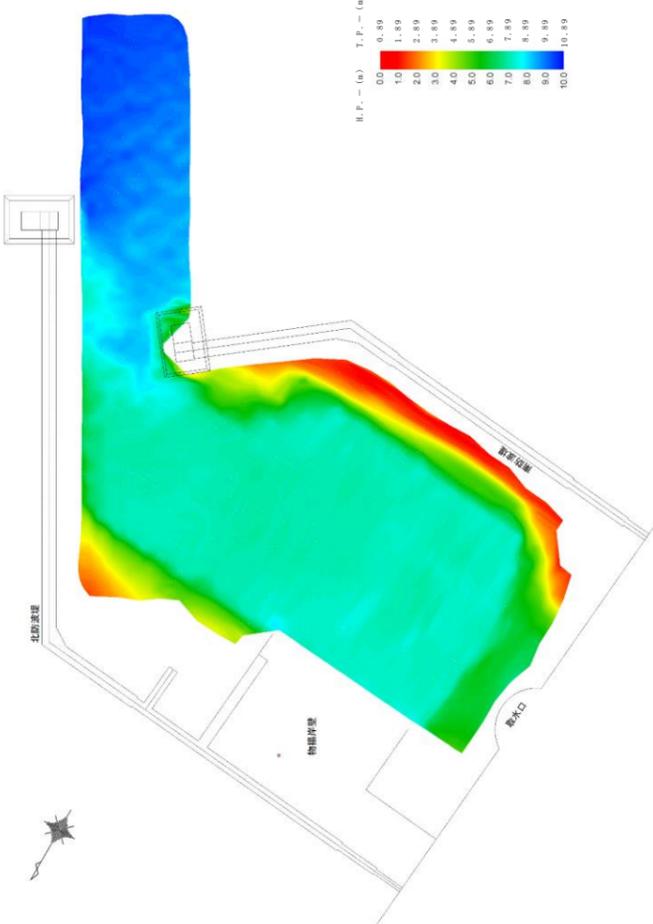
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: center;">第4図 物揚岸壁断面 (③-③)</p>		<p>・対象施設の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p>

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
	<p style="text-align: center;">第5図 南側防波堤傾斜堤断面 (④-④)</p>		<p>・対象施設の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p>

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
	<p style="text-align: center;">(単位：mm)</p>		<p>・対象施設の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p>

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
	<p style="text-align: center;">(単位：mm)</p>		<p>・対象施設の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p>
<p>第7図 物揚岸壁進入路断面 (⑥-⑥)</p>			

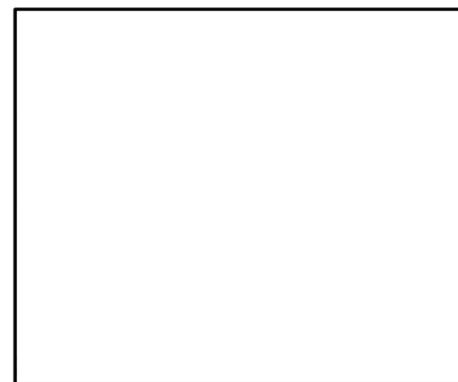
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	 <p>第8図 南防波堤陸側断面 (㉞-㉞)</p>		<p>・対象施設の相違  <b>【東海第二】</b>  島根2号炉は荷揚場の施設概要について記載している。</p>

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
	 <p data-bbox="1032 1333 1617 1365">第9図 東海港深浅図 (2016年12月12日測量)</p>		<p data-bbox="2537 252 2804 462">・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。</p>

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。

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

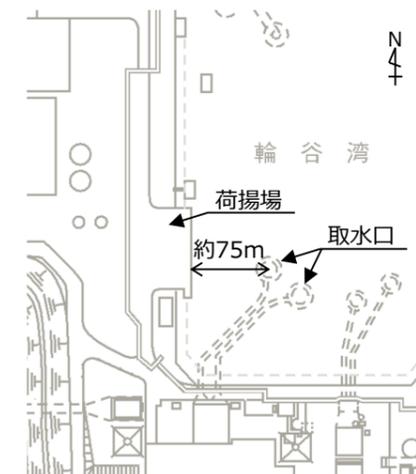


第10図 波及的影響検討対象施設図

2. 荷揚場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  $S_s$  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。

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

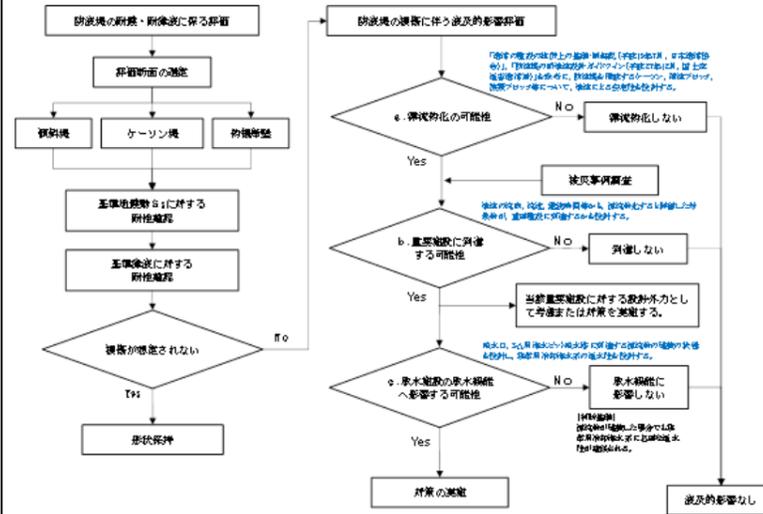


第3図 波及的影響検討対象施設図

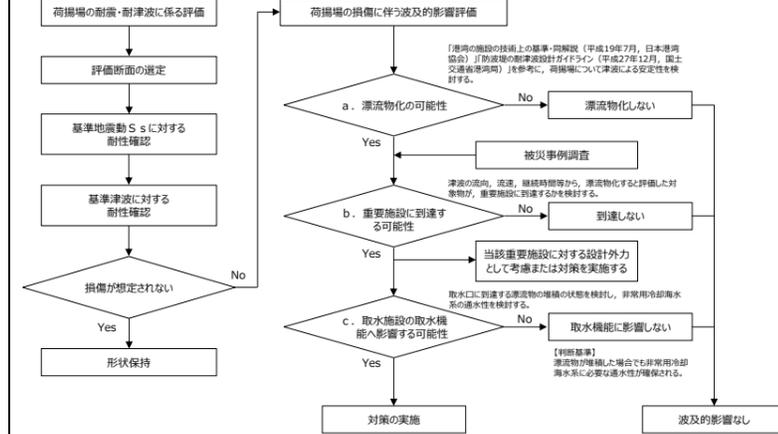
・対象施設の相違  
**【東海第二】**  
 島根2号炉は荷揚場の漂流物化について記載している。

