

## 入力津波に用いる潮位条件について

## 1. はじめに

入力津波による水位変動に用いる潮位条件には、図1に示す地点における潮位観測記録より求めた朔望平均潮位を使用している。朔望平均満潮位は、2015年1月から2019年12月の潮位観測記録に基づき設定し、朔望平均干潮位は、1995年9月から1996年8月の潮位観測記録に基づき設定している。ここでは、観測記録の抽出期間及び観測地点の妥当性を確認するため、潮位観測地点「輪谷湾」における約24カ年の潮位観測記録及び最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約23km地点）における5カ年の潮位観測記録について分析を行った。

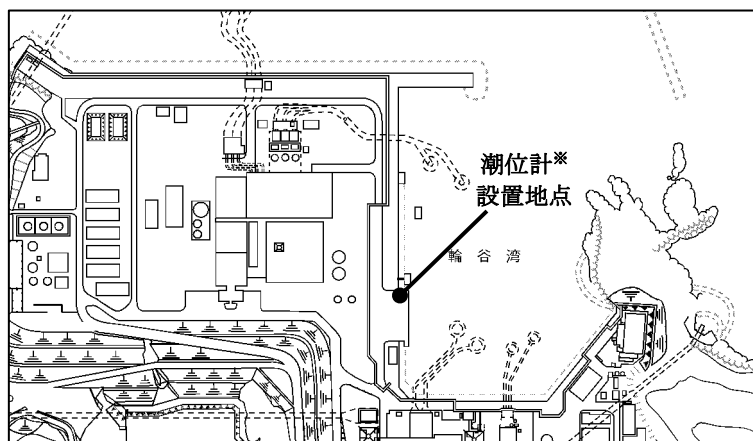
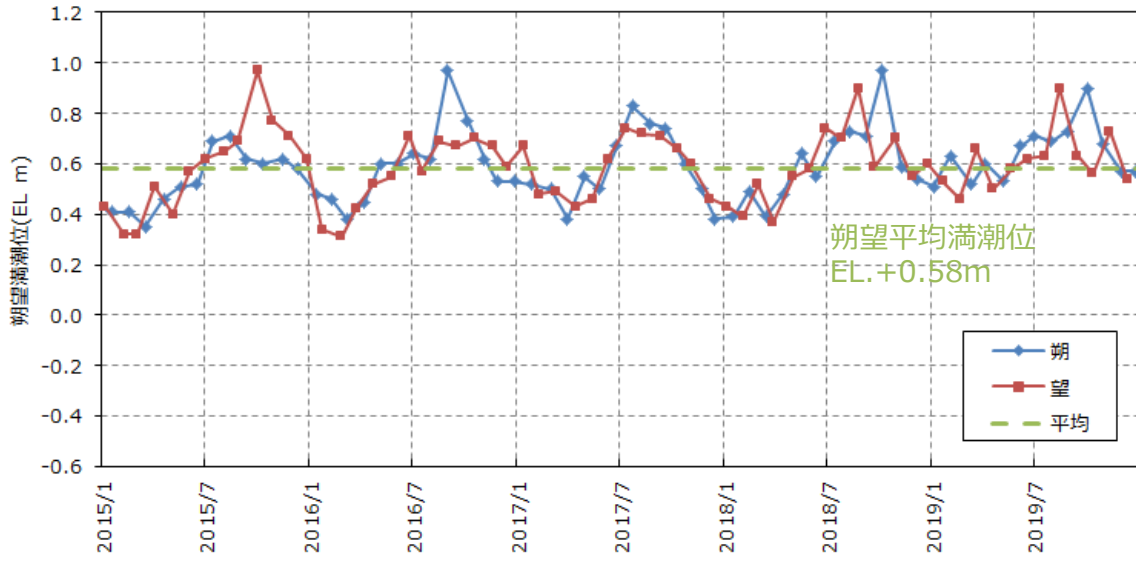
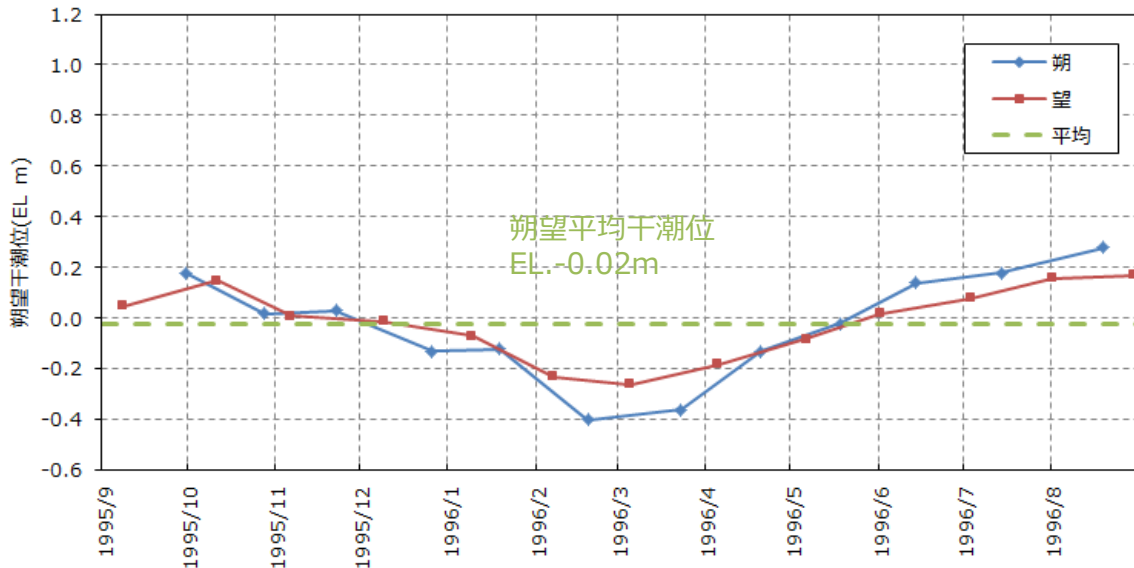


図1 潮位観測地点「輪谷湾」の潮位計\*設置地点  
(※敷地における津波監視機能を有する設備には該当しない、自主設備)



朔望満潮位 (期間 : 2015 年 1 月から 2019 年 12 月)



朔望干潮位 (期間 : 1995 年 9 月から 1996 年 8 月)

図 2 入力津波による水位変動に用いる潮位

## 2. 観測記録の抽出期間の影響について

入力津波による水位変動に用いる潮位観測記録に対して、1995年9月から2019年12月までの約24カ年の潮位観測記録のデータ分析を行った。分析結果を表1に示す。

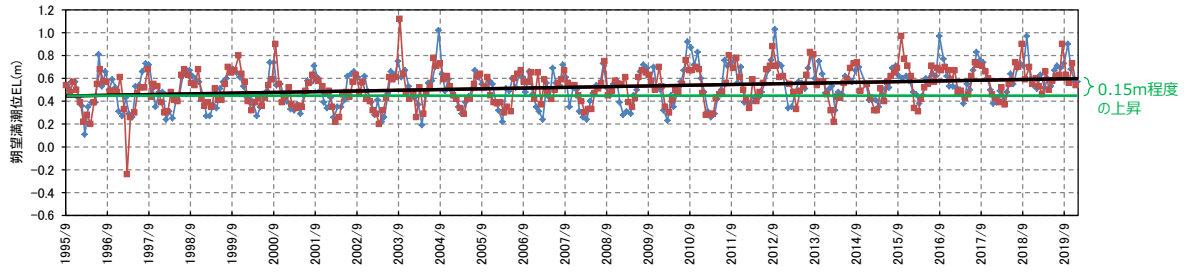
朔望平均満潮位及び潮位のばらつきは、当初「発電所構内（輪谷湾）」における1カ年（1995.9～1996.8）の潮位観測記録に基づき設定していたが、図3に示す約24カ年の潮位観測記録のとおり、潮位は近年緩やかな上昇傾向（0.15m程度）が認められることから、近年5カ年（2015.1～2019.12）の潮位観測記録に基づき、朔望平均満潮位をE L. +0.58m、満潮位のばらつきを0.14mと設定する。

朔望平均干潮位及び潮位のばらつきは、図3に示す「発電所構内（輪谷湾）」における約24カ年の潮位観測記録のとおり、潮位は近年緩やかな上昇傾向（0.15m程度）が認められるため、朔望平均満潮位と同様に近年5カ年（2015.1～2019.12）の潮位観測記録に基づき設定していたが、保守的な評価となるよう朔望平均干潮位が最低となる1995年9月から1996年8月までの1カ年の潮位観測記録に基づき、当初のとおり朔望平均干潮位をE L. -0.02m、干潮位のばらつきを0.17mと設定する。

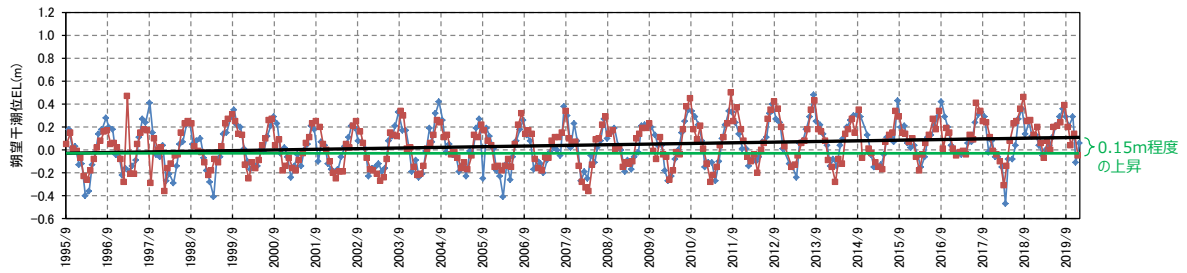
潮位観測記録を1995年9月から1996年8月の1カ年として朔望平均干潮位を設定することの妥当性を確認するため、潮位観測記録について分析を行った。図4に「発電所構内（輪谷湾）」における24カ年の朔望平均干潮位の年平均を示す。この図より、24カ年の朔望平均干潮位の最低水位は、1995年9月から1996年8月の1カ年における値のE L. -0.02mである。また、2002年1月から2002年12月の1カ年及び2006年1月から2006年12月の1カ年においても、同様にE L. -0.02mである。以上のことから、保守的な評価となるよう、既許可と同様に1995年9月から1996年8月までの1カ年の潮位観測記録に基づき、朔望平均干潮位をE L. -0.02mと設定した。

表1 朔望平均潮位に関する分析結果

	朔望満潮位 (m)			朔望干潮位 (m)		
	5カ年	1カ年	約24カ年	5カ年	1カ年	約24カ年
平均値	EL. +0.58	EL. +0.46	EL. +0.52	EL. +0.09	EL. -0.02	EL. +0.04
標準偏差	0.14	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18



朔望満潮位



朔望干潮位

図3 約24ヵ年(1995年9月~2019年12月)の潮位変化

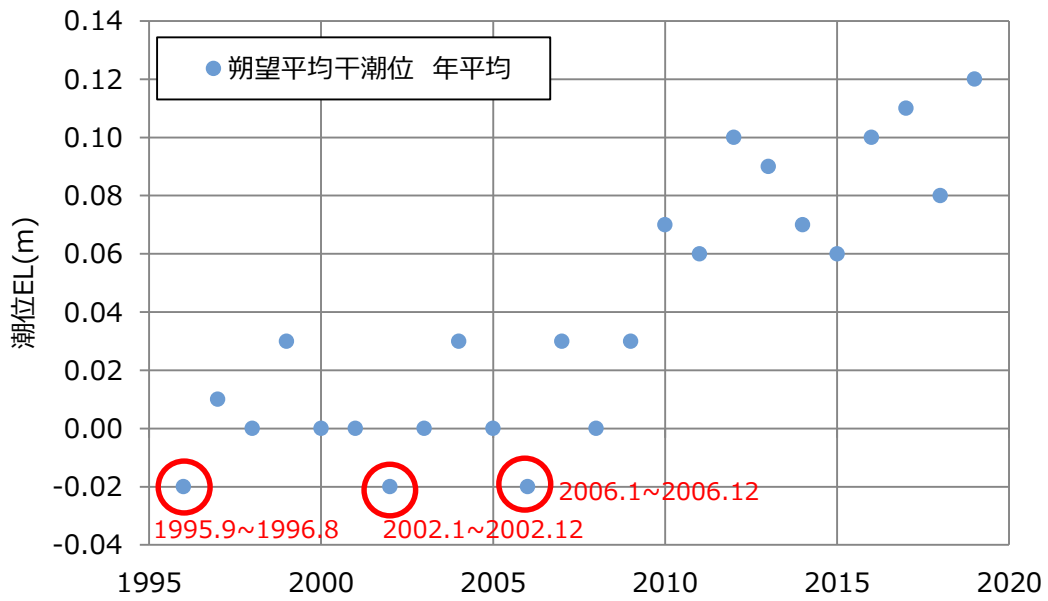


図4 約24ヵ年の朔望干潮位の年平均



### 3. 島根原子力発電所潮位観測記録と気象庁観測記録との比較について

島根原子力発電所の潮位観測に用いている潮位観測地点「輪谷湾」と最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約23km地点）の潮位観測記録を比較した。

潮位観測地点「境」の位置を図5に示す。

潮位観測地点「輪谷湾」と「境」の記録を比較するため、両地点の潮位月報から、朔望平均満潮位・干潮位の値を整理した。潮位観測地点「輪谷湾」と「境」の2015年1月から2019年12月までの5カ年の朔望満干潮位の推移を図6に、朔望平均満潮位・干潮位を表2に示す。

検討結果から、潮位観測地点「輪谷湾」と「境」の波形には大きな差がなく、潮位観測地点「輪谷湾」と「境」の朔望満潮位及び朔望干潮位の差は朔望平均満潮位で5cm程度、朔望平均干潮位で4cm程度であり、大きな差がないことを確認した。

気象庁によって潮位観測地点「境」検潮所の観測基準面標高が、1997年以降に4.4cm見直されている（「輪谷湾」の観測開始は1995年9月以降であるため、期間の近い1997年以降を参照した。）。この観測基準面の標高の見直しは、国土地理院による「2000年度平均成果」等の反映によるものであり、その見直し分4.4cmは、「輪谷湾」と「境」の朔望平均の標準偏差に比較し小さく、また、朔望平均の差とほぼ同程度（「輪谷湾」と「境」の差が小さくなる傾向）である。境検潮所における基準面の履歴を表3に示す。

なお、島根原子力発電所で観測している「輪谷湾」の潮位は、発電所の運用管理上、敷地・施設に対する相対的な関係の確認を目的としたものであり、地殻変動による沈降は、運用管理上問題となる不等沈下を伴うものではないことから、境検潮所のような見直しは行っていない。