・対象施設の相違  
**【東海第二】**  
 島根2号炉は取水口に波及的影響検討対象施設としている。

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



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

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

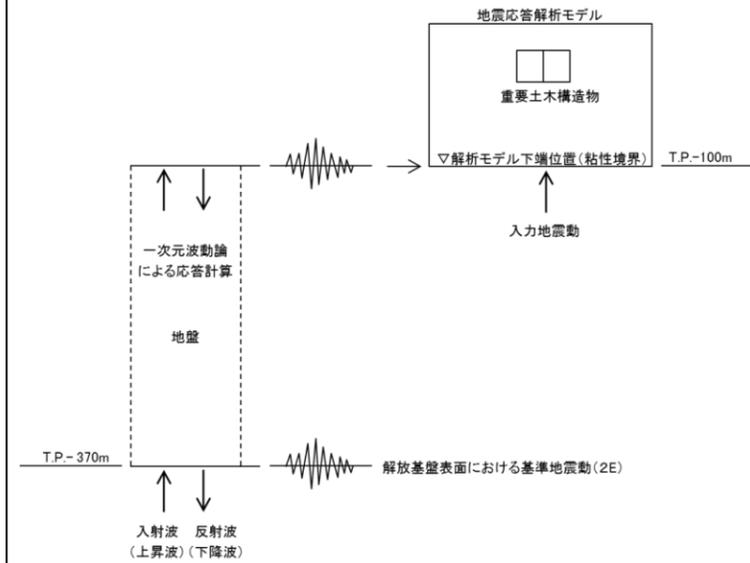
荷揚場の上部工、セルラーブロック、基礎コンクリートは線形平面要素でモデル化する。

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。

・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。

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								
	<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>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。</p> <p>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。 <u>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<sup>2</sup>）を考慮する。</u></p> <p>b. 地震荷重 地震荷重として、基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力を考慮する。</p> <p>2) 荷重の組合せ 荷重の組合せを第2表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第2表 荷重の組合せ</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>外力の状態</th> <th>荷重の組合せ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地震時 (S<sub>s</sub>)</td> <td>a + b</td> </tr> </tbody> </table> <p>(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<sub>s</sub> 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。</p>	外力の状態	荷重の組合せ	地震時 (S <sub>s</sub> )	a + b	<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>b. 地震荷重 地震荷重として、基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力を考慮する。</p> <p>2) 荷重の組合せ 荷重の組合せを第2表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第2表 荷重の組合せ</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>外力の状態</th> <th>荷重の組合せ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>地震時 (S<sub>s</sub>)</td> <td>a + b</td> </tr> </tbody> </table> <p>(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<sub>s</sub> 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。</p>	外力の状態	荷重の組合せ	地震時 (S <sub>s</sub> )	a + b	<p>・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。</p>
外力の状態	荷重の組合せ										
地震時 (S <sub>s</sub> )	a + b										
外力の状態	荷重の組合せ										
地震時 (S <sub>s</sub> )	a + b										



第12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

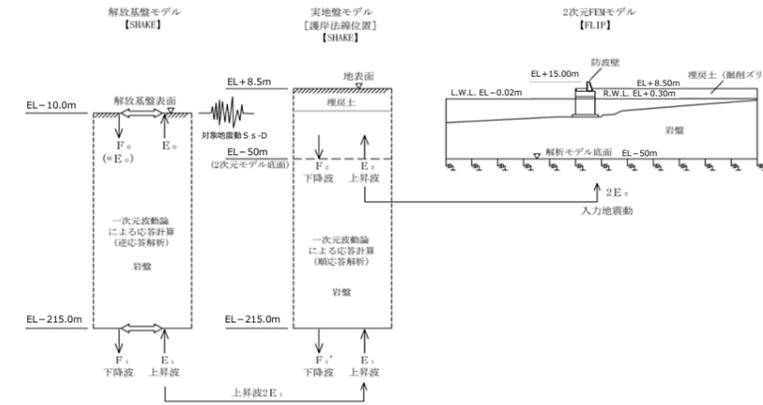
構造物のコンクリート部材は線形平面要素、鋼部材は非線形はり要素又は非線形バネ要素でモデル化する。また、傾斜堤の石材はマルチスプリング要素、消波ブロックは節点荷重でモデル化する。

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。



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。

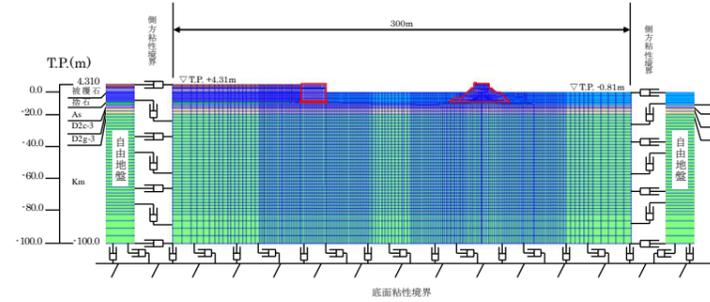
・解析条件の相違  
【東海第二】  
島根2号炉は解放基盤表面が EL-10.0m にある。

・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。

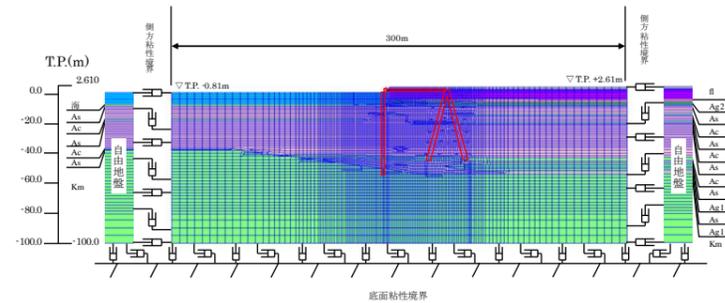
・対象施設の相違  
【東海第二】  
島根2号炉は荷揚場の解析モデルについて記載している。

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)

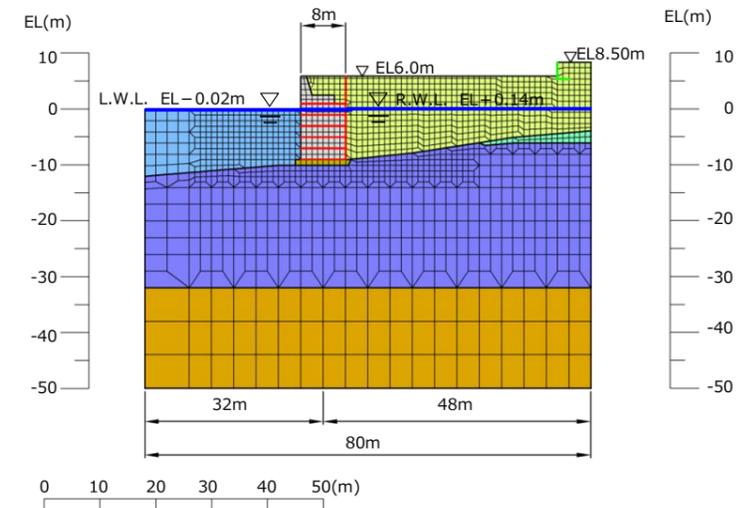


第14図 地震応答解析モデル (物揚岸壁断面)

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。

■ : 岩盤 (第②速度層)    ■ : 岩盤 (第④速度層)    ■ : 岩盤 (第⑤速度層)    — : ジョイント要素  
■ : 埋戻土 (掘削スリ)    ■ : 基礎コンクリート    ■ : 施設護岸    — : L型擁壁



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。

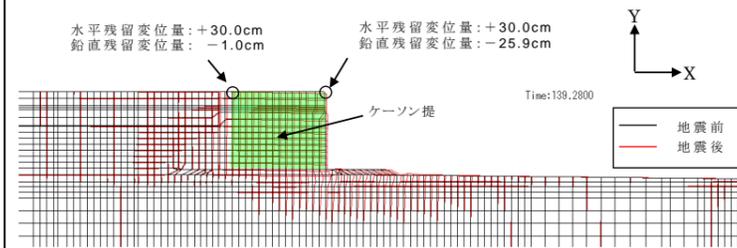
・対象施設の相違  
**【東海第二】**  
 島根 2号炉は荷揚場の解析モデルについて記載している。

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																																																																																																																	
	<p>(5) 使用材料及び材料の物性値</p> <p>1) 構造物の物性値</p> <p>使用材料を第3表に、材料の物性値を第4表に示す。</p> <p style="text-align: center;"><b>第3表 使用材料</b></p> <table border="1" data-bbox="967 474 1673 663"> <thead> <tr> <th>材料</th> <th>部位</th> <th>諸元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">コンクリート</td> <td>上部工</td> <td>設計基準強度 24.0N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>基礎</td> <td>設計基準強度 18.0N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>ケーソン (海中)</td> <td>設計基準強度 24.0N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td>ケーソン (海中)</td> <td>設計基準強度 24.0N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">鋼材</td> <td>鋼管矢板, 控え工鋼管杭</td> <td>SKY490, SKK490</td> </tr> <tr> <td>タイロッド</td> <td>HT690</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>第4表 材料の物性値</b></p> <table border="1" data-bbox="1003 873 1638 1083"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th rowspan="2">部位</th> <th rowspan="2">単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)</th> <th rowspan="2">ヤング係数 (kN/mm<sup>2</sup>)</th> <th colspan="2">ポアソン比</th> </tr> <tr> <th>飽和, 湿潤</th> <th>水中</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">コンクリート</td> <td>上部工</td> <td>24.0</td> <td>25</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>基礎</td> <td>22.6</td> <td>22</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>ケーソン (海中)</td> <td>21.8</td> <td>25</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>ケーソン (海中)</td> <td>21.8</td> <td>25</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>根固方塊</td> <td>22.6</td> <td>22</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">鋼材</td> <td>鋼管矢板, 控え工鋼管杭</td> <td>77.0</td> <td>200</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>タイロッド</td> <td>-</td> <td>200</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>2) 地盤の物性値</p> <p>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。<u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p>	材料	部位	諸元	コンクリート	上部工	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>	基礎	設計基準強度 18.0N/mm <sup>2</sup>	ケーソン (海中)	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>		ケーソン (海中)	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>	鋼材	鋼管矢板, 控え工鋼管杭	SKY490, SKK490	タイロッド	HT690	材料	部位	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比		飽和, 湿潤	水中	コンクリート	上部工	24.0	25	0.2	0.2	基礎	22.6	22	0.2	0.2	ケーソン (海中)	21.8	25	0.2	0.2	ケーソン (海中)	21.8	25	0.2	0.2		根固方塊	22.6	22	0.2	0.2	鋼材	鋼管矢板, 控え工鋼管杭	77.0	200	0.3	0.3	タイロッド	-	200	-	-	<p>(5) 使用材料及び材料の物性値</p> <p>1) 構造物の物性値</p> <p>使用材料を第3表に、材料の物性値を第4表に示す。</p> <p style="text-align: center;"><b>第3表 使用材料</b></p> <table border="1" data-bbox="1733 474 2499 768"> <thead> <tr> <th>材料</th> <th>部位</th> <th>諸元</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">コンクリート</td> <td>上部工 (有筋)</td> <td>設計基準強度 20.6N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>上部工 (無筋)</td> <td>設計基準強度 14.7N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">セルラーブロック</td> <td>気中</td> <td>設計基準強度 20.6N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>水中</td> <td>設計基準強度 20.6N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>基礎コンクリート</td> <td>設計基準強度 14.7N/mm<sup>2</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>第4表 材料の物性値</b></p> <table border="1" data-bbox="1733 873 2499 1138"> <thead> <tr> <th rowspan="2">材料</th> <th rowspan="2">部位</th> <th colspan="2">単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)</th> <th rowspan="2">ヤング係数 (kN/mm<sup>2</sup>)</th> <th rowspan="2">ポアソン比</th> </tr> <tr> <th>飽和, 湿潤</th> <th>水中</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">コンクリート</td> <td>上部工 (有筋)</td> <td>24.0</td> <td>-</td> <td>23.3</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>上部工 (無筋)</td> <td>22.6</td> <td>-</td> <td>20.4</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>セルラーブロック (コンクリート結)</td> <td>23.0</td> <td>12.9</td> <td>23.3</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>セルラーブロック (栗石結)</td> <td>22.0</td> <td>11.9</td> <td>23.3</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>基礎コンクリート</td> <td>22.6</td> <td>12.5</td> <td>20.4</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>2) 地盤の物性値</p> <p>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。<u>地盤の物性値は, 「島根原子力発電所2号炉設計基準対象施設について第4条: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。</u></p>	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 <sup>2</sup>	上部工 (無筋)	設計基準強度 14.7N/mm <sup>2</sup>	セルラーブロック	気中	設計基準強度 20.6N/mm <sup>2</sup>	水中	設計基準強度 20.6N/mm <sup>2</sup>	基礎コンクリート	設計基準強度 14.7N/mm <sup>2</sup>	材料	部位	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )		ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	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 (コンクリート結)	23.0	12.9	23.3	0.2	セルラーブロック (栗石結)	22.0	11.9	23.3	0.2	基礎コンクリート	22.6	12.5	20.4	0.2	<p>・解析条件の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>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。</p> <p>・対象施設の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>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。</p>
材料	部位	諸元																																																																																																																		
コンクリート	上部工	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																		
	基礎	設計基準強度 18.0N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																		
	ケーソン (海中)	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																		
	ケーソン (海中)	設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																		
鋼材	鋼管矢板, 控え工鋼管杭	SKY490, SKK490																																																																																																																		
	タイロッド	HT690																																																																																																																		
材料	部位	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比																																																																																																																
				飽和, 湿潤	水中																																																																																																															
コンクリート	上部工	24.0	25	0.2	0.2																																																																																																															
	基礎	22.6	22	0.2	0.2																																																																																																															
	ケーソン (海中)	21.8	25	0.2	0.2																																																																																																															
	ケーソン (海中)	21.8	25	0.2	0.2																																																																																																															
	根固方塊	22.6	22	0.2	0.2																																																																																																															
鋼材	鋼管矢板, 控え工鋼管杭	77.0	200	0.3	0.3																																																																																																															
	タイロッド	-	200	-	-																																																																																																															
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 <sup>2</sup>																																																																																																																		
	上部工 (無筋)	設計基準強度 14.7N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																		
	セルラーブロック	気中	設計基準強度 20.6N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																	
		水中	設計基準強度 20.6N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																	
	基礎コンクリート	設計基準強度 14.7N/mm <sup>2</sup>																																																																																																																		
材料	部位	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )		ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	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 (コンクリート結)	23.0	12.9	23.3	0.2																																																																																																															
	セルラーブロック (栗石結)	22.0	11.9	23.3	0.2																																																																																																															
	基礎コンクリート	22.6	12.5	20.4	0.2																																																																																																															