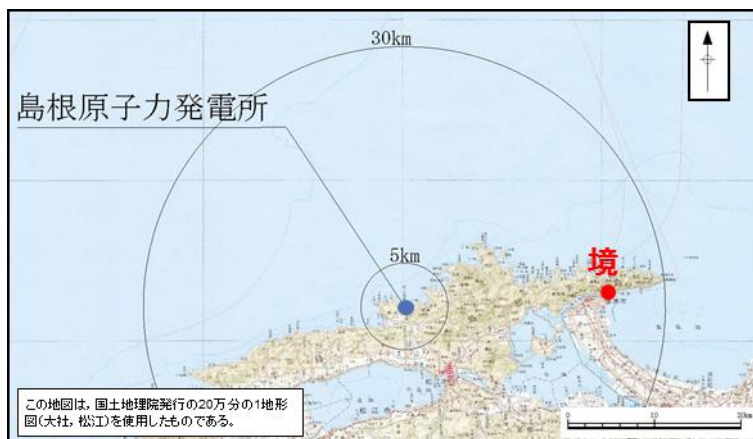
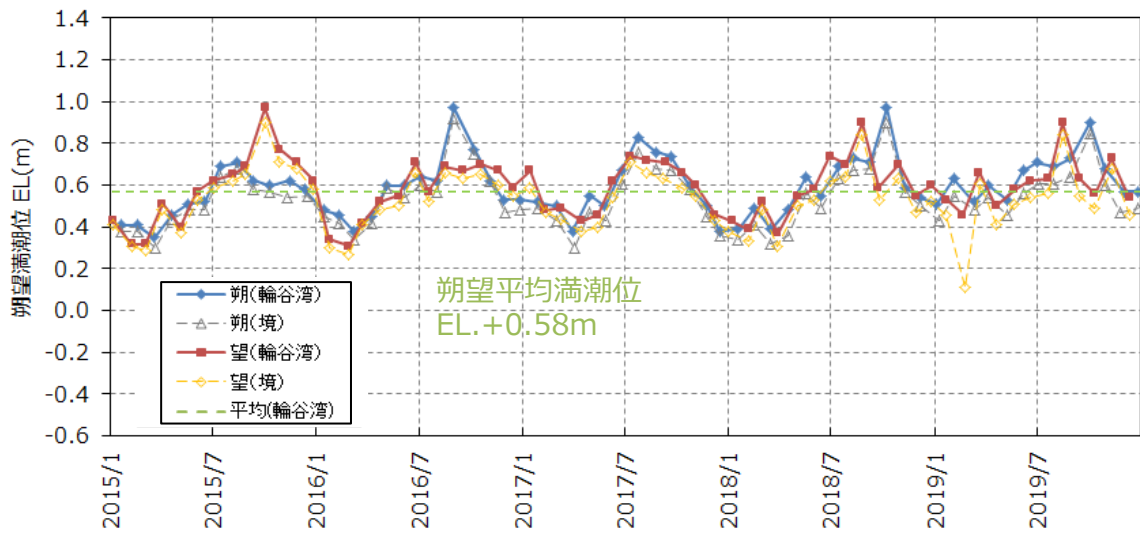
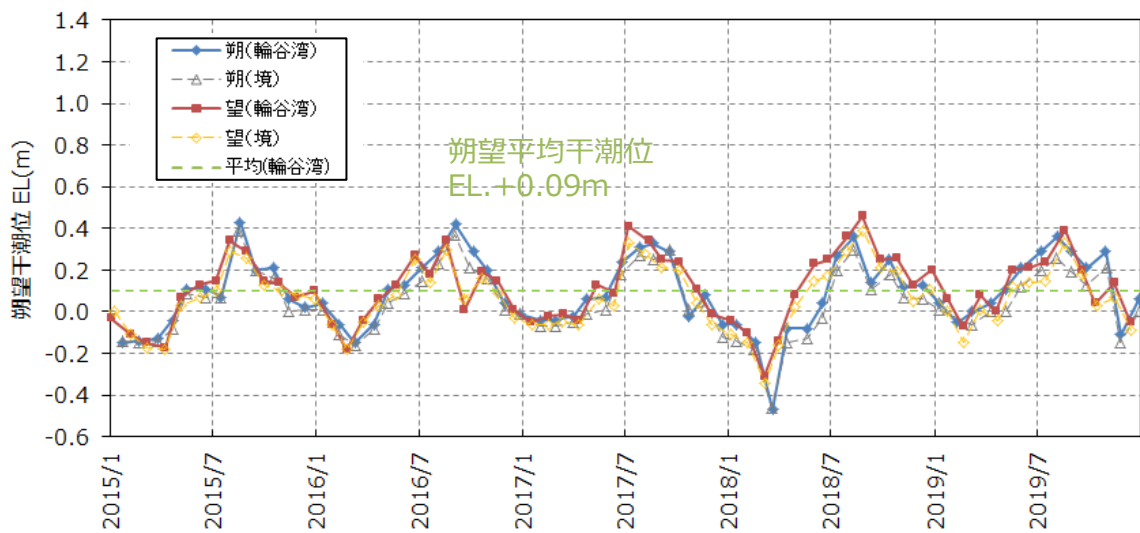


図5 潮位観測地点「境」の位置



朔望満潮位



朔望干潮位

図6 5ヵ年(2015年1月~2019年12月)の潮位比較

表2 朔望平均の比較

	地点	期間	平均値 (m)	標準偏差 (m)
朔望満潮位	輪谷湾	5ヵ年(2015.1~2019.12)	EL. +0.58	0.14
	境	5ヵ年(2015.1~2019.12)	EL. +0.53	0.14
朔望干潮位	輪谷湾	5ヵ年(2015.1~2019.12)	EL. +0.09	0.17
	境	5ヵ年(2015.1~2019.12)	EL. +0.05	0.15

表3 境検潮所における基準面の履歴（気象庁※）

期間	球分体の高さ（センチ）		観測基準面の標高（センチ）	備考
	観測基準面（DL）上	標高上		
1978.05.01-	329.9	214.2	-115.7	検潮所移設
1983-	329.9	210.7	-119.2	
1987-	329.9	212.0	-117.9	
1988-	329.9	212.3	-117.6	
1990-	329.9	209.2	-120.7	
1997-	329.9	209.9	-120.0	
2003-	329.9	214.0	-115.9	基本水準点成果の2000年度平均成果への改定
2004-	329.9	215.0	-114.9	
2008-	329.9	214.9	-115.0	
2012-	329.9	215.2	-114.7	
2015-	329.9	215.8	-114.1	
2016-	329.9	214.3	-115.6	

※気象庁ホームページで公開されている境検潮所の「基準面の履歴」に一部修正

#### 4. 日本沿岸の海面水位の長期変化傾向について

検潮記録に緩やかな上昇傾向が認められるため、その要因を分析するため文献調査を行った。

日本沿岸の海面水位の長期傾向について、気象庁（2020a）<sup>(1)</sup>は、図7を示し、以下の点をまとめている。

- ・気象庁（2020a）は「IPCC（2019）<sup>(2)</sup>の報告より、日本沿岸の海面水位は1906～2010年の期間では上昇傾向は見られないが、2006～2015年の期間では1年あたり4.1mmの割合で上昇していることを確認した」としている。
- ・気象庁（2020a）は「日本沿岸の海面水位は、地球温暖化のほか地盤変動や海洋の十年規模の変動など様々な要因で変動しているため、地球温暖化の影響がどの程度現れているのかは明らかではない」としている。

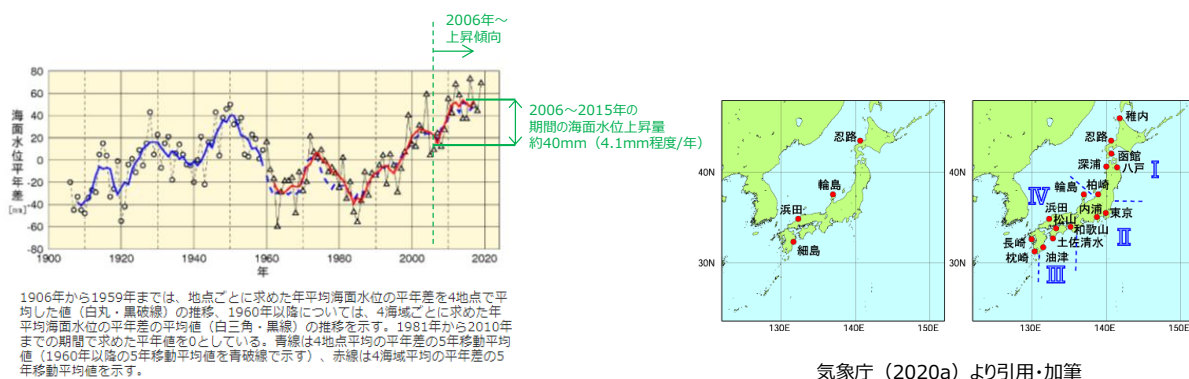


図7 日本沿岸の海面水位変化（1906～2019年）

上記より、日本沿岸の海面水位は、2006年以降、緩やかな上昇傾向があると考えられる（2006～2015年、4.1mm程度/年）。日本沿岸の海面水位は、地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模など様々な要因で変動しており、地球温暖化の影響の程度は明らかではない。各影響の要因（地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模）について考察する。

##### （1）地盤変動の影響について

日本沿岸の海面水位の長期傾向に関して、気象庁（2020b）<sup>(3)</sup>は、地盤変動の影響を考慮した、より正確な海面水位変動を見積もるため、2003年から全国13地点の検潮所に国土地理院が設置したGPS観測装置を用いて地盤変動の監視を行なっている。その結果として下に示す海面水位偏差の時系列グラフを公開している。発電所最寄りの観測地点「浜田」においては、図8のとおり。

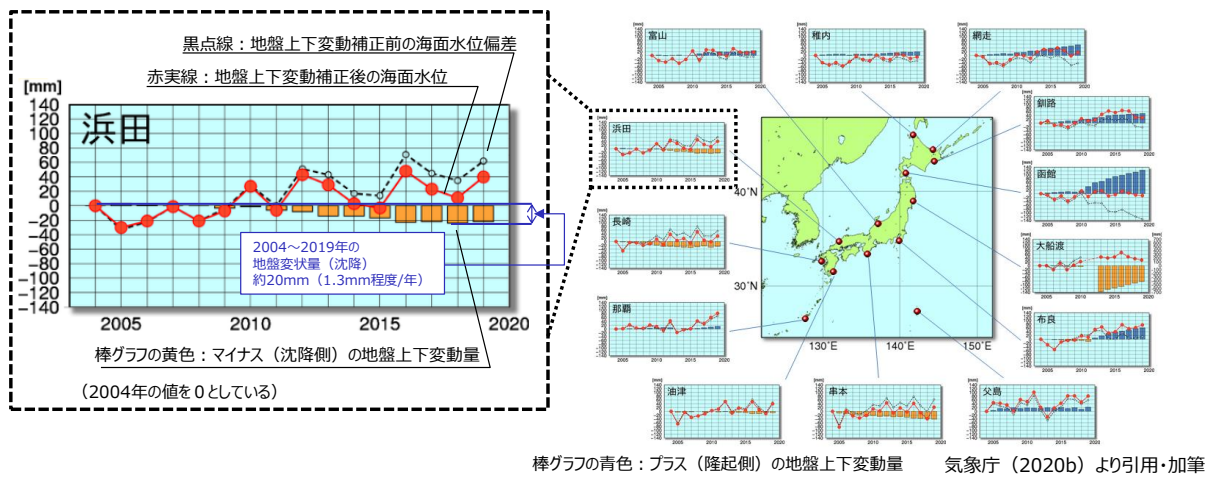


図8 GPS併設検潮所の海面水位偏差の時系列グラフ（2004～2019年）

GPS観測装置を用いた地盤変動の監視により，発電所最寄りの観測地点「浜田」における地盤変動は，2004年以降，沈降傾向が認められる。（2004～2019年で20mm程度沈降，1.3mm程度/年）。発電所最寄りの観測地点「浜田」において，地盤変動の沈降が認められることから，海面水位の上昇要因として，地盤変動の影響が考えられる。

(2) 海洋の十年規模の変動の影響について

日本沿岸海面水位の20年周期の変動について，気象庁（2020c）<sup>(4)</sup>は，主に北太平洋の冬季偏西風の強度変動が原因であることが明らかとなったとし，以下の点をまとめている。

- ・気象庁（2020c）は，「日本沿岸海面水位変動と，偏西風帯の風応力東西成分を比較すると，どちらも20年周期の変動が卓越しており，偏西風が強い年の約4年後は日本沿岸海面水位が高いことがわかる」としている。
- ・気象庁（2020c）では，「1980年代以降の冬季偏西風の変化による日本沿岸海面水位上昇率（年あたり1.0mm）は，1980年代半ば以降の実際の海面水位上昇より小さく，残りの上昇は地球温暖化に伴う世界平均海面水位上昇が寄与している」としている。

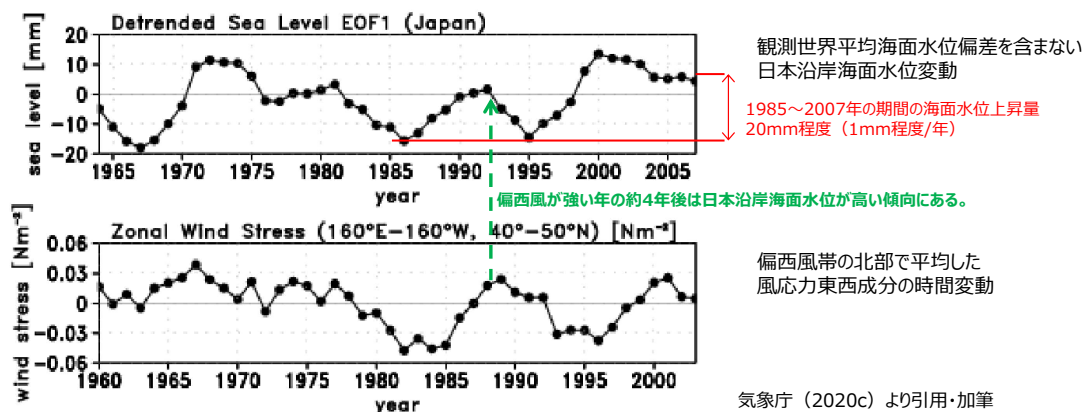


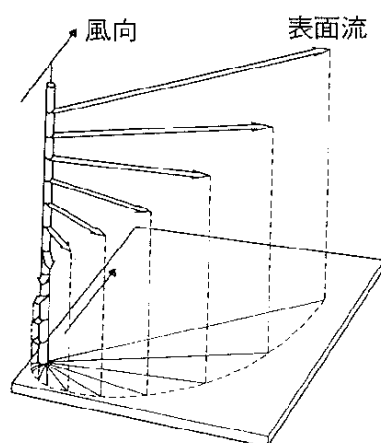
図9 北太平洋の冬季偏西風の強度変動

日本沿岸海面水位変動と偏西風帯の強度変動の比較から偏西風の影響により，日本沿岸の海面水位は，1985年以降，上昇傾向が認められる（1985～2007年で20mm程度上昇，1mm程度/年）。日本沿岸の海面水位の上昇要因として，偏西風の強度変動の影響が考えられる。

日本沿岸の海面水位における偏西風の影響について，気象庁（2020c）は，以下のように解説を行っている。

- ・気象庁（2020c）は「北半球では，偏西風下の海洋表面で南向きの流れ（エクマン流）が生じる。エクマン流の強さは海上風の強さに比例する。このため，偏西風の南側の海洋表面では海水が収束し，海面を押し上げる」としている。
- ・気象庁（2020c）は「このように上昇した海面水位偏差は，地球自転の影響を受けて西向きに伝播し，4～5年かけて日本沿岸に到達して海面水位を上昇させる」としている。

風によって引き起こされる海洋中のエクマン流のイメージ図を図10に示す。



小倉（1999）<sup>(5)</sup>より引用

図10 風によって引き起こされる海洋中のエクマン境界層内の流れの立体的説明図

### （3）世界の海面水位における地球温暖化の影響について

海面水位における世界規模の地球温暖化の影響について，気象庁（2020d）<sup>(6)</sup>は，2013年までの衛星海面高度計による測定データを解析し，以下の傾向が認められることをまとめている。

- ・気象庁（2020d）は「気象庁で2013年までの衛星海面高度計による測定データを解析した結果，世界の平均海面水位の上昇率は2.99mm/年である」としている。
- ・気象庁（2020d）は「海面水位の変化率は海域によって異なり，西太平洋では低緯度を中心に大きく上昇している」としている。



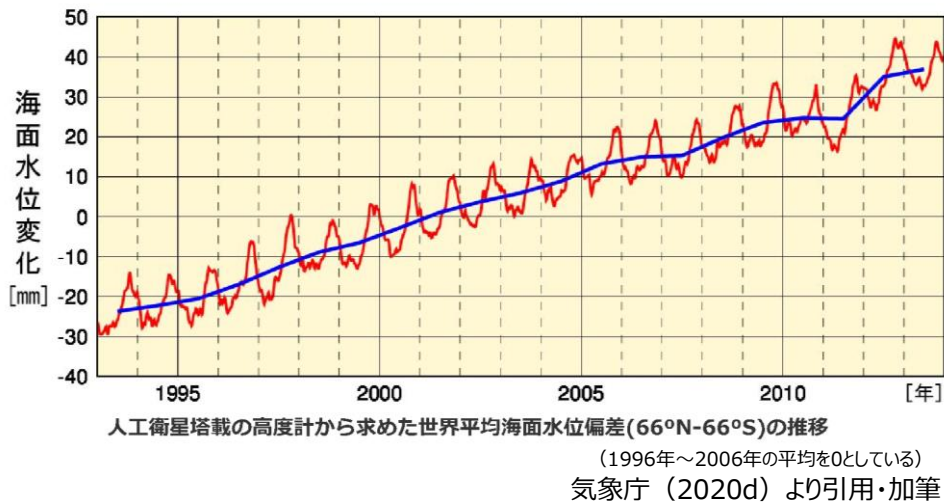
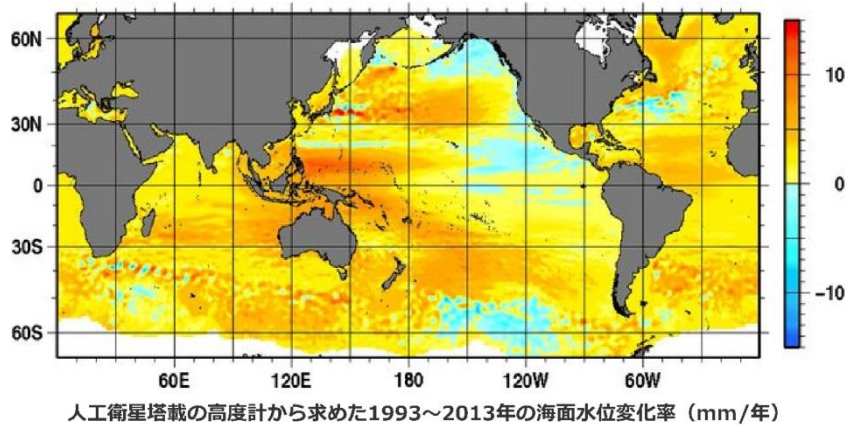