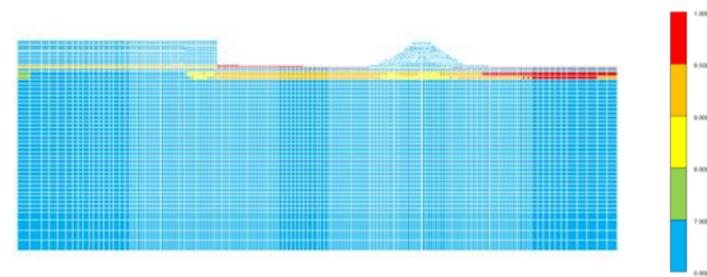


柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.12版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>3) ジョイント要素</p> <p>構造物と地盤の境界部にジョイント要素を設けることを基本とし、境界部での剥離・すべりを考慮する。ジョイント要素の特性は法線方向、接線方向に分けて設定する。法線方向では、引張応力が生じた場合、剛性及び応力をゼロとして剥離を考慮する。接線方向では、構造物と地盤の境界部のせん断抵抗力以上のせん断応力が発生した場合、剛性をゼロとし、すべりを考慮する。静止摩擦力 <math>\tau_f</math> は Mohr-Coulomb 式により規定する。</p> <p>4) 荷重の入力方法</p> <p>a. 常時荷重</p> <p>常時荷重である自重は、<u>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。</u></p> <p>b. 地震荷重</p> <p>地震荷重は、解放基盤表面で定義される基準地震動 <math>S_s</math> 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。</p> <p>(6) 評価結果</p> <p>現状の<u>ケーソン堤、傾斜堤、物揚岸壁</u>に対する評価結果を示す。</p> <p>1) <u>ケーソン堤</u></p> <p><u>ケーソン堤は基準地震動 <math>S_s</math> 後に多少傾斜し、水平残留変位量は約 30cm、鉛直残留変位量は約 26cm である。</u></p> <p><u>したがって、基準地震動 <math>S_s</math> 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。</u></p>	<p>3) ジョイント要素</p> <p>構造物と地盤<u>及び構造物と構造物</u>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 <math>\tau_f</math> は Mohr-Coulomb 式により規定する。</p> <p>4) 荷重の入力方法</p> <p>a. 常時荷重</p> <p>常時荷重である自重は、<u>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。</u></p> <p>b. 地震荷重</p> <p>地震荷重は、解放基盤表面で定義される基準地震動 <math>S_s</math> 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。</p> <p>(6) 評価結果</p> <p>現状の<u>荷揚場</u>に対する評価結果を示す。</p>	<p>・対象施設の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根 2 号炉は荷揚場の解析条件について記載している。</p> <p>・対象施設の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根 2 号炉は荷揚場の荷重条件について記載している。</p> <p>・対象施設の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根 2 号炉は荷揚場の評価結果について記載している。</p>

・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。



第16図 残留変位図 (ケーソン堤)

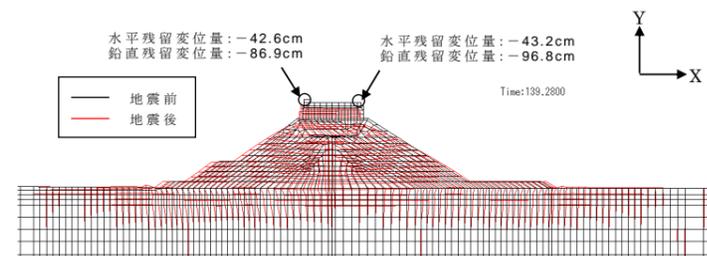


第17図 過剰間隙水圧比分布図

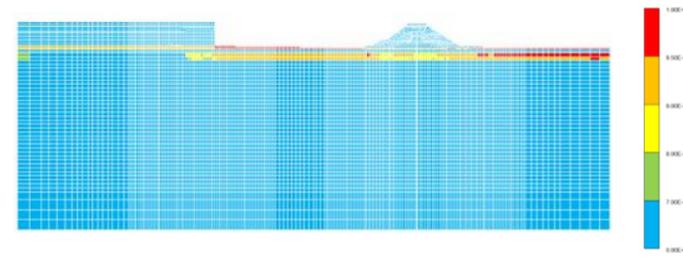
2) 傾斜堤

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)



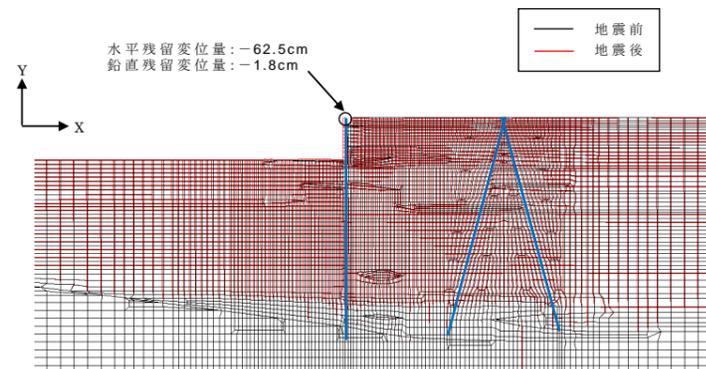
第19図 過剰間隙水圧比分布図

3) 物揚岸壁

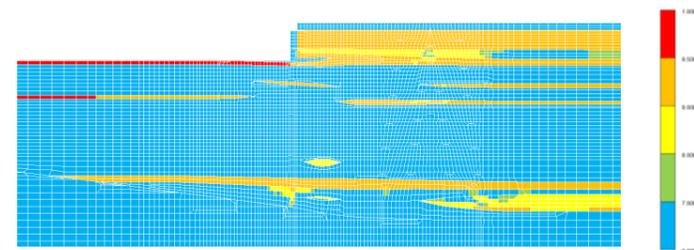
a. 残留変位量

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)