図11 人工衛星搭載の高度計から求めた世界平均海面水位偏差(北緯66度-南緯66度)の推移



気象庁 (2020d) より引用

図12 人工衛星搭載の高度計から求めた1993～2010年の海面水位変化率 (mm/年)

世界の平均海面水位は、2013年以降、上昇している(1993～2010年、2.99mm程度/年)。また、日本沿岸の海面水位についても、上昇傾向が認められる。

世界規模の海面水位の上昇に対する要因とそれぞれの寄与について、気象庁(2020e)<sup>(7)</sup>は、地球温暖化の影響を評価している、IPCC(2019)を引用し、以下のとおり確認した。

- ・気象庁は(2020e)は「海面水位上昇に大きな影響を与える要因としては、海洋の熱膨張、氷河の変化、グリーンランドの氷床と周囲の氷河の変化、南極の氷床と周囲の氷河の変化及び陸域の貯水量の変化が挙げられている」としている。
- ・気象庁は(2020e)は「観測された海面水位の上昇に対する寄与は、表のように見積もられている。」としている。

表4 世界平均海面水位の上昇率

上昇率 (mm/年)	
要因	2006年～2015年
海洋の熱膨張	1.40 [1.08～1.72]
氷河の変化(グリーンランドと南極の氷河を除く)	0.61 [0.53～0.69]
グリーンランドの氷床と周囲の氷河の変化	0.77 [0.72～0.82]
南極の氷床と周囲の氷河の変化	0.43 [0.34～0.52]
陸域の貯水量の変化	-0.21 [-0.36～0.06]
合計	3.00 [2.62～3.38]
観測	3.58 [3.10～4.06]

地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張、および氷河の融解により、海面水位が上昇している。(3mm程度/年, 2006～2015年)

気象庁 (2020e) より引用・加筆

地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張や氷河の融解により、世界の海面水位は、2006年以降、上昇傾向が認められる(2006～2015年, 3mm程度/年)。日本沿岸の海面水位の上昇要因として、地球温暖化の影響が考えられる。

#### (4) 日本沿岸の海面水位の長期変化傾向に関するまとめ

検潮記録に緩やかな上昇傾向が認められるため、地球温暖化を含めた要因について文献調査を行った。当社の考察結果を以下に示す。

- ・日本沿岸の海面水位は、2006年以降、緩やかな上昇傾向があると考えられる(2006～2015年, 4.1mm程度/年)。日本沿岸の海面水位は、地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模など様々な要因で変動しており、地球温暖化の影響の程度は明らかではない。
- ・GPS観測装置を用いた地盤変動の監視により、発電所最寄りの観測地点「浜田」における地盤変動は、2004年以降、沈降傾向が認められる(2004～2019年で20mm程度沈降, 1.3mm程度/年)。発電所最寄りの観測地点「浜田」において、地盤変動の沈降が認められることから、海面水位の上昇要因として、地盤変動の影響が考えられる。
- ・日本沿岸海面水位変動と偏西風帯の強度変動の比較から偏西風の影響により、日本沿岸の海面水位は、1985年以降、上昇傾向が認められる(1985～2007年で20mm程度上昇, 1mm程度/年)。日本沿岸の海面水位の上昇要因として、偏西風の強度変動の影響が考えられる。
- ・地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張や氷河の融解により、世界の海面水位は、2006年以降、上昇傾向が認められる(2006～2015年, 3mm程度/年)。日本沿岸の海面水位の上昇要因として、地球温暖化の影響が考えられる。

文献調査の結果、日本沿岸の海面水位の上昇傾向の要因として、地盤変動、偏西風、地球温暖化の影響が一定程度、認められるとされている。

上記要因のうち地球温暖化に関しては、気象庁により地球温暖化の影響の程度は明らかにはされていないことを踏まえ、その影響の程度は現在のところ明確になっていないと考える。



- (1) 気象庁地球環境・海洋部（2020a）：日本沿岸の海面水位の長期変化傾向,  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a\\_1/sl\\_trend/sl\\_trend.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html)
- (2) IPCC,（2019）：Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, H.-O. Portner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.), .In press.
- (3) 気象庁（2020b）：地盤上下変動を補正した日本周辺の2004年以降の海面水位変化,  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/sl\\_gcntrend/sl\\_gcntrend.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/sl_gcntrend/sl_gcntrend.html)
- (4) 気象庁（2020c）：日本の海面水位の変動要因（偏西風との関係）,  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a\\_1/sl\\_trend/sl\\_ref/sl\\_model.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_ref/sl_model.html)
- (5) 小倉義光（1999）：一般気象学【第2版】，P. 150
- (6) 気象庁（2020d）：海面水位,  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/sl\\_trend/sl\\_stat.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/sl_trend/sl_stat.html)
- (7) 気象庁（2020e）：海面水位の変動要因,  
[https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/sl\\_trend/sl\\_content.html](https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/sl_trend/sl_content.html)

## 5. 高潮発生状況について

潮汐以外の要因による潮位変動について、潮位観測記録に基づき、観測期間等に留意の上、高潮発生状況（程度、台風等の高潮要因）について把握する。また、高潮の発生履歴を考慮して、高潮の可能性とその程度（ハザード）について検討し、津波ハザード評価結果を踏まえた上で、独立事象としての津波と高潮による重畳頻度を検討した上で、考慮の要否、津波と高潮の重畳を考慮する場合の高潮の再現期間を設定する。

また、島根原子力発電所の潮位観測に用いている潮位観測地点「輪谷湾」と、最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約 23km 地点）の潮位観測データを比較し、妥当性を確認した。

さらに上記、再現期間を検討した期間（輪谷湾：1995年～2009年、境：1967年～2012年）以降の近年の潮位観測記録（2019年まで）についても確認し、既往の最高潮位との比較を行った。

### （1）高潮の評価

観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における約 15 年（1995 年～2009 年）の年最高潮位を表 5 に示す。また、表から算定した観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における最高潮位の超過発生確率を図 13 に示す。これより、再現期間と期待値は次のとおりとなる。

2 年	EL. +0.77m
5 年	EL. +0.91m
10 年	EL. +1.01m
20 年	EL. +1.12m
50 年	EL. +1.25m
100 年	EL. +1.36m

表5 観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における年最高潮位

年	最高潮位 発生日	年最高潮位 (EL. m)	(参考) 年最高潮位上位10位
1995	9月3日	+0.72	9
1996	6月18日	+0.81	5
1997	8月10日	+0.79	7
1999	10月29日	+0.80	6
2000	9月17日	+0.90	4
2001	8月22日	+0.71	
2002	9月1日	+0.97	3
2003	9月13日	+1.12	1
2004	8月19日	+1.02	2
2005	7月4日	+0.67	
2006	8月12日	+0.67	
2007	8月14日	+0.72	9
2008	8月15日	+0.75	8
2009	12月6日	+0.70	

※1998年はデータが1月～3月までしか計測されていないため考慮しない。

(参考) 年最高潮位上位10位と発生要因

順位	発生年月日	高潮潮位 (EL. m)	発生要因
1	2003年9月13日	+1.12	台風14号
2	2004年8月19日	+1.02	台風15号
3	2002年9月1日	+0.97	台風15号
4	2000年9月17日	+0.90	
5	1996年6月18日	+0.81	
6	1999年10月29日	+0.80	
7	1997年8月10日	+0.79	
8	2008年8月15日	+0.75	
9	1995年9月3日	+0.72	
9	2007年8月14日	+0.72	

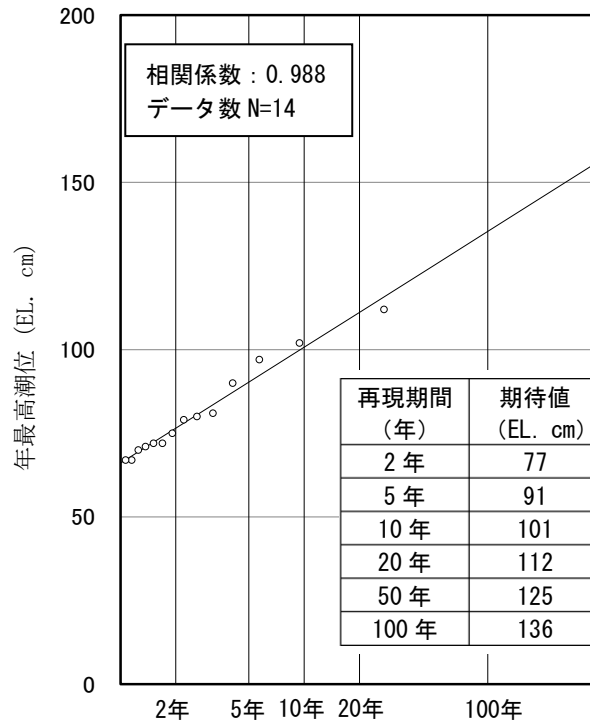


図 13 発電所構内（輪谷湾）における最高潮位の超過発生確率

(2) 高潮の考慮

基準津波による水位の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性が極めて低いと考えられるものの、高潮ハザードについては、プラントの運転期間を超える再現期間 100 年に対する期待値 (E L. +1.36m) と、入力津波で考慮する朔望平均満潮位 (E L. +0.58m) 及び潮位のばらつき (0.14m) の合計の差である 0.64m を外郭防護の裕度評価において参照する。(図 14)

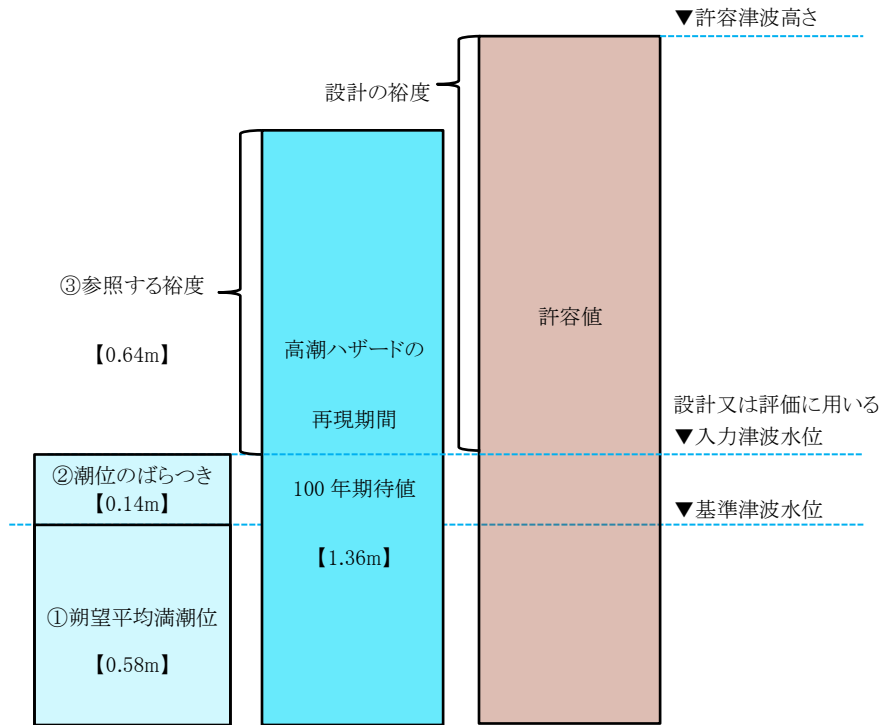


図 14 高潮の考慮のイメージ

### (3) 高潮の評価 (最寄地点)

発電所敷地の最寄りの気象庁潮位観測地点「境」(敷地から東約 23km 地点)における約 45 年 (1967 年～2012 年) の年最高潮位を表 6 に示す。また、表から算定した気象庁潮位観測地点「境」における最高潮位の超過発生確率を図 15 に示す。これより、再現期間と期待値は次のとおりとなる。

2 年	EL. +0.73m
5 年	EL. +0.84m
10 年	EL. +0.90m
20 年	EL. +0.95m
50 年	EL. +1.01m
100 年	EL. +1.06m

気象庁潮位観測地点「境」における、再現期間 100 年に対する期待値は EL. + 1.06m であり、「発電所構内 (輪谷湾)」における期待値と比べて、小さい値であることを確認した。

表6 (1) 気象庁潮位観測地点「境」における年最高潮位

年	最高潮位 発生月日	年最高潮位 (EL. m)	(参考) 年最高潮位上位 10 位
1967	7月3日	+0.67	
1969	8月24日	+0.76	
1970	12月3日	+0.71	
1971	8月16日	+0.68	
1972	8月10日	+0.88	6
1973	8月18日	+0.72	
1974	7月7日	+0.59	
1975	8月23日	+0.70	
1976	10月29日	+0.63	
1977	7月2日	+0.57	
1978	8月3日	+0.64	
1979	8月18日	+0.81	10
1980	10月26日	+0.83	9
1981	9月4日	+0.81	10
1982	8月28日	+0.62	
1983	7月3日	+0.63	
1984	8月22日	+0.78	
1985	7月18日	+0.67	
1986	8月29日	+0.89	5
1987	8月31日	+0.80	
1988	11月13日	+0.53	
1989	11月1日	+0.61	
1990	8月23日	+0.70	
1991	7月30日	+0.88	6
1992	9月25日	+0.76	
1993	6月3日	+0.73	
1994	10月13日	+0.80	
1995	9月3日	+0.66	
1996	6月18日	+0.69	
1997	8月10日	+0.73	
1998	7月20日	+0.62	
1999	10月29日	+0.70	
2000	9月17日	+0.80	

表6 (2) 気象庁潮位観測地点「境」における年最高潮位

年	最高潮位 発生日	年最高潮位 (EL. m)	(参考) 年最高潮位上位 10 位
2001	8月22日	+0.65	
2002	9月1日	+0.90	4
2003	9月13日	+1.03	1
2004	8月20日	+0.97	3
2005	7月4日	+0.67	
2006	8月12日	+0.67	
2007	8月14日	+0.70	
2008	8月15日	+0.75	
2009	12月6日	+0.72	
2010	8月12日	+0.87	8
2011	7月4日	+0.75	
2012	9月18日	+1.00	2

(参考) 年最高潮位上位 10 位と発生要因

順位	発生年月日	高潮潮位 (EL. m)	発生要因
1	2003年9月13日	+1.03	台風14号
2	2012年9月18日	+1.00	台風16号
3	2004年8月20日	+0.97	台風15号
4	2002年9月1日	+0.90	台風15号
5	1986年8月29日	+0.89	台風13号
6	1972年8月10日	+0.88	
6	1991年7月30日	+0.88	台風19号
8	2010年8月12日	+0.87	台風4号
9	1980年10月26日	+0.83	
10	1979年8月18日	+0.81	
10	1981年9月4日	+0.81	