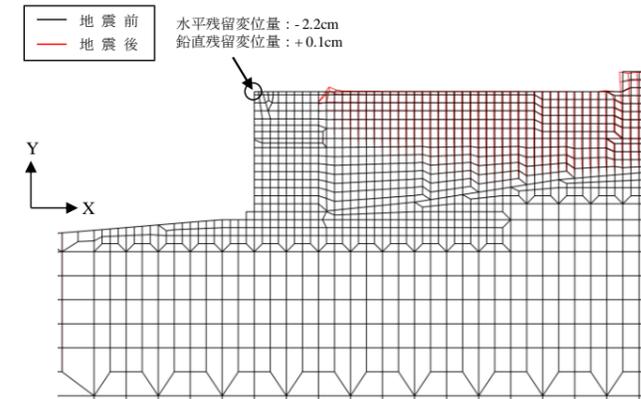


第21図 過剰間隙水圧比分布図

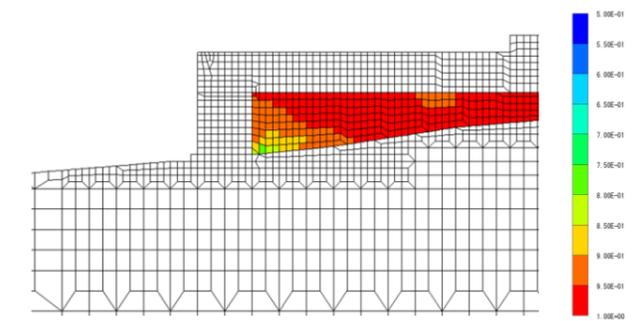
a. 最終変形量

荷揚場は、基準地震動  $S_s$  によりほとんど変形せず、水平残留変位量は約 2.2cm、鉛直残留変位量は約 0.1cm である。

最終変形量図を第 8 図、過剰間隙水圧比分布図を第 9 図に示す。



第8図 最終変形量図



第9図 過剰間隙水圧比分布図

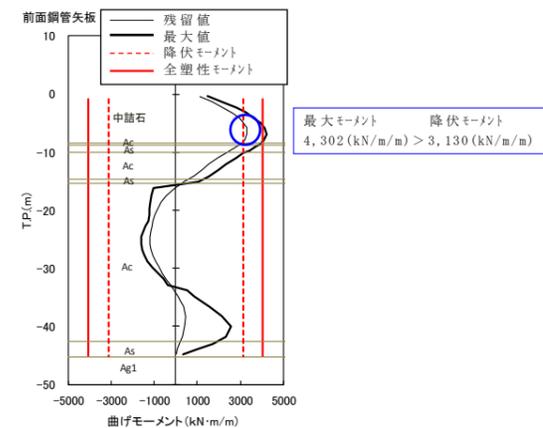
・対象施設の相違  
【東海第二】  
島根 2号炉は荷揚場の最終変形量について記載している。

**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。

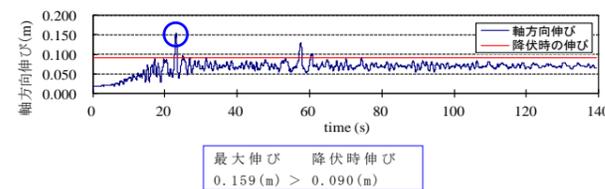
前面鋼管矢板は, 曲げに対して海底面付近で降伏モーメントを超過する。また, 前面鋼管矢板を支えるタイロッドは, 降伏時の伸びを超過する。さらに, 控え工鋼管杭(斜杭)は, 作用軸力が地盤の極限支持力以下であるが, 最大曲げモーメント位置における軸力を考慮した合成照査において, 降伏モーメントを超過する。

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

② タイロッド

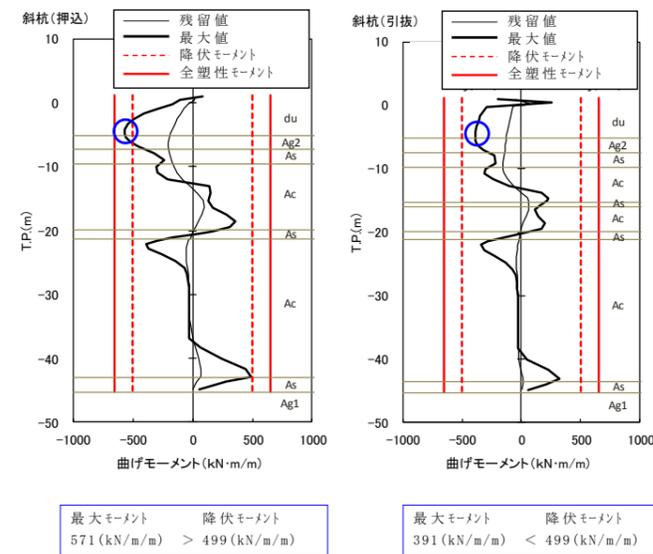


第 23 図 タイロッドの軸方向伸び量時刻歴図

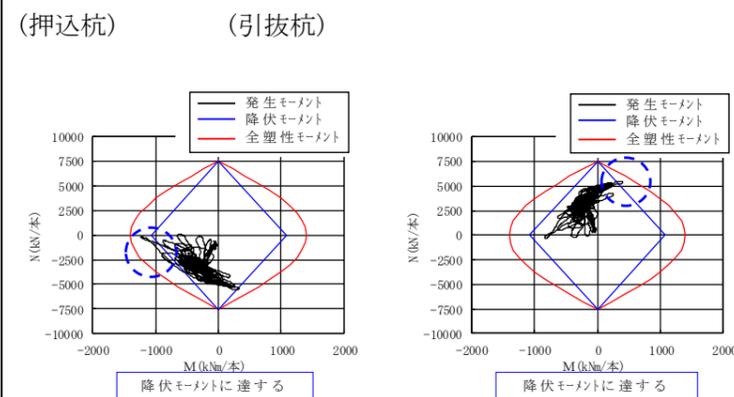
・対象施設の相違  
【東海第二】  
島根 2 号炉は荷揚場の最終変形量について記載している。

・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。

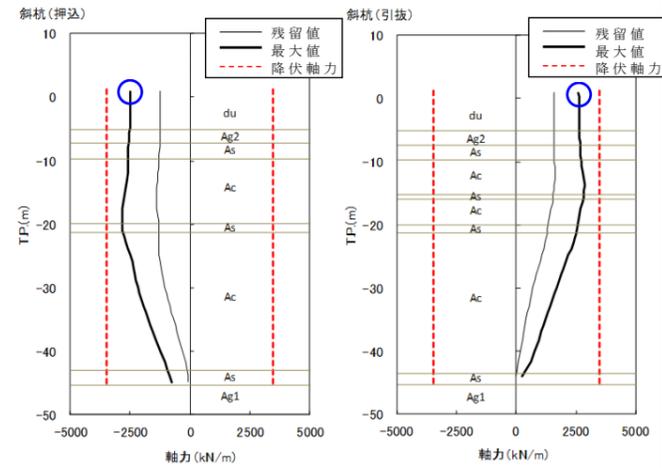
③ 控え工鋼管杭 (斜杭)



第24図 控え工鋼管杭 (斜杭) の最大曲げモーメント図



第25図 控え工鋼管杭 (斜杭) のM-N図 (最大モーメント位置)



支持力照査用軸力：  
 $2,612 \text{ (kN/m)} \times 2.16 \text{ (m)}^{\#1} = 5,642 \text{ kN/本}$       支持力照査用軸力：  
 $2,608 \text{ (kN/m)} \times 2.16 \text{ (m)}^{\#1} = 5,633 \text{ kN/本}$