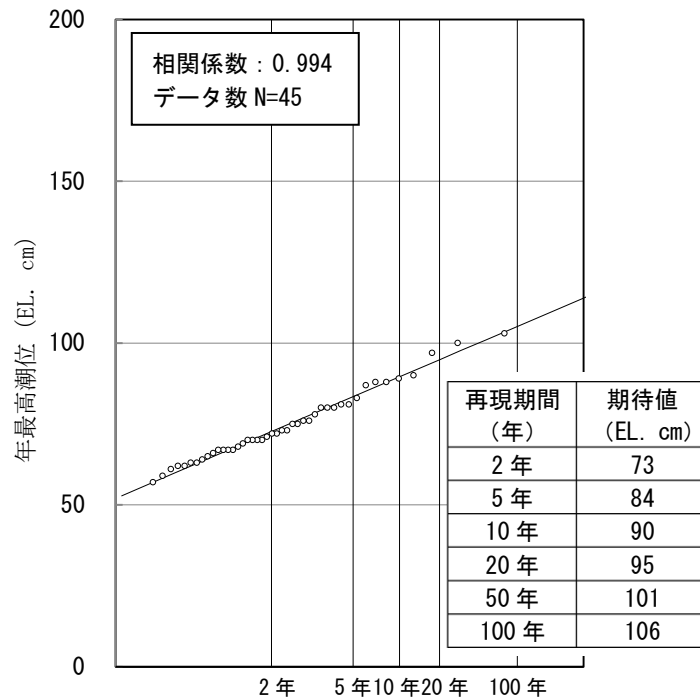


図 15 気象庁潮位観測地点「境」における最高潮位の超過発生確率

(4) 近年の潮位観測記録との比較

観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における再現期間を検討した期間（1995年～2009年）以降及び気象庁潮位観測地点「境」における再現期間を検討した期間（1967年～2012年）以降の近年の潮位観測記録の年最高潮位を表7，表8，図16，図17に示す。

これより，上記検討した期間の最高潮位を超える潮位はない。

表 7 観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における年最高潮位

年	最高潮位 発生月日	年最高潮位 (EL. m)
2010	8月12日	+0.96
2011	8月12日	+0.80
2012	9月18日	+1.07
2013	8月30日	+0.90
2014	9月9日	+0.74
2015	10月2日	+0.99
2016	8月31日	+0.98
2017	9月12日	+0.83
2018	10月6日	+0.98
2019	10月3日	+0.90
1995年～2009年 の最高潮位	2003年9月13日	+1.12



表8 気象庁潮位観測地点「境」における年最高潮位

年	最高潮位 発生日	年最高潮位 (EL. m)
2013	8月30日	+0.86
2014	8月11日	+0.70
2015	10月2日	+0.90
2016	8月31日	+0.92
2017	7月25日	+0.76
2018	10月7日	+0.90
2019	10月4日	+0.85
1967年～2012年 の最高潮位	2003年9月13日	+1.03

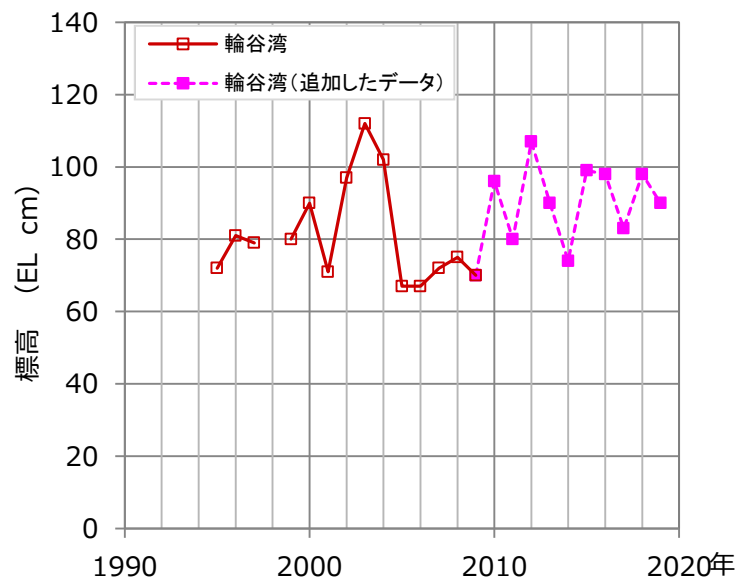


図16 観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における最高潮位変化

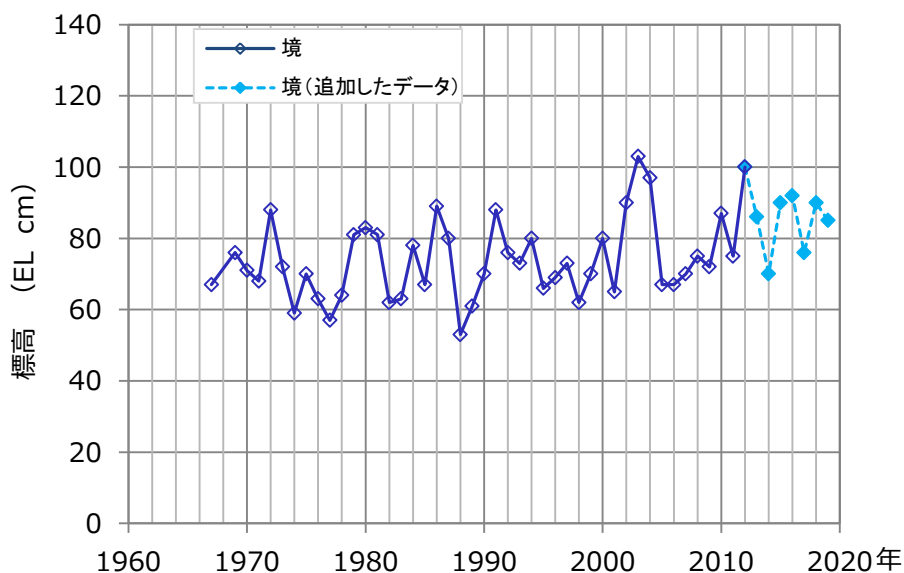


図 17 気象庁潮位観測地点「境」における最高潮位変化

(5) 近年の潮位観測記録による高潮評価について

高潮の評価について、近年のデータも含めたうえで、最高潮位の超過確率を算定するとともに、再現期間 100 年に対する期待値 (E L. +1.36m) を用いることにした妥当性について説明する。

近年のデータを含む 24 ヶ年 (1995 年～2019 年) を対象に、輪谷湾におけるプラントの運転期間を超える再現期間 100 年に対する期待値を算出した結果を図 18 に示す。この図より、100 年に対する期待値は E L. +1.23m であり、従来から用いている期待値より小さくなっている。

以上のことから、保守的な評価となるよう、従来から用いている 1995 年～2009 年を対象に算出した再現期間 100 年に対する期待値 (E L. +1.36m) を用いる。

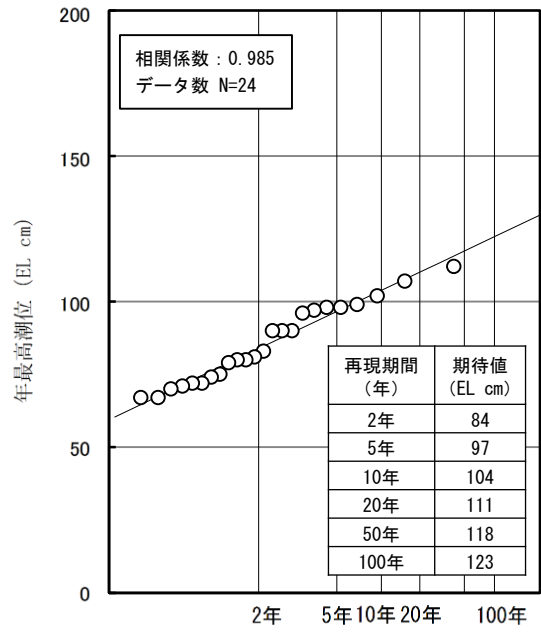


図 18 近年の観測記録による最高潮位の超過発生確率

### 入力津波に対する水位分布について

入力津波の決定ケースにおける津波水位の一覧を表 1 に、入力津波設定位置を図 1 に示す。また、日本海東縁部から想定される地震による津波の水位上昇側及び水位下降側のケースにおける水位分布を図 2 及び図 3 に、海域活断層から想定される地震による津波の水位上昇側及び水位下降側のケースにおける水位分布を図 4 及び図 5 に示す。

表1 (1) 入力津波高さ一覧 (日本海東縁部)

因子	設定位置	基準津波	地形変化 (防波堤)	潮位変動		地震による地殻変動	管路状態		設定位置における評価値 (EL. m)	(参考) 許容津波高さ (EL. m)
				朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)		貝付着	ポンプ状態		
遡上域最高水位	施設護岸又は防波壁	1	無し	EL.+0.58	EL.+0.14	無し	管路解析対象外		+11.9	+15.0
水路内最高水位	1号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+7.0 <sup>※1</sup>	+8.8
	2号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+10.6	+11.3
	3号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+7.8	+8.8
	3号炉取水路点検口	1	無し				無し	停止	+6.4	+9.5
	1号炉放水槽	1	有り				無し	停止	+4.8	+8.8
	1号炉冷却水排水槽	1	有り				無し	停止	+4.7	+8.5
	1号炉マンホール	1	有り				無し	停止	+4.8	+8.5
	1号炉放水接合槽	1	有り				無し	停止	+3.5	+9.0
	2号炉放水槽	1	有り				無し	停止	+7.9	+8.8
	2号炉放水接合槽	1	無し				無し	停止	+6.1	+8.0
	3号炉放水槽	5	無し				無し	停止	+7.3	+8.8
	3号炉放水接合槽	5	無し				無し	停止	+6.5	+8.5
取水口最低水位	2号炉取水口	6	無し				EL.-0.02	EL.-0.17	隆起0.34mを考慮	管路解析対象外
水路内最低水位	2号炉取水槽	6	無し	有り	運転	-8.4 [-8.31]				-8.3 [-8.32]
							無し	停止	-6.1 <sup>※2</sup>	

※1 流路縮小工を設置して評価している。

※2 2号炉取水槽における水路内最低水位は、循環水ポンプ運転状態のEL.-8.4m(EL.-8.31m)であるため、2.5.1「非常用海水冷却系の取水性」に示す循環水ポンプ停止運用を踏まえ、停止時を評価値とする。

表1 (2) 入力津波高さ一覧 (海域活断層)

因子	設定位置	基準津波	地形変化 (防波堤)	潮位変動		地震による地殻変動	管路状態		設定位置における評価値 (EL. m)	(参考) 許容津波高さ (EL. m)	
				朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)		貝付着	ポンプ状態			
遡上域最高水位	施設護岸又は防波壁	海域活断層上昇側最大ケース	有り	EL.+0.58	EL.+0.14	無し	管路解析対象外		+4.2	+15.0	
水路内最高水位	1号炉取水槽	4	有り				無し	停止	+2.7 <sup>*</sup>	+8.8	
	2号炉取水槽	4	無し				無し	停止	+4.9	+11.3	
	3号炉取水槽	4	有り				無し	停止	+3.7	+8.8	
	3号炉取水路点検口	4	有り				無し	停止	+2.7	+9.5	
	1号炉放水槽	4	無し				無し	停止	+2.1	+8.8	
	1号炉冷却水排水槽	4	無し				無し	停止	+1.9	+8.5	
	1号炉マンホール	4	無し				無し	停止	+1.8	+8.5	
	1号炉放水接合槽	4	無し				無し	停止	+1.9	+9.0	
	2号炉放水槽	4	無し				有り	有り	運転	+4.2	+8.8
	2号炉放水接合槽	4	有り				有り	有り	運転	+2.8	+8.0
	3号炉放水槽	4	有り				無し	停止	+3.3	+8.8	
	3号炉放水接合槽	4	有り				無し	停止	+3.5	+8.5	
取水口最低水位	2号炉取水口	4	無し				EL.-0.02	EL.-0.17	隆起0.34mを考慮	管路解析対象外	
水路内最低水位	2号炉取水槽	4	無し	無し	運転	-6.5				-8.3	

※ 流路縮小工を設置して評価している。

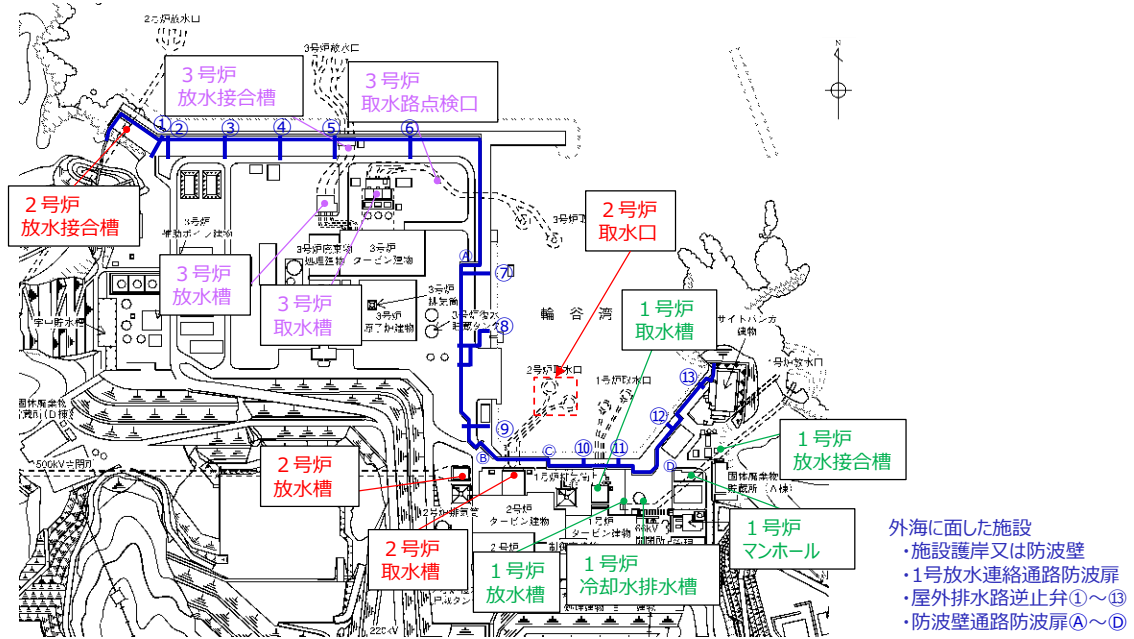


図1 入力津波設定位置

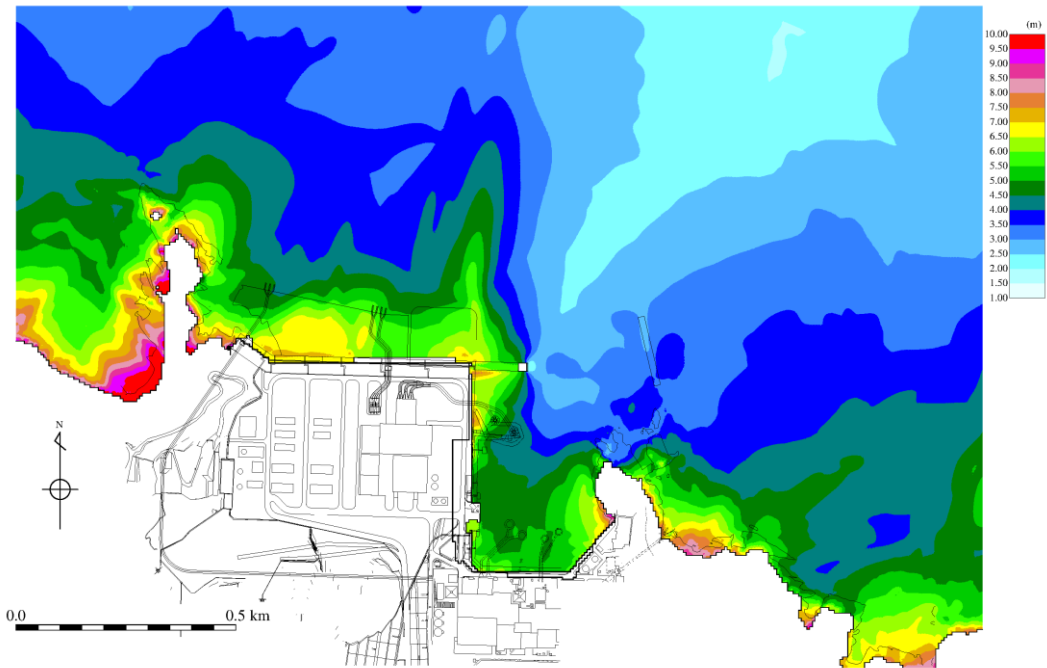


図2 (1) 入力津波1 (防波堤有り) 最高水位分布  
 (日本海東縁部 (鳥取県モデル; 防波堤有り))

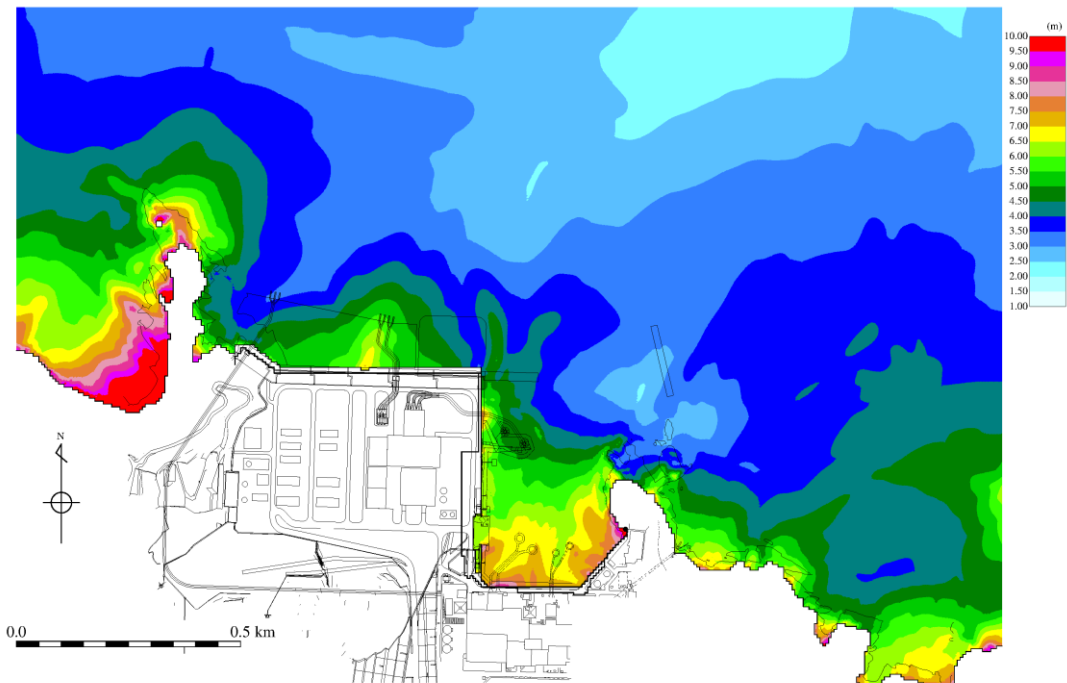


図2 (2) 入力津波1 (防波堤無し) 最高水位分布  
 (日本海東縁部 (鳥取県モデル; 防波堤無し))

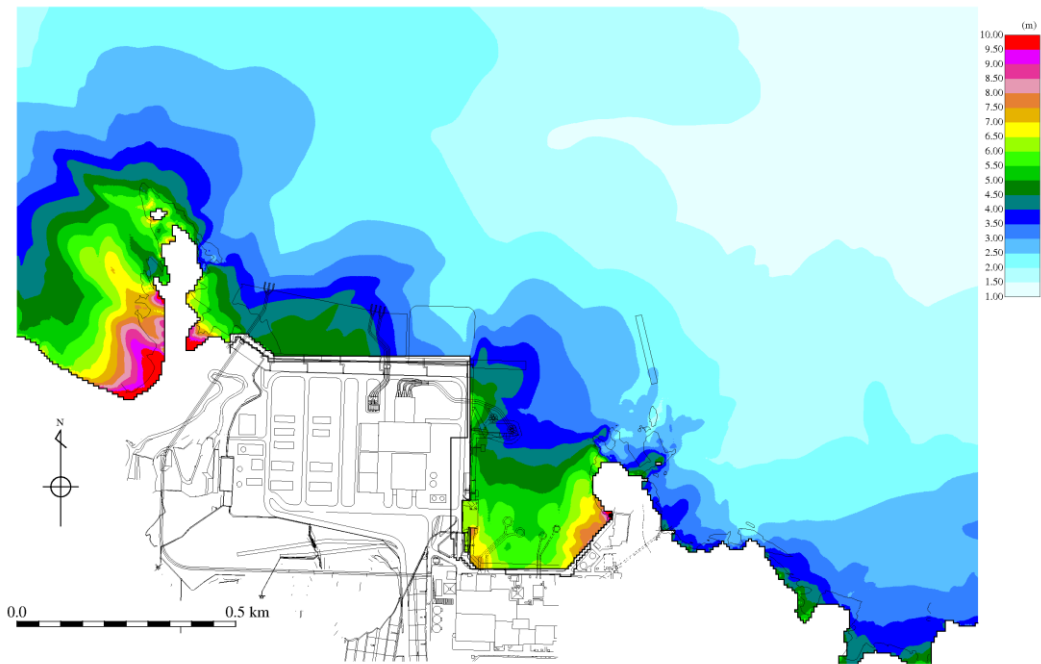


図2 (3) 入力津波5 (防波堤無し) 最高水位分布  
 (日本海東縁部 (2領域連動モデル; 防波堤無し))

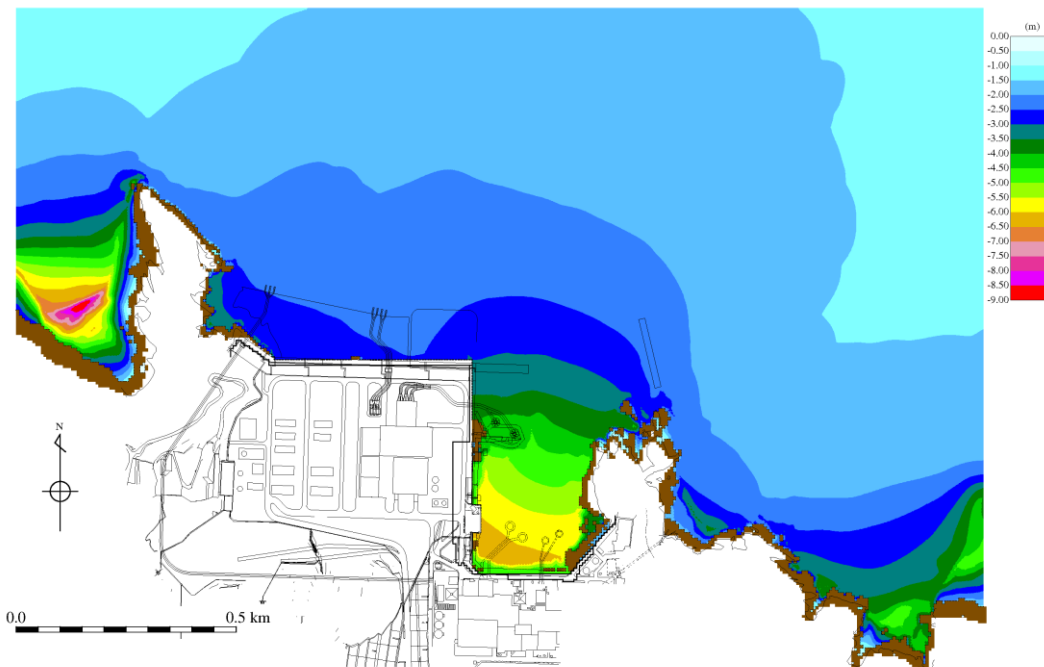


図3 入力津波6 (防波堤無し) 最低水位分布  
 (日本海東縁部 (2領域連動モデル; 防波堤無し))





図4 (1) 海域活断層上昇側最大ケース (防波堤有り) 最高水位分布  
(F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層から想定される地震による津波)



図4 (2) 入力津波4 (防波堤有り) 最高水位分布  
(海域活断層 (F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層 ; 防波堤有り) )

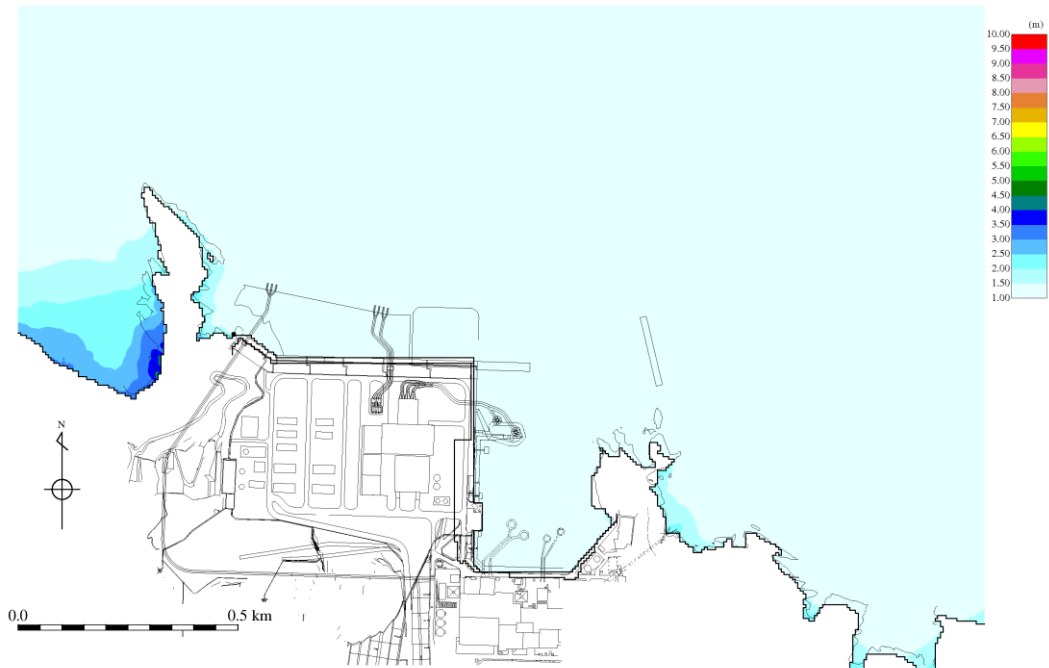


図4 (3) 入力津波4 (防波堤無し) 最高水位分布  
(海域活断層 (F-Ⅲ断層 + F-Ⅳ断層 + F-Ⅴ断層 ; 防波堤無し) )

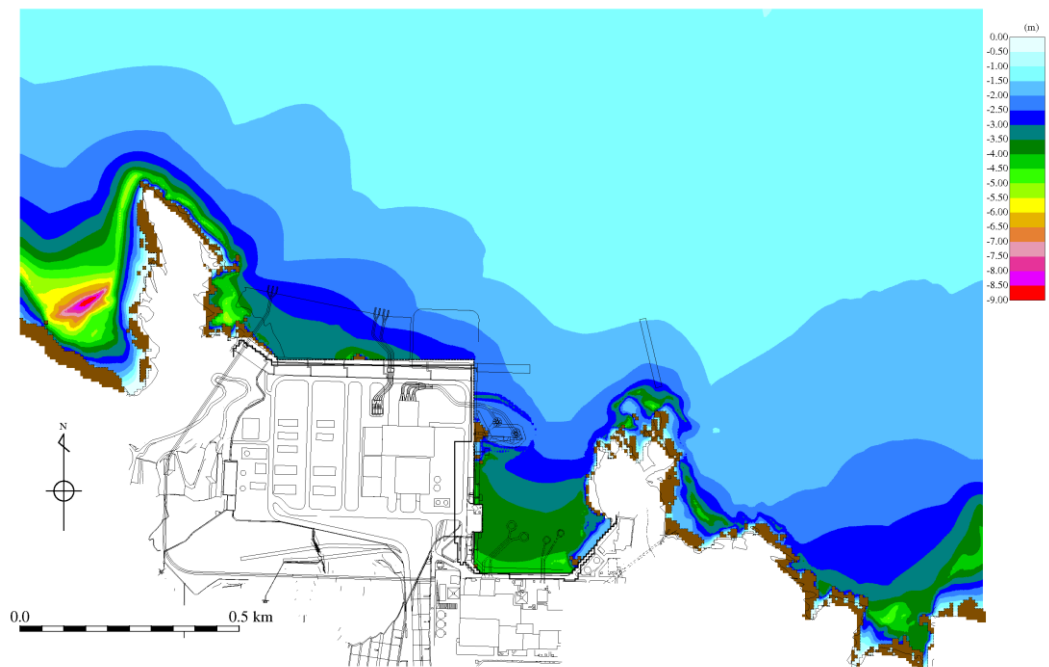


図5 入力津波4 (防波堤無し) 最低水位分布  
(海域活断層 (F-Ⅲ断層 + F-Ⅳ断層 + F-Ⅴ断層 ; 防波堤無し) )

### 津波防護対策の設備の位置付けについて

島根原子力発電所 2 号炉では、種々の津波防護対策設備を設置している（図 1）。本書では、これらの津波防護対策の分類について、各分類の定義や目的を踏まえて整理した（表 1）。



表 1 各津波防護対策の分類整理

分類	定義※1	施設・設備※1	目的※1	防波壁	防波壁通路 防波扉	1号炉 取水槽 流路縮小工	屋外排水路 逆止弁	取水槽 除じん機 エリア 防水壁	取水槽 除じん機 エリア 水密扉	取水槽 床ドレン 逆止弁
津波防護施設	外郭防護及び内郭防護を行う土木、建築構造物	・防潮堤（既存地山による自然堤防を含む） ・防潮壁	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）	○ 敷地への津波の流入を防止する（外郭防護1）	○ 敷地への津波の流入を防止する（外郭防護1）	○ 敷地への津波の流入を防止する（外郭防護1）	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
浸水防止設備	外郭防護及び内郭防護を行う機器・配管等の設備	・防潮堤・防潮壁に取りつけた水密扉等、止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	○ 敷地への津波の流入を防止する（外郭防護1）	○ 敷地への津波の流入を防止する（外郭防護1）	○ 敷地への津波の流入を防止する（外郭防護1）	○ 取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアへの津波の流入を防止する（外郭防護1）
		・建屋等の壁や床に取り付けた水密扉や止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備	・浸水防護重点化範囲内に、津波や内水部溢水及び地下水を浸水させない（内郭防護）	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない

※1 耐津波設計に係る工認審査ガイド P26「3.8 津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備の分類」より抜粋

表 1 各津波防護対策の分類整理

分類	定義※1	施設・設備※1	目的※1	復水器エリア防水壁	復水器エリア水密扉	タービン建物床ドレン逆止弁	隔離弁ポンプ及び配管	貫通部止水処置
津波防護施設	外郭防護及び内郭防護を行う土木、建築構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤（既存地山による自然堤防を含む）</li> <li>防潮壁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）</li> </ul>	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
浸水防止設備	外郭防護及び内郭防護を行う機器・配管等の設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>防潮堤・防潮壁に取りつけた水密扉等、止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備</li> <li>建屋等の壁や床に取りつけた水密扉や止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護）</li> </ul>	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	○ 敷地、取水槽海水ポンプエリア及びタービン建物への津波の流入を防止する（外郭防護1）
			<ul style="list-style-type: none"> <li>浸水防護重点化範囲内に、津波や内郭溢水及び地下水を浸水させない（内郭防護）</li> </ul>					○ 地震によるタービン建物（復水器を設置するエリア）の循環水系配管や他の海水系機器の損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介しての津波の流入に対して、浸水防護重点化範囲位への浸水を防止する。

※1 耐津波設計に係る工認審査ガイド P26「3.8 津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備の分類」より抜粋

## 内郭防護において考慮する溢水の浸水範囲，浸水量について

## 1. はじめに

「2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）」では，規制基準における要求事項「津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量を安全側に想定すること」に関し，審査ガイドに従い，2号炉で考慮すべき具体的な溢水事象として以下の6事象を挙げている。（図1）

- a. タービン建物（復水器を設置するエリア）における溢水
- b. タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）における溢水
- c. 取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水
- d. 取水槽海水ポンプエリアにおける溢水
- e. 屋外タンク等による屋外における溢水
- f. 建物外周地下部における地下水位の上昇