※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 <sup>※2</sup> (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

最終変形量の許容限界については、「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）」に基づき、1 m を許容限界値とする。

荷揚場は、基準地震動  $S_s$  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。

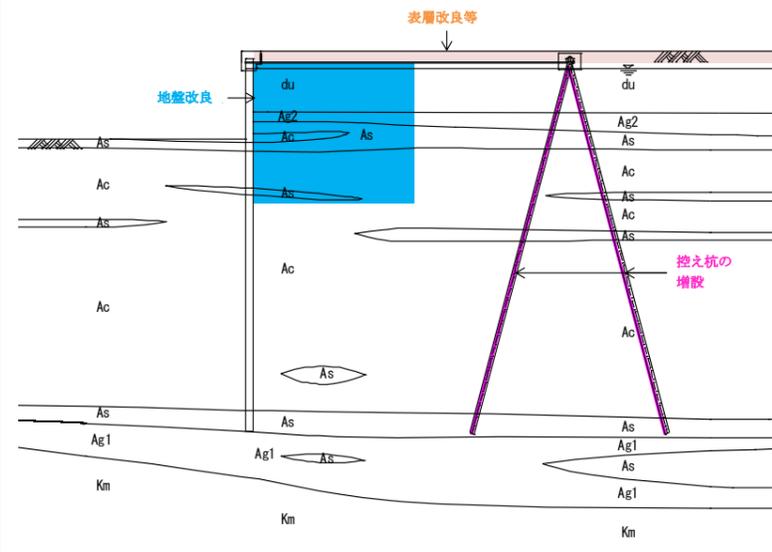
・対象施設の相違  
**【東海第二】**  
 島根 2 号炉は荷揚場の最終変形量について記載している。

・対象施設の相違  
**【東海第二】**  
 島根 2 号炉は荷揚場の評価結果について記載している。

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。

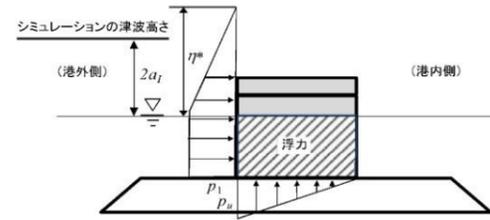
(7) 基準地震動 $S_s$ による荷揚場への影響評価のまとめ

基準地震動 $S_s$ 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 $S_s$ 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
	<p>4. 津波時評価</p> <p>(1) 評価方法</p> <p><u>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。</u></p> <p>1) 傾斜堤（被覆材・ブロック類）</p> <p><u>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<sup>※1</sup>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。</u></p> <p>※1 「<u>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）</u>」のイスバッシュ式</p> $M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 (y_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3}$ <p>M : 捨石等の安定質量(t)  ρr : 捨石等の密度(t/m<sup>3</sup>)  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<sup>2</sup>)  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(°)</p> <p><u>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。</u></p> <p>2) ケーソン堤</p> <p><u>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<sup>※2</sup>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<sup>※3</sup>を用いる。</u></p>	<p>4. 津波時評価</p>	<p>・対象施設の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根2号炉は荷揚場の漂流化について記載している。</p>

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
	<p>※2 「<u>港湾の施設の技術上の基準・同解説</u> (日本港湾協会, 平成19年7月)」の滑動, 転倒照査式</p> <p>○堤体の滑動照査式</p> $f_d(W_d - P_{B_d} - P_{U_d}) \geq \gamma_a P_{H_d}$ <p><math>f</math>: 壁体底面と基礎との摩擦係数  <math>W</math>: 堤体の重量 (kN/m)  <math>P_B</math>: 浮力 (kN/m)  <math>P_U</math>: 津波の揚圧力 (kN/m)  <math>P_H</math>: 津波の水平波力 (kN/m)  <math>\gamma_a</math>: 構造解析係数</p> <p>○堤体の転倒照査式</p> $a_1 W_d - a_2 P_{B_d} - a_3 P_{U_d} \geq \gamma_a a_4 P_{H_d}$ <p><math>W</math>: 堤体の重量 (kN/m)  <math>P_B</math>: 浮力 (kN/m)  <math>P_U</math>: 津波の揚圧力 (kN/m)  <math>P_H</math>: 津波の水平波力 (kN/m)  <math>a_1 \sim a_4</math>: 各作用のアーム長 (m)  <math>\gamma_a</math>: 構造解析係数</p> <p>※3 「<u>防波堤の耐津波設計ガイドライン</u> (国土交通省, 平成27年12月)」の津波波力算定式</p> $\eta^* = 3.0 a_I$ $p_1 = 3.0 \rho_0 g a_I$ $p_u = p_1$ <p><math>\eta^*</math>: 静水面上の波圧作用高さ (m)  <math>a_I</math>: 入射津波の静水面上の高さ (振幅) (m)  <math>\rho_0 g</math>: 海水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  <math>p_1</math>: 静水面における波圧強度 (kN/m<sup>2</sup>)  <math>p_u</math>: 直立壁前面下端における揚圧力 (kN/m<sup>2</sup>)</p>		<p>・対象施設の相違</p> <p>【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。</p>



(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 (イスバッシュ式より算定)
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
消波ブロック	2t ガンマエル	2.0m/s
	16t テトラポット	2.8m/s
石類	25t テトラポット	3.7m/s
	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)

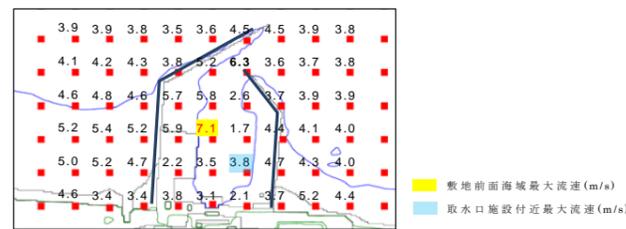
・対象施設の相違  
【東海第二】  
島根2号炉は荷揚場の漂流化について記載している。

部位	規格	限界流速 (イソパッシュ式より算定)
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
消波ブロック	2t ガンマエル	6.4m/s
	16t テトラポット	8.9m/s
石類	25t テトラポット	9.6m/s
	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する。

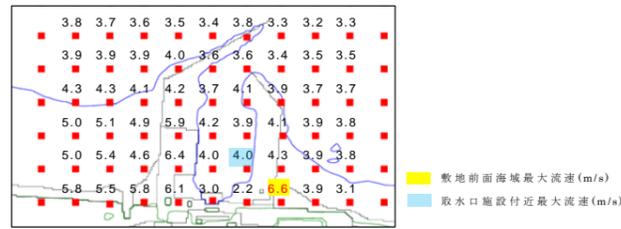
敷地前面海域における最大流速分布図を第28図～第30図、漂流物化の可能性があるマウンドの被覆材について第9表及び第31図に示す。