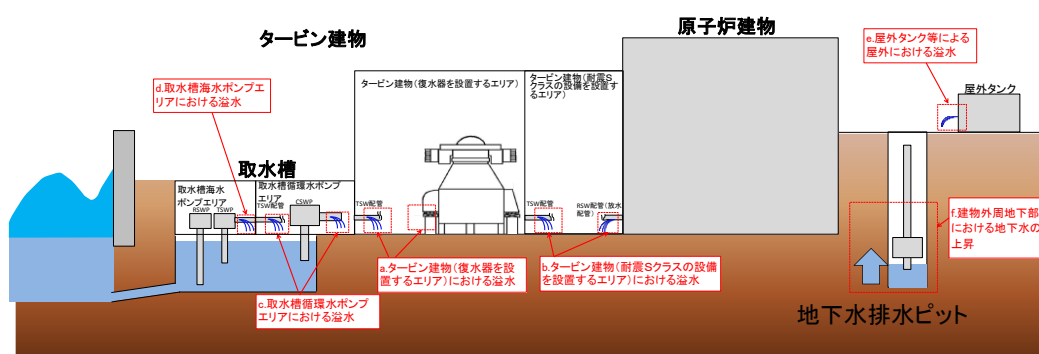


図1 地震による溢水の概念図

これらの各事象による浸水範囲，浸水量については，「設置許可基準規則第9条（溢水による損傷の防止等）」に対する適合性において説明されており，本書ではその該当箇所を抜粋する形で，その評価条件，評価結果等の具体的な内容を示す。

なお，溢水の拡大防止対策として設置するインターロックは，「2. タービン建物（復水器を設置するエリア）における溢水（事象a.）」に示すとおり，原子炉をスクラムさせる地震大信号及びタービン建物又は取水槽循環水ポンプエリアの漏えい検知信号により作動し，循環水ポンプ停止，循環水ポンプ出口弁及び復水器出入口弁が閉止する。

## 2. タービン建物（復水器を設置するエリア）における溢水（事象 a.）

### 9.1 復水器エリアにおける溢水

復水器エリアにおける溢水については、想定破損による溢水では循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損を想定し、地震起因による溢水では循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損及びその他の耐震 B, C クラス機器の破損を想定する。また、消火水の放水による溢水を想定する。

#### 9.1.1 評価条件

##### (1) 評価条件

- ・伸縮継手部からの溢水は、破損から循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間を考慮する。
- ・循環水系配管の破損箇所での溢水の流出圧力は、循環水ポンプ運転時の系統圧力とする。なお、配管の圧損については保守的に考慮しない。
- ・循環水系配管の破損箇所は海水面より高いためサイフォン効果による流入はない。
- ・地震起因による溢水では、破損を想定する耐震 B, C クラス機器の保有水を考慮する。
- ・地震起因による溢水では、地震に伴い津波が襲来するものとし、循環水系配管を含む耐震 B, C クラス機器の破損箇所からの津波の流入を考慮する。
- ・消火水の放水による溢水では、屋内消火栓からの放水流量を考慮する。

##### (2) 循環水ポンプ停止及び循環水系弁閉止インターロックについて

###### a. 概要

地震時に復水器エリア内の伸縮継手部が破損し、循環水系から大量の海水が流入した場合、溢水防護区画へ海水が伝播し、溢水防護対象設備が機能喪失に至るおそれがある。このため、図 9-3 に示すような地震時に循環水ポンプ停止、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁を閉止するインターロックを設置し、復水器エリア内への海水の流入を低減する。



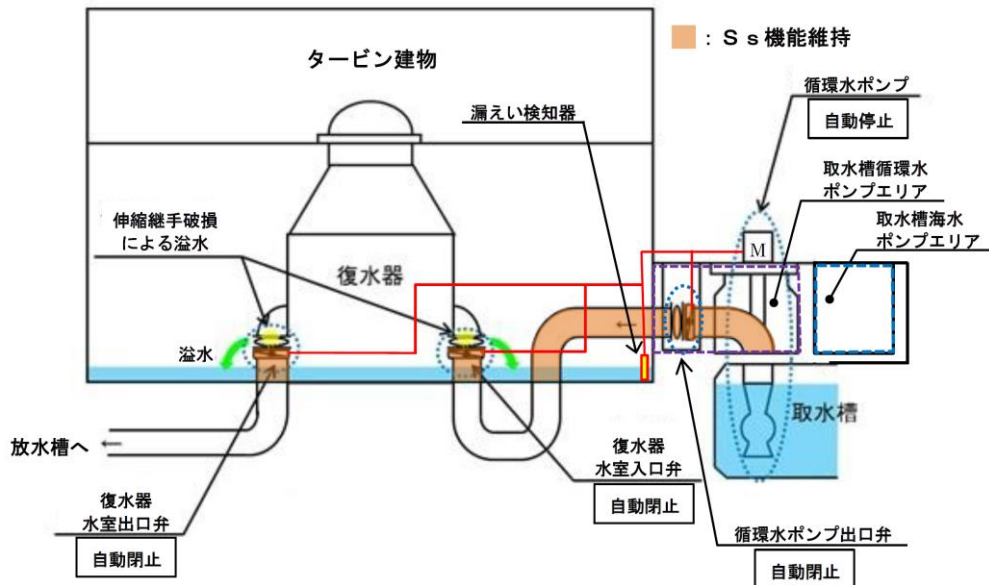


図 9-3 循環水ポンプ停止及び循環水系弁閉止インターロック設置概要図

b. インターロック作動条件

地震時には、確実に漏えいしたことを検出した上でインターロックを作動させるよう、図 9-4 に示すように地震大信号と漏えい検知信号の AND 条件とする。インターロック回路、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁は、基準地震動  $S_s$  に対して機能を維持する設計とし、非常用電源へ接続する。漏えい検知は床上 100mm にて検知する設計とする。漏えい検知器の作動原理は、溢水が電極式レベル計の検知レベルに達すると、電極間が導通し、漏えいを検知するものである。漏えい検知器の設置箇所を図 9-5 に、構造及び外観を図 9-6 に示す。

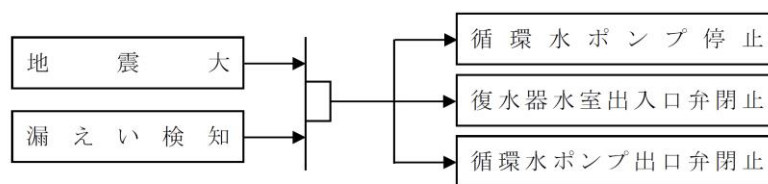


図 9-4 循環水ポンプ停止及び循環水系弁閉止インターロック

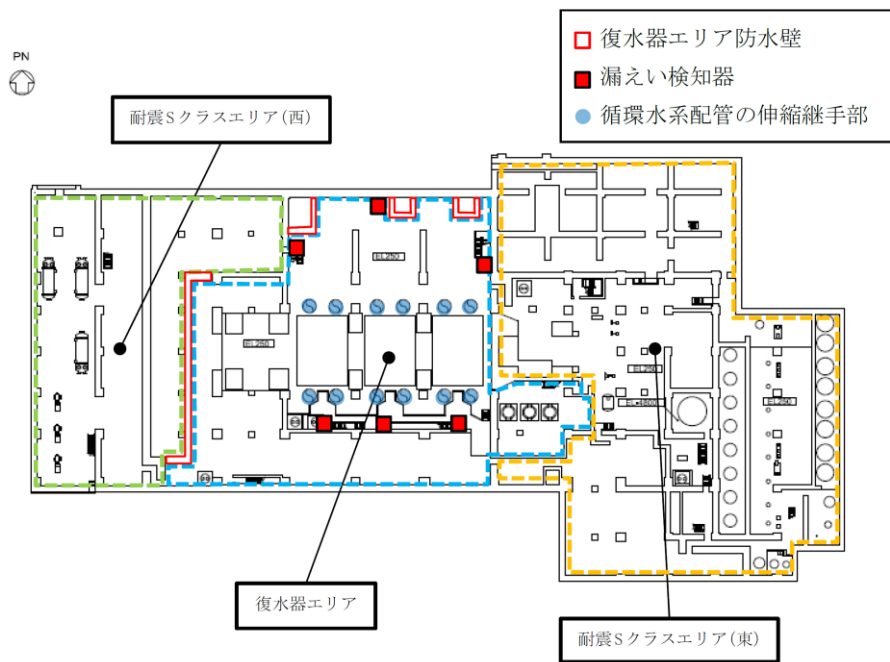


図 9-5 漏えい検知器設置箇所（タービン建物地下1階）

9条-別添1-9-6

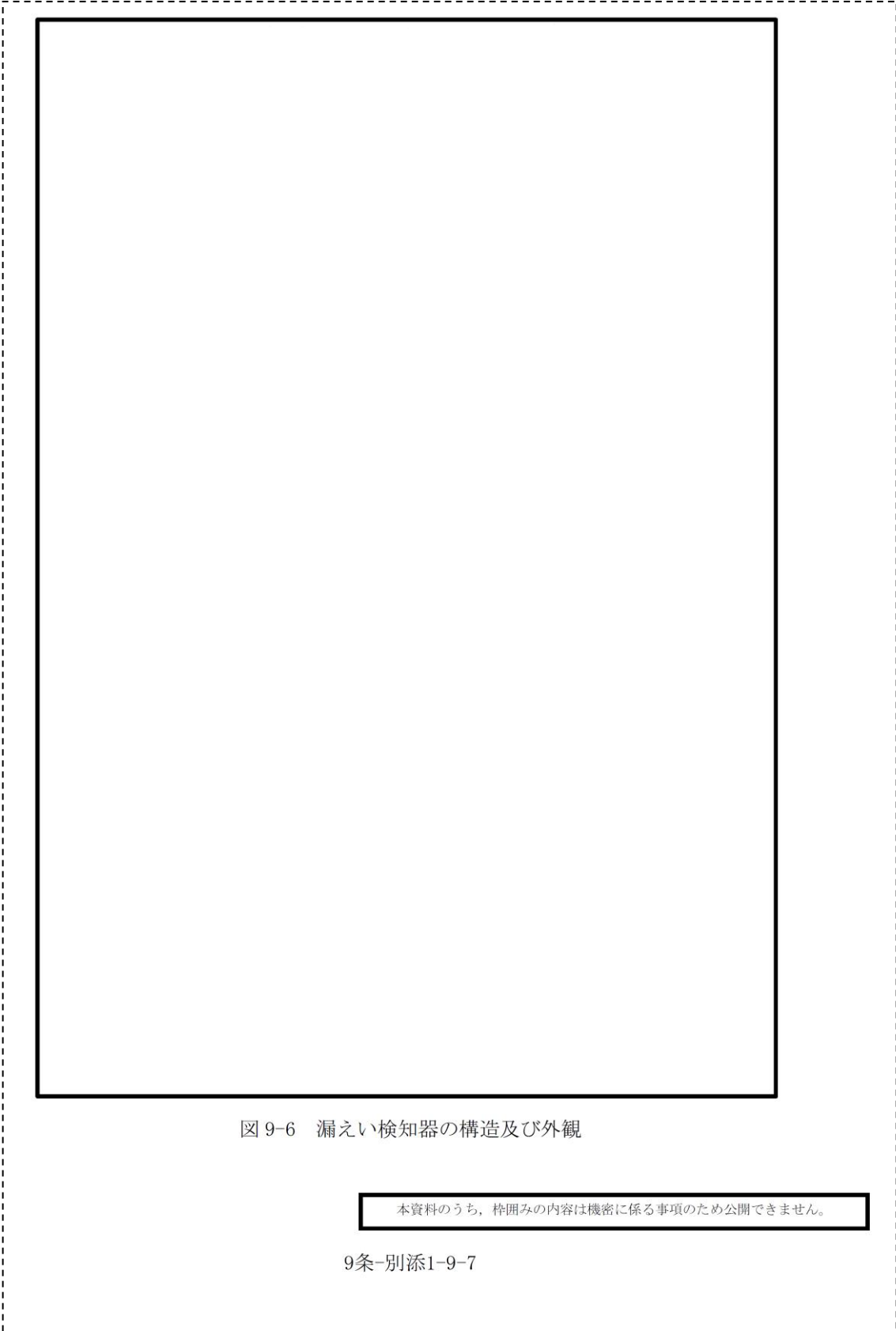


図 9-6 漏えい検知器の構造及び外観

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

9条-別添1-9-7

c. インターロック設置の必要性

地震起因による溢水量は、インターロック非設置の場合はタービン建物の貯留可能容積を大きく上回ることから、タービン建物内から原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出が考えられる。

原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物への溢水の流出防止のためインターロックは必要である。

9.1.2 溢水量

(1) 想定破損による溢水量

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量は、溢水流量、隔離時間及び循環水系の保有水量から算出した。隔離時間は、破損から運転員による循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間とした。算出した溢水流量、隔離時間及び溢水量をそれぞれ表 9-2～4 に示す。また、実際に漏えい検知に要する時間は、循環水配管の溢水流量、漏えい検知器動作に必要な溢水量を考慮した結果、表 9-5 に示すとおり 10 秒未満であり、評価に用いた検知時間 5 分は十分に保守的である。

表 9-2 伸縮継手部からの溢水流量

部位	内径[mm]	破損幅[mm]	溢水流量[m <sup>3</sup> /h]
復水器水室出入口部	2,200	50	13,173

表 9-3 伸縮継手部の破損から隔離までの時間

項目	時間[min]
漏えい検知器による漏えい検知までの時間	5
現場への移動時間	20
漏えい箇所特定に要する時間	30
循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止時間	10
合計	65

表 9-4 想定破損による溢水量

項目	溢水量[m <sup>3</sup> ]
破損から循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの溢水量	14,271
循環水系の保有水量	181
合計	14,452

表 9-5 伸縮継手部の破損から漏えい検知までの時間評価

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水流量	13,173[m <sup>3</sup> /h]
復水器エリア EL0.25m～EL2.0mの空間容積	1,827[m <sup>3</sup> ]
漏えい検知方法	漏えい検知器
漏えい検知器設定値	床面+20[mm]
漏えい検知器動作に必要な溢水量	20.9[m <sup>3</sup> ]
漏えい検知器動作までの時間	5.8[s]

(2) 地震起因による溢水量

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量に加え、タービン建物内の耐震 B, C クラス機器の保有水量から算出した。隔離時間は、地震発生から復水器エリアの漏えい検知インターロックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間とした。算出した溢水流量、隔離時間及び溢水量をそれぞれ表 9-6～8 に示す。

表 9-6 伸縮継手部からの溢水流量

部位	部位数	内径[mm]	破損幅[mm]	溢水流量[m <sup>3</sup> /h]
復水器水室出入口部	12	2,200	50	233,534
復水器水室連絡管部	6	2,100	50	

表 9-7 伸縮継手部の破損から隔離までの時間及び漏えい検知方法

項目	時間[min]
地震発生から漏えい検知インターロックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの時間	1*
漏えい検知方法	漏えい検知器
漏えい検知器設定値	床面+100[mm]

※ 漏えい検知時間 3.1[sec]+弁閉止時間 55[sec]を切り上げた値

表 9-8 地震起因による溢水量

項目		溢水量[m <sup>3</sup> ]
循環水系配管の伸縮継手部	地震発生から漏えい検知インターロックによる循環水ポンプ停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの溢水量	2,047**
	循環水系の保有水量	1,083
耐震 B, C クラス機器の保有水量		2,859
合計		5,989

※  $233,534[m^3/h] \times 3.1[sec] + 233,534[m^3/h] \times (60 - 3.1)[sec] \div 2 \approx 2,047[m^3]$

(3) 消火水の放水による溢水量

「6.1 溢水量の算定」に基づき、消火水の放水による溢水量の算出に用いる放水流量を 130[l/min]とし、この値を 2 倍して溢水流量とした。放水時間と溢水流量から評価に用いる消火水の放水による溢水量を以下のとおりとした。

$$\cdot 130[1/\text{min}/\text{個}] \times 2 \text{ 倍} \times 3.0[\text{h}] = 46.8[\text{m}^3]$$

9.1.3 復水器エリアにおける溢水影響評価結果

復水器エリアの溢水事象により浸水する範囲について、溢水防護対象設備が設置されている原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物との境界貫通部に対して止水処置を施すことにより、溢水防護対象設備への影響がないことを確認した。各溢水事象における評価結果を以下に示す。

(1) 想定破損による没水影響評価結果

復水器エリアの溢水を貯留できる EL5.3m（復水器エリア防水壁高さ）以下の空間容積を表 9-9 に示す。

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量（14,452m<sup>3</sup>）は、復水器エリアの貯留可能容積（6,680m<sup>3</sup>）より大きいことから、タービン建物 1 階（EL5.5m）を溢水経路として、耐震 S クラスエリア（東）に流出する。溢水の浸水する範囲を図 9-7 に、タービン建物全体（耐震 S クラスエリア（西）を除く）の溢水を貯留できる EL8.8m（タービン建物から原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物への流出高さ）以下の空間容積を表 9-10 に示す。空間容積の算出にあたっては、タービン建物床面積から機器等の設置面積相当分を差し引き、上階の床スラブ厚を差し引いた高さに乗じて算出した。

循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量（14,452m<sup>3</sup>）は、タービン建物全体（耐震 S クラスエリア（西）を除く）の貯留可能容積（24,816m<sup>3</sup>）より小さいことから（溢水水位 EL5.9m）、タービン建物内に貯留可能で、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。溢水水位の算出結果を表 9-11 に示す。

14,452m <sup>3</sup> (循環水系配管の伸縮 継手部からの溢水量)	>	6,680m <sup>3</sup> (復水器エリアの貯留可能容積)
--	---	--

14,452m <sup>3</sup> (循環水系配管の伸縮 継手部からの溢水量)	<	24,816m <sup>3</sup> (タービン建物全体（耐震 S クラス エリア（西）を除く）の貯留可能容積)
--	---	--

表 9-9 復水器エリアの溢水を貯留できる空間容積

範囲	空間容積[m <sup>3</sup> ]
EL0.25~EL2.0m	1,827
EL2.0 ~EL5.3m	4,853
合計	6,680

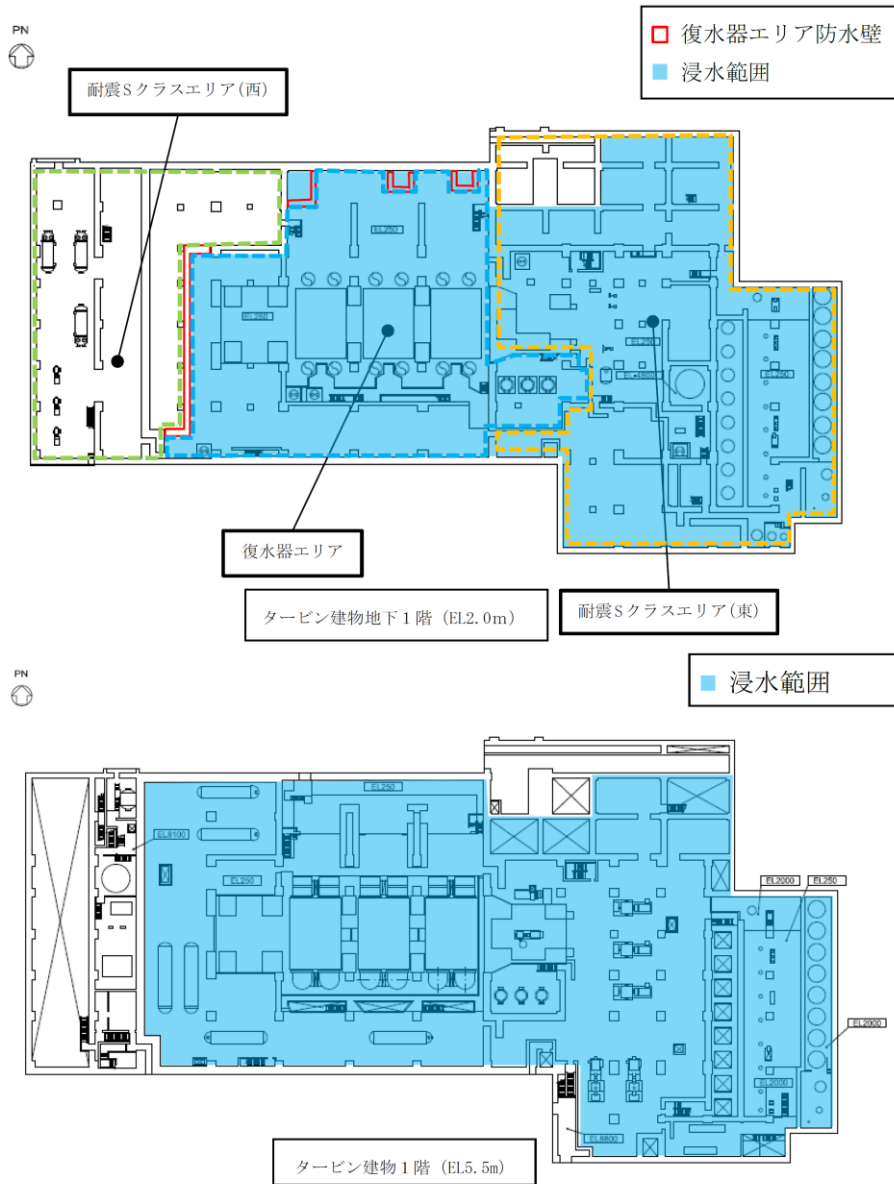


図 9-7 循環水配管の想定破損により溢水の浸水する範囲

9条-別添1-9-11



表 9-10 タービン建物全体（耐震 S クラスエリア（西）を除く）  
の溢水を貯留できる空間容積

範囲	空間容積[m <sup>3</sup> ]
EL-4.8～EL0.25m	176
EL0.25～EL2.0m	3,236
EL2.0～EL5.5m	10,052
EL5.5～EL8.8m	11,352
合計	24,816

表 9-11 想定破損による溢水水位算出結果

諸元	値
①EL5.5m より上部に滞留する溢水量 <sup>※1</sup>	988[m <sup>3</sup> ]
②EL5.5m における溢水の浸水する範囲の滞留面積	3,440[m <sup>2</sup> ]
③水上高さ	0.075[m]
④EL5.5m より上部に滞留する溢水水位 <sup>※2</sup>	0.4[m] (EL5.9m)

※1 循環水系配管の伸縮継手部からの溢水量（14,452m<sup>3</sup>）から表 9-10 における EL5.5m 以下の空間容積（13,464m<sup>3</sup>）を差し引いた値

※2 以下の式より算出

$$\text{④} = \text{①} / \text{②} + \text{③}$$

(2) 地震起因による没水影響評価結果

地震起因による溢水量(5,989m<sup>3</sup>)は、復水器エリアの貯留可能容積(6,680m<sup>3</sup>)より小さいことから（溢水水位 EL4.8m）、復水器エリアに貯留可能で、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。溢水水位の算出結果を表 9-12 に示す。

$$5,989\text{m}^3 \quad < \quad 6,680\text{m}^3$$

(地震起因による溢水量)                      (復水器エリアの貯留可能容積)

表 9-12 地震起因による溢水水位算出結果

諸元	値
①EL2.0m より上部に滞留する溢水量 <sup>※1</sup>	4,162[m <sup>3</sup> ]
②EL2.0m における復水器エリアの滞留面積	1,546[m <sup>2</sup> ]
③水上高さ	0.075[m]
④EL2.0m より上部に滞留する溢水水位 <sup>※2</sup>	2.8[m] (EL4.8m)

※1 地震による溢水量（5,989m<sup>3</sup>）から表 9-9 における EL2.0m 以下の空間容積（1,827m<sup>3</sup>）を差し引いた値

※2 以下の式より算出

$$\text{④} = \text{①} / \text{②} + \text{③}$$



(3) 消火水の放水による没水影響評価結果

消火水の放水による溢水量(46.8m<sup>3</sup>)は想定破損による溢水量(14,452m<sup>3</sup>)より小さいことから、想定破損による溢水評価に包含され、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。

9条-別添1-9-13

### 3. タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）における溢水（事象 b.）

#### 9.2 耐震Sクラスエリアにおける溢水

耐震Sクラスエリア（東）及び（西）における溢水について、想定破損による溢水ではエリア内で最も溢水量の大きい復水給水系配管の破損を想定し、地震起因による溢水では耐震B,Cクラス機器の破損を想定する。また、消火水の放水による溢水を想定する。

##### 9.2.1 評価条件

- ・ 想定破損による溢水では、エリア内で最も溢水量の大きい復水給水系配管の破損を考慮する。
- ・ 地震起因による溢水では、破損を想定する耐震B,Cクラス機器の保有水を考慮する。
- ・ 地震起因による溢水では、地震に伴い津波が襲来するものとし、タービン補機海水系配管を含む耐震B,Cクラス機器の破損箇所からの津波の流入を考慮する。
- ・ 消火水の放水による溢水では、屋内消火栓からの放水流量を考慮する。

##### 9.2.2 溢水量

###### (1) 想定破損による溢水量

エリア内で想定する溢水のうち、最も溢水量の大きい復水給水系(1,646m<sup>3</sup>)とした。

###### (2) 地震起因による溢水量

エリア内に設置される耐震B,Cクラス機器の保有水量から算出した。各エリアの溢水量を表9-13に示す。

表9-13 地震起因による溢水量

エリア	溢水量[m <sup>3</sup> ]
耐震Sクラスエリア（東）	2,730
耐震Sクラスエリア（西）	1,332

###### (3) 消火水の放水による溢水量

9.1.2 (2)と同様に、46.8m<sup>3</sup>とした。

##### 9.2.3 耐震Sクラスエリア（東）及び（西）における溢水影響評価結果

耐震Sクラスエリア（東）及び（西）の溢水事象により浸水する範囲について、溢水防護対象設備が設置されている原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物との境界貫通部に対して止水処置を施すことにより、溢水防護対象設備への影響がないことを確認した。各溢水事象における評価結果を以下に示す。

(1) 耐震Sクラスエリア（東）

a. 想定破損による没水影響評価結果

想定破損による溢水量（1,646<sup>3</sup>）は、地震起因による溢水量（2,730<sup>3</sup>）より小さいことから、地震起因による溢水評価に包含され、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。地震起因の没水影響評価結果をb.項に示す。

b. 地震起因による没水影響評価結果

耐震Sクラスエリア（東）の溢水を貯留できるEL4.9m（天井高さ）以下の空間容積を表9-14に示す。

地震起因による溢水量（2,730<sup>3</sup>）は、耐震Sクラスエリア（東）の貯留可能容積（6,598<sup>3</sup>）より小さいことから（溢水水位 EL2.8m）、エリア内に貯留可能で、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。溢水水位の算出結果を表9-15に示す。

$$\begin{array}{ccc} 2,730^3 & < & 6,598^3 \\ \text{(地震起因による溢水量)} & & \text{(耐震Sクラスエリア（東）の} \\ & & \text{貯留可能容積)} \end{array}$$

表9-14 耐震Sクラスエリア（東）の溢水を貯留できる空間容積

範囲	空間容積[m <sup>3</sup> ]
EL-4.8～EL0.25m	176
EL0.25～EL2.0m	1,409
EL2.0～EL4.9m	5,013
合計	6,598

表9-15 地震起因による溢水水位算出結果

諸元	値
①EL2.0mより上部に滞留する溢水量 <sup>※1</sup>	1,145[m <sup>3</sup> ]
②EL2.0mにおける耐震Sクラスエリア（東）の滞留面積	1,731[m <sup>2</sup> ]
③水上高さ	0.075[m]
④EL2.0mより上部に滞留する溢水水位 <sup>※2</sup>	0.8[m] (EL2.8m)

※1 地震による溢水量（2,730<sup>3</sup>）から表9-14におけるEL2.0m以下の空間容積（1,585<sup>3</sup>）を差し引いた値

※2 以下の式より算出

$$\text{④} = \text{①} / \text{②} + \text{③}$$

c. 消火水の放水による没水影響評価結果

消火水の放水による溢水量 (46.8m<sup>3</sup>) は地震起因による溢水量(2,730m<sup>3</sup>) より小さいことから、地震起因による溢水評価に包含され、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。

(2) 耐震Sクラスエリア (西)

a. 想定破損による没水影響評価結果

耐震Sクラスエリア (西) の溢水を貯留できる EL4.9m (天井高さ) 以下の空間容積を表 9-16 に示す。

想定破損による溢水量 (1,646m<sup>3</sup>) は、耐震Sクラスエリア (西) の貯留可能容積 (3,131m<sup>3</sup>) より小さいことから (溢水水位 EL3.6m), エリア内に貯留可能で、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。溢水水位の算出結果を表 9-17 に示す。

$$1,646\text{m}^3 < 3,131\text{m}^3$$

(想定破損による溢水量) (耐震Sクラスエリア (西) の貯留可能容積)

表 9-16 耐震Sクラスエリア (西) の溢水を貯留できる空間容積

範囲	空間容積[m <sup>3</sup> ]
EL2.0 ~EL4.9m	3,131

表 9-17 想定破損による溢水水位算出結果

諸元	値
①EL2.0m より上部に滞留する溢水量	1,646[m <sup>3</sup> ]
②EL2.0m における耐震Sクラスエリア (西) の滞留面積	1,080[m <sup>2</sup> ]
③水上高さ	0.075[m]
④EL2.0m より上部に滞留する溢水水位 <sup>※1</sup>	1.6[m] (EL3.6m)

※1 以下の式より算出

$$④ = ① / ② + ③$$

b. 地震起因による没水影響評価結果

地震起因による溢水量 (1,332m<sup>3</sup>) (溢水水位 EL3.4m) は、想定破損による溢水量(1,646m<sup>3</sup>) より小さいことから、想定破損による溢水評価に包含され、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。溢水水位の算出結果を表 9-18 に示す。

表 9-18 地震起因による溢水水位算出結果

諸元	値
①EL2.0mより上部に滞留する溢水量	1,332[m <sup>3</sup> ]
②EL2.0mにおける耐震Sクラスエリア(西)の滞留面積	1,080[m <sup>2</sup> ]
③水上高さ	0.075[m]
④EL2.0mより上部に滞留する溢水水位 <sup>*1</sup>	1.4[m] (EL3.4m)

※1 以下の式より算出

$$\text{④} = \text{①} / \text{②} + \text{③}$$

c. 消火水の放水による没水影響評価結果

消火水の放水による溢水量(46.8m<sup>3</sup>)は想定破損による溢水量(1,646m<sup>3</sup>)より小さいことから、想定破損による溢水評価に包含され、原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物へ溢水の流出がないことを確認した。

### 9.3 海域活断層及び日本海東縁部に想定される地震による津波について

海域活断層及び日本海東縁部に想定される地震による津波については、図 9-8、9-9 に示す通り、海域と接続のある耐震 B, C クラス機器のうち、循環水系に加え、タービン補機海水系についてもインターロックによる弁閉止及び出口側配管の逆止弁により津波の流入を防止することから、循環水系配管を含む耐震 B, C クラス機器の破損箇所からタービン建物へ津波の流入はない。タービン補機海水系の対策概要図を図 9-10-1, 2 に示す。

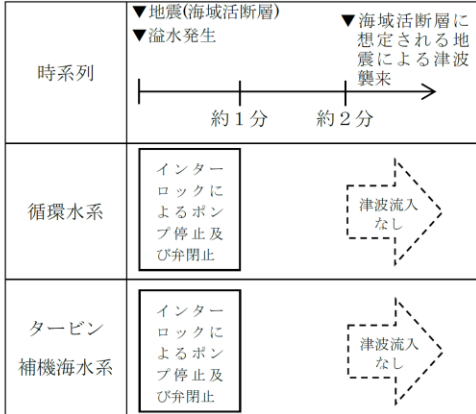


図 9-8 海域活断層に想定される地震による津波襲来に係る時系列

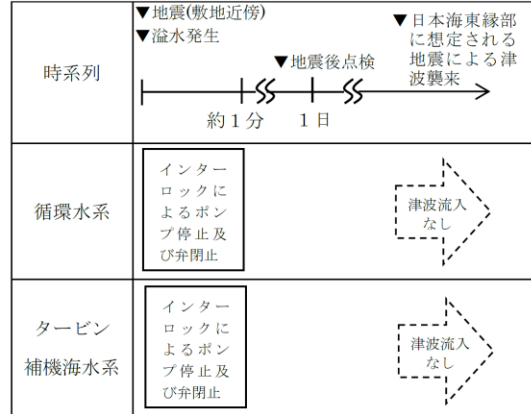


図 9-9 日本海東縁部に想定される地震による津波襲来に係る時系列

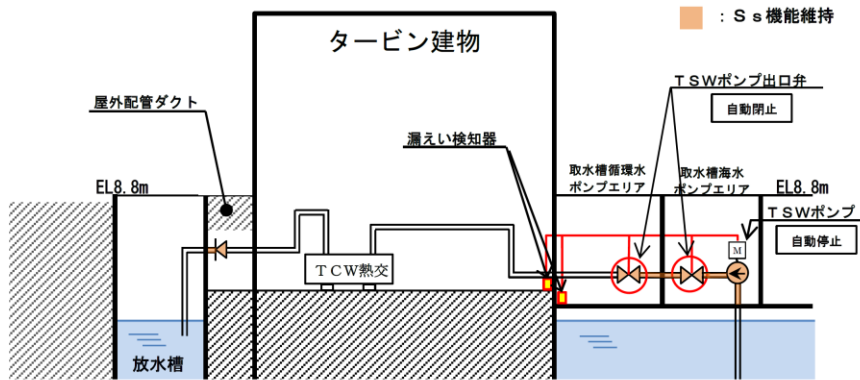


図 9-10-1 タービン補機海水系の対策概要 (断面図)