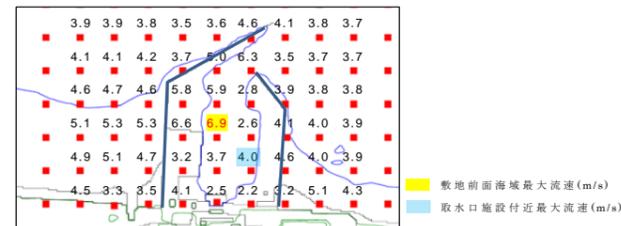
第28図 前面海域における最大流速分布図(防波堤あり)

・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。

・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。



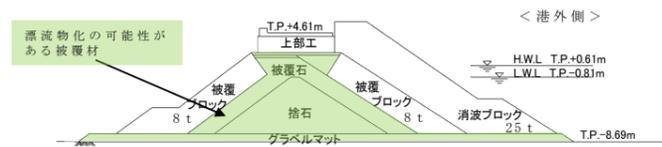
第29図 前面海域における最大流速分布図 (防波堤なし)



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)

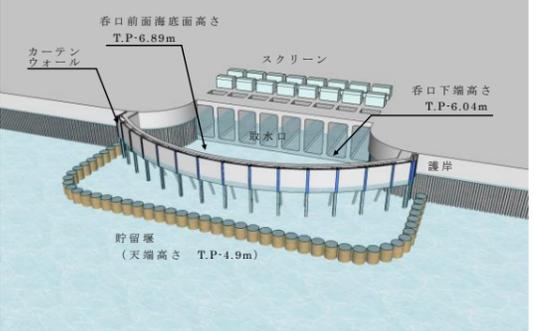
(3) ケーソン堤の津波時安定性

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

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
	<p><u>動, 転倒照査を行った。</u></p> <p><u>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。</u></p> <div data-bbox="1020 491 1626 722" data-label="Diagram"> </div> <p>第 32 図 ケーソン堤照査図</p> <p><u>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。</u></p> <p>※2 : 添付 18-32 ページで示した式。</p> <p>※3 : 添付 18-33 ページで示した式。</p> <p>(4) <u>防波堤漂流物の重要施設への到達の可能性評価</u></p> <p>1) <u>傾斜堤</u></p> <p><u>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する。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p>2) <u>ケーソン堤</u></p> <p><u>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<sup>※4</sup>を調査した結果, 津波による強い流れによって防波堤</u></p>		<p>・対象施設の相違</p> <p><b>【東海第二】</b></p> <p>島根 2 号炉は荷揚場の漂流化について記載している。</p>



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
	<p>(5) <u>取水施設における取水機能の成立性</u></p> <p>1) <u>取水口</u></p> <p><u>取水口周りの概念図を第34図に示す。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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<math>10^2\text{cm/s}^{**5}</math>として算出される通水量は約<math>14\text{m}^3/\text{s}^{**6}</math>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。</u></p> <p><u>また、非常用ポンプ7台の必要取水量は、<math>1.2\text{m}^3/\text{s}^{**7}</math>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。</u></p>  <p>第34図 取水口周りの概念図</p>		<p>・対象施設の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は荷揚場の漂流化について記載している。</p>

※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

表 1.1 透水係数の概略値と決定法<sup>\*)</sup>

k (cm/s)	10 <sup>2</sup>	1.0	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-8</sup>
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		

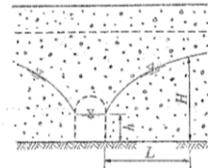
※6 捨石の堆積箇所における通水量:

「水理公式集(土木学会) P383 表 1.5」より

・集水暗きよの取水量公式

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

【解説】本式は単一線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  $k = 1 \times 10^2 \text{ cm/s}$
- ・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
- ・ $H = (T.P. - 0.81\text{m}) - (T.P. - 6.89\text{m}) = 6.08\text{m}$
- ・ $h = (T.P. - 5.66\text{m}) - (T.P. - 6.89\text{m}) = 1.23\text{m}$
- ・ $\ell = 32.8\text{m}$
- ・水路幅 (スクリーン室幅 4.1m x 8箇所)
- ・ $L = 42.33\text{m}$
- ・流路長 (貯留堰 ~ スクリーンの距離)

$$Q = \frac{k \times (H^2 - h^2) \times \ell}{L} \times \frac{1}{2} = \frac{1 \times 10^2 \times 10^{-2} \times (6.08^2 - 1.23^2) \times 32.8}{42.33} \times \frac{1}{2} = 13.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

※7 非常用ポンプ必要取水量:

ポンプ名称	定格流量 (m <sup>3</sup> /h)	運転台数 (台)	取水量合計	
			(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /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
高圧炉心スプレイス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

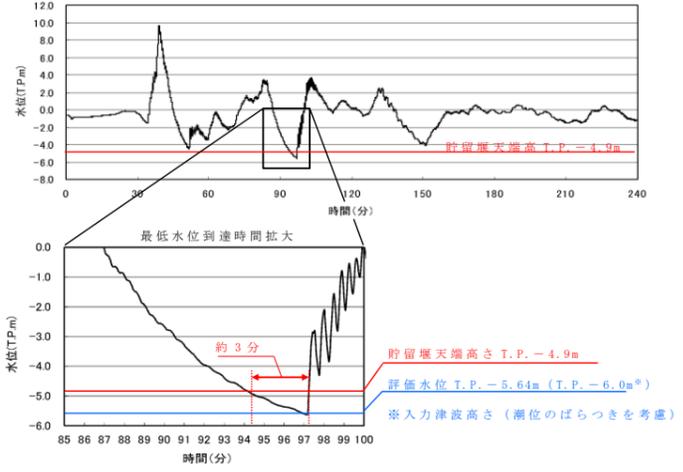
必要取水量:  $72.05 \text{ m}^3/\text{min} = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$

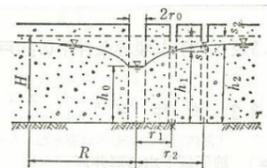
2) 貯留堰

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

・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
	<p>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。</p> <p>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<sup>3</sup> (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<sup>3</sup> (≒72.05m<sup>3</sup>/min×3min)を確保することが出来る。</p> <p>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。</p> <div data-bbox="1009 777 1632 1365"> </div> <p style="text-align: center;">第35図 有効容量平面図</p> <div data-bbox="943 1459 1706 1680"> </div> <div data-bbox="949 1711 1632 1785"> <p>(面積×高さ) - (スロッシングによる溢水量)  = (1,008.6m<sup>2</sup>×0.76m) - 249m<sup>3</sup> ※  = 517m<sup>3</sup></p> <p>有効容量算定範囲  高さ:0.76m  (T.P.-4.9m)-(T.P.-5.66m)</p> </div> <p style="text-align: center;">第36図 有効容量縦断面図</p>		<p>・対象施設の相違</p> <p>【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。</p>

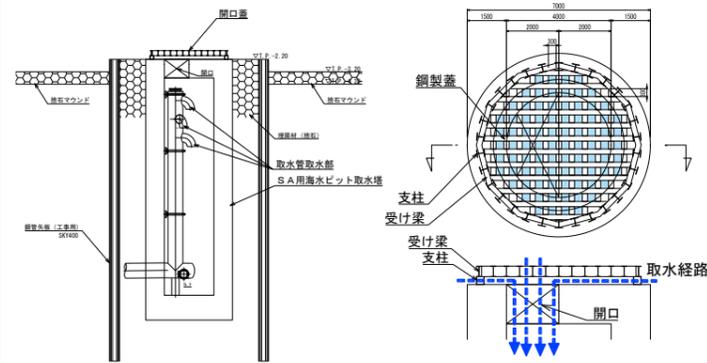
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 12 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>※8 スロッシングによる溢水量：  「貯留堰の設置位置及び天端高さの決定の考え方」から引用</p>  <p>第 37 図 引き波の継続時間</p> <p>3) SA用海水ピット取水塔</p> <p>SA用海水ピット取水塔の平面図を第 38 図、断面図を第 39 図に示す。SA用海水ピット取水塔は、海底面からRC構造の立坑が1m程度突出した構造であり、立坑内には鋼製の通水管を設置している。</p> <p>当該取水塔は、50tの漂流物の衝突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。</p> <p>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。</p> <p>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</p>		<p>・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。</p>

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
	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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<math>10^2\text{cm/s}^{*5}</math>として算出される通水量は約<math>1.5\text{m}^3/\text{s}^{*9}</math>となる。</p> <p>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<math>0.75\text{m}^3/\text{s}^{*10}</math>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。</p> <p>※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</p> <p>・通常井戸の取水量公式</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <math display="block">Q = \frac{\pi k (H^2 - h_0^2)}{2.3 \log_{10}(R/r_0)}</math> <p>平衡式(揚水試験)</p> <math display="block">Q = \frac{\pi k (h_2^2 - h_1^2)}{2.3 \log_{10}(r_2/r_1)}</math> <p>あるいは</p> <math display="block">k = \frac{0.733 Q \log_{10}(r_2/r_1)}{(h_1 + h_2)(s_1 - s_2)}</math> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;">  <p>完全貫入井戸</p> </div> <div style="flex: 1; font-size: small;"> <p>【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<math>r \geq 0.6H</math>の範囲に設ける場合には、観測井底を不透水層から<math>H/2</math>の高さに設け、その水位を用いてもよい<sup>5)</sup>。</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・漂流物の透水係数 <math>k = 1 \times 10^2 \text{cm/s}</math> ※捨石の透水係数</li> <li>・原地下水水位 = T.P. - 0.81m</li> <li>※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</li> <li>・水路床高 = T.P. - 2.20m ※SA用海水ピット取水塔の天端高さ</li> <li>・<math>H = (\text{T.P.} - 0.81\text{m}) - (\text{T.P.} - 2.20\text{m}) = 1.39\text{m}</math></li> <li>・<math>h_0 = (\text{T.P.} - 2.20\text{m}) - (\text{T.P.} - 2.20\text{m}) = 0.00\text{m}</math></li> <li>・堆積範囲の半径 <math>R = 129\text{m}</math></li> <li>※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</li> <li>・取水口の半径 <math>r_0 = 2.85\text{m}</math> (防護蓋の支柱の内側の半径)</li> </ul> $Q = \frac{\pi \times k \times (H^2 - h_0^2)}{2.3 \times \log_{10}(R/r_0)} = \frac{\pi \times 1 \times 10^2 \times 10^{-2} \times (1.39^2 - 0^2)}{2.3 \times \log_{10}(129/2.85)} = 1.593\text{m}^3/\text{s}$ <p>※10 SA用海水ピット取水塔の必要取水量： <math>2,680\text{m}^3/h = 0.75\text{m}^3/\text{s}</math></p>		<p>・対象施設の相違</p> <p>【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。</p>

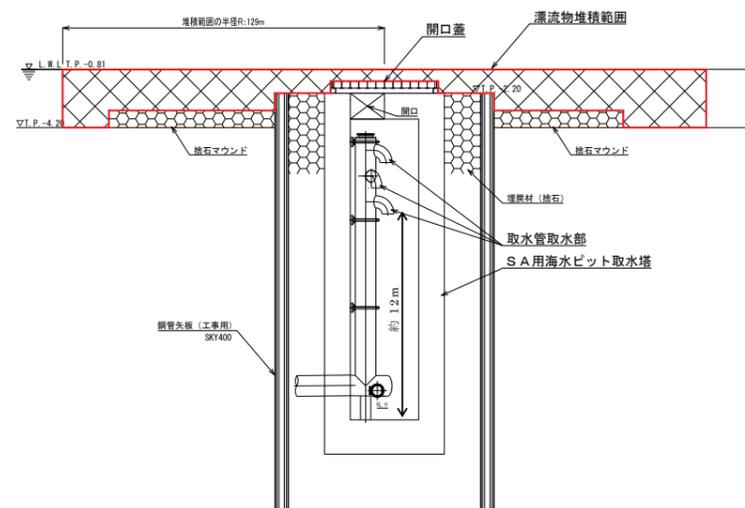
・対象施設の相違  
**【東海第二】**  
 島根2号炉は荷揚場の漂流化について記載している。



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

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
	<p>(6) <u>津波による防波堤損壊の影響評価のまとめ</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <p><u>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。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>取水口において、堆積したマウンド被覆材の通水量約 14m<sup>3</sup>/s が、非常用ポンプ7台の必要取水量 1.2m<sup>3</sup>/s を上回るため、取水口の取水機能を満足する。</u></li> <li>・<u>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 517m<sup>3</sup>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 220m<sup>3</sup>を確保しており、引き波時の取水機能を満足する。</u></li> <li>・<u>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 1.5m<sup>3</sup>/s が、SA用海水ピット取水塔の必要取水量 0.75m<sup>3</sup>/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。</u></li> </ul>	<p>5. <u>地震後の荷揚場の津波による影響評価のまとめ</u></p> <p><u>以上のことから、荷揚場は基準地震動 S s 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。</u></p>	<p>・対象施設の相違</p> <p><b>【東海第二】</b> 島根2号炉は荷揚場の漂流化について記載している。</p> <p>・資料構成の相違</p> <p><b>【東海第二】</b> 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。</p>

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
		<p style="text-align: right;">添付資料 39</p> <p style="text-align: center;"><u>防波壁通路防波扉及び1号放水連絡通路防波扉の設計及び運用対応について</u></p> <p>1. 防波壁通路防波扉, 1号放水連絡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及び1号放水連絡通路防波扉(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。</p> <p>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。</p> <p>また, 開閉状態の確認のため, 防波扉に対して以下により「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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 扉設置場所及び中央制御室に警報ブザーを設置する。</li> </ul> <p>2. 防波扉の運用管理について</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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一時的に開放することとする。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</li> </ul>	<p>・ 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</p>

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
		<p>件に、連続開放を許容する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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）。</li> <li>・防波壁通路防波扉については、外側に人員が入り出る昇降設備（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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>3. 防波扉の開放作業について</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>	

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
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・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 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</li> <li>・その他 : 発電所長が認めたもの</li> </ul>	