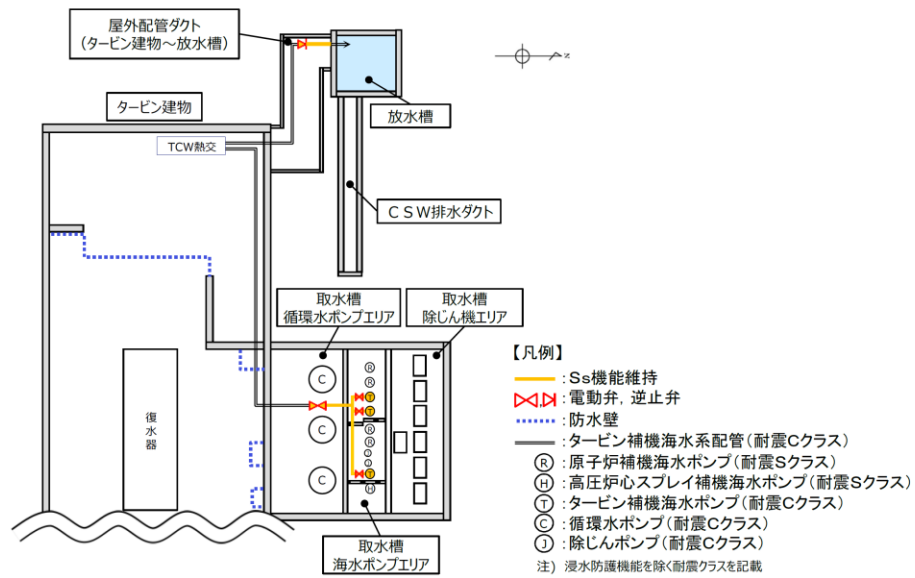


図 9-10-2 タービン補機海水系の対策概要 (平面図)



#### 4. 取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水（事象 c.）

##### 9.5 取水槽循環水ポンプエリアにおける溢水

取水槽海水ポンプエリアに隣接する取水槽循環水ポンプエリアの循環水系配管の伸縮継手部の全円周状の破損を想定し、取水槽海水ポンプエリアへの溢水影響を評価した。算出した溢水流量を表 9-21 に、溢水影響評価結果を表 9-22 に示す。越流水深の算出にあたっては、Govinda Rao の式（補足説明資料 30 参照）を使用した。

取水槽海水ポンプエリアに設置している取水槽海水ポンプエリア防水壁（EL10.8m）は、取水槽循環水ポンプエリア天端（EL8.8m）より 2.0m 高く設計しており、隣接する取水槽循環水ポンプエリアでの想定破損により溢水が発生した場合においても、取水槽循環水ポンプエリア天端の越流水深は 0.24m であることから、取水槽海水ポンプエリア防水壁を越流して隣接する取水槽海水ポンプエリアに流入することはない。循環水系配管破損時の平面図を図 9-12 に、断面図を図 9-13 に示す。

表 9-21 循環水系配管の伸縮継手部の溢水流量

部位	内径[mm]	破損幅[mm]	溢水流量[m <sup>3</sup> /h]
循環水ポンプ出口配管伸縮継手部	2,600	50	15,590

表 9-22 取水槽循環水ポンプエリアの溢水影響評価結果

W	取水槽循環水ポンプエリア壁の高さ [m]	7.7
B	排出を期待する開口長さ [m]	23.6
L	取水槽循環水ポンプエリア壁の幅 [m]	1.0
Q	エリア内の溢水流量 [m <sup>3</sup> /h]	15,590
h	越流水深 [m]	0.24
H	許容越流水深 [m]	2.0
評価結果(判定基準：H ≥ h)		○



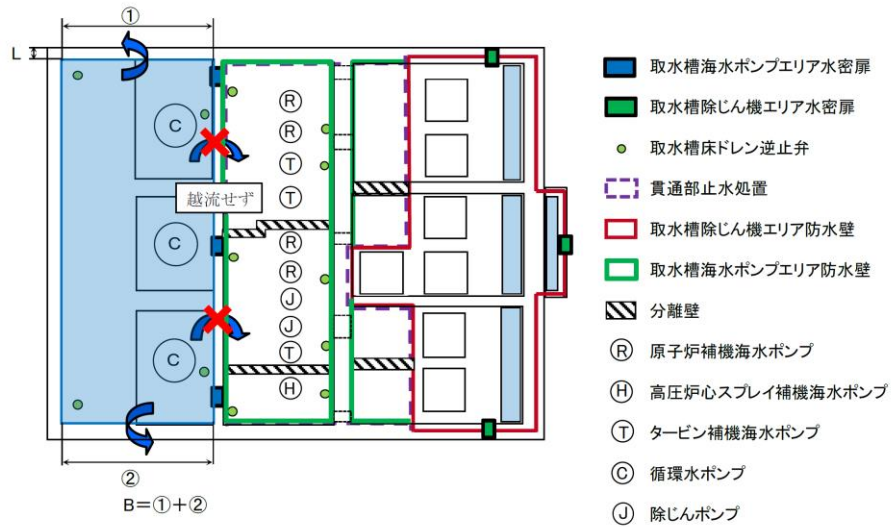


図 9-12 取水槽海水ポンプエリア平面図 (循環水系配管破損時)

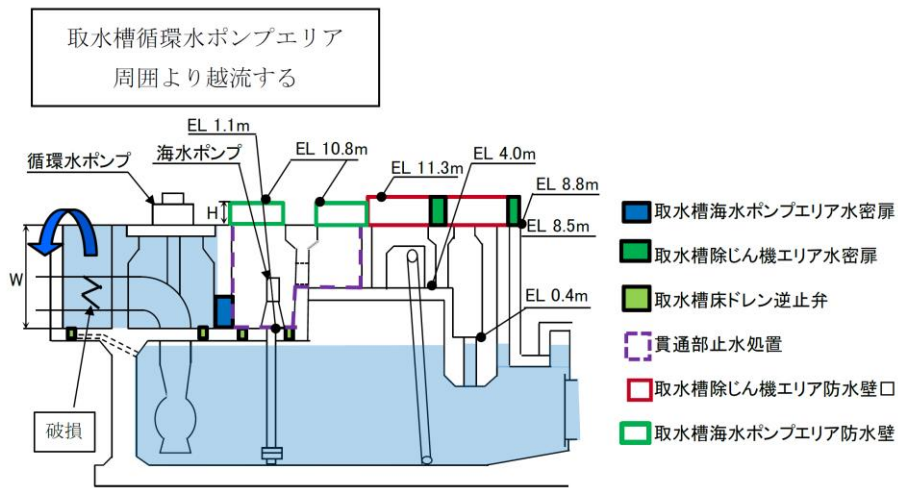


図 9-13 取水槽海水ポンプエリア断面図 (循環水系配管破損時)

9条-別添1-9-24

## 5. 取水槽海水ポンプエリアにおける溢水（事象 d.）

補足説明資料 30

### 取水槽海水ポンプエリアの防護について

#### 1. はじめに

溢水防護対象設備のうち取水槽海水ポンプは、取水槽に設置されている。

取水槽海水ポンプエリアは、エリア外からの浸水を防止する対策として、水密扉及び逆止弁の設置、貫通部止水処置を実施するとともに、取水槽海水ポンプエリア上部には防水壁を、取水槽海水ポンプエリア内には分離壁を設置している。

ここでは、取水槽海水ポンプエリアについて、想定破損、消火水の放水及び地震起因による溢水を評価した。取水槽海水ポンプエリアの平面図を図 1-1 に、断面図を図 1-2 に示す。

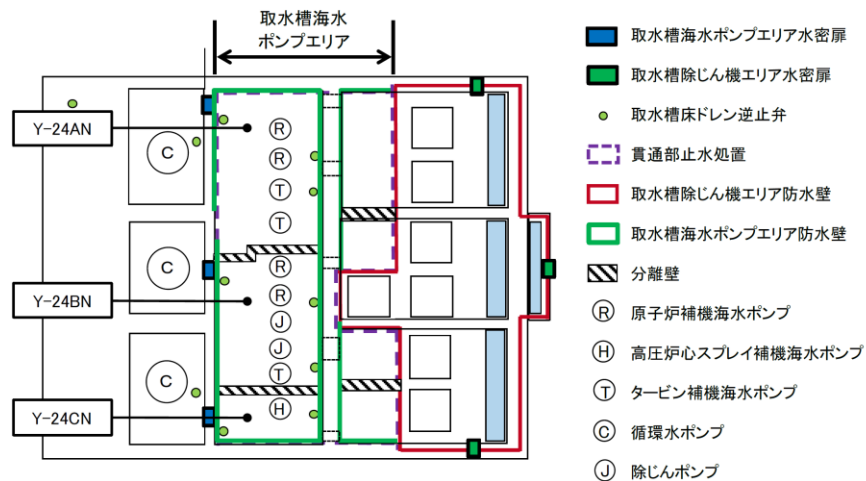


図 1-1 取水槽海水ポンプエリア平面図

9条-別添1-補足30-1

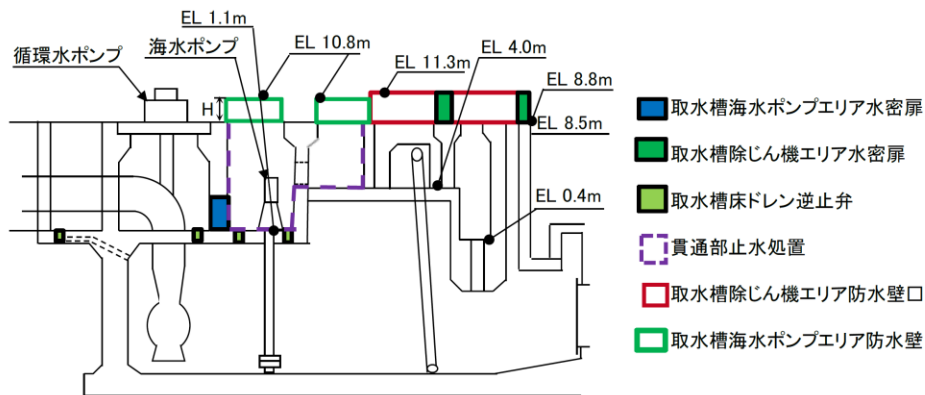


図 1-2 取水槽海水ポンプエリア断面

2. 想定破損による溢水影響評価

図 2-2 に示す通り，取水槽海水ポンプエリアに設置している分離壁（高さ 9.9m）は，防水壁（高さ 9.7m）より 0.2m 高く設計されており，隣接する取水槽海水ポンプエリアでの想定破損により溢水が発生した場合においても，分離壁を越流して溢水が隣接する取水槽海水ポンプエリアに流入することはなく，多重化された系統が同時に機能喪失することはない。評価結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 想定破損による溢水影響評価結果

評価区画		Y-24AN	Y-24BN	Y-24CN
W	防水壁の高さ [m]	9.7	9.7	9.7
B	排出を期待する開口高さ [m]	33	23	17
L	防水壁の幅 [m]	0.074	0.074	0.074
Q	区画内の最大溢水流量 [m <sup>3</sup> /h]	216	216	121
h	越流水深 [m]	0.02	0.02	0.02
H	許容越流水深 [m]	0.2	0.2	0.2
評価結果（判定基準：H ≥ h）		○	○	○

また，評価結果の例を以下に示す。

【区画 Y-24AN での想定破損による溢水影響評価】

区画 Y-24AN での想定破損による溢水が隣接する区画 Y-24BN に流出しないことを確認する。溢水源となる系統及び溢水流量を表 2-2 に示す。

溢水源となる系統のうち、溢水量が最大となるのはⅡ-RSWである。防水壁を越えて外部に排出する際の水位（越流水深）を算出するため、以下の式を使用した。

Govinda Rao の式（参考文献：土木学会 水理公式集（平成 11 年度版））

(a) 越流水深による表示

$$Q = CBh^{3/2} \dots\dots\dots(3-1.5)$$

$$0 < h/L \leq 0.1 ; C = 1.642(h/L)^{0.022} \dots\dots\dots(3-1.5.a)$$

$$0.1 < h/L \leq 0.4 ; C = 1.552 + 0.083(h/L) \dots\dots\dots(3-1.5.b)$$

$$0.4 \leq h/L \leq (1.5 \sim 1.9) ; C = 1.444 + 0.352(h/L) \dots\dots\dots(3-1.5.c)$$

$$(1.5 \sim 1.9) \leq h/L ; C = 1.785 + 0.237(h/W) \dots\dots\dots(3-1.5.d)$$

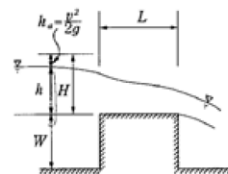


図 3-1.11 長方形せきの諸元

- Q : 越流流量[m<sup>3</sup>/s]
- B : 排出を期待する開口高さ[m]
- h : 越流水深[m]
- C : 流量係数[-]
- L : 取水槽海水ポンプエリア防水壁の幅[m]
- W : 取水槽海水ポンプエリア防水壁の高さ[m]

想定破損による溢水が防水壁を越えて外部に排出する際の水位（越流水深）を表に示す。なお、排出を期待する開口長さは区画（Y-24AN）に接する防水壁の長さとし、概略図を図 2-1、図 2-2 に示す。

表 2-3 に示すように溢水の越流水深は防水壁と分離壁の高低差（0.2m）を下回るため、分離壁を越流して溢水が隣接する取水槽海水ポンプエリアに流入することはなく、多重化された系統が同時に機能を喪失することはない。

表 2-2 溢水源となる系統及び溢水流量（Y-24AN）

系統	溢水流量[m <sup>3</sup> /h]
原子炉補機海水系（Ⅱ-R S W）	216
タービン補機海水系（T S W）	172
補給水系（MUW）	2
消化系（F P）	36

表 2-3 越流水深計算結果

評価対象区画		Y-24AN
W	防水壁の高さ [m]	9.7
B	排出を期待する開口長さ [m]	33
L	取水槽海水ポンプエリア防水壁の幅 [m]	0.074
Q	越流流量 (II-R S W) [m <sup>3</sup> /h]	216
h	越流水深 [m]	0.02

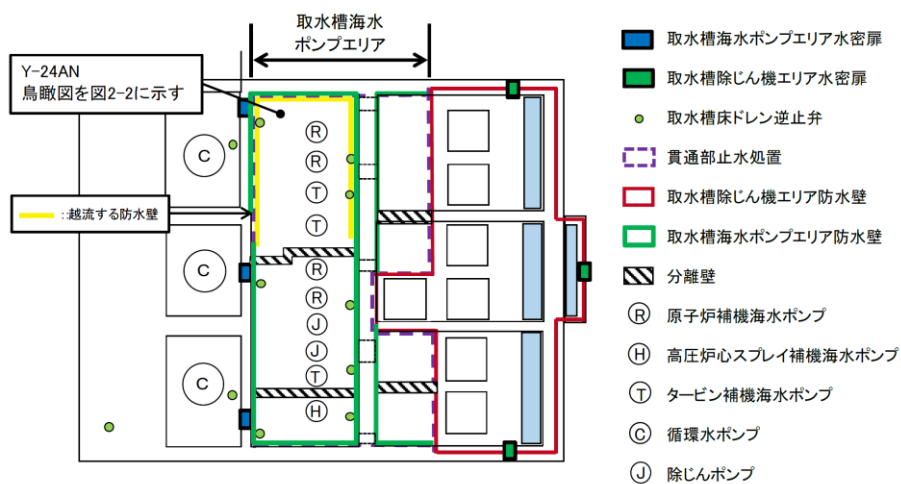


図 2-1 取水槽海水ポンプエリア防水壁概略図

9条-別添1-補足30-4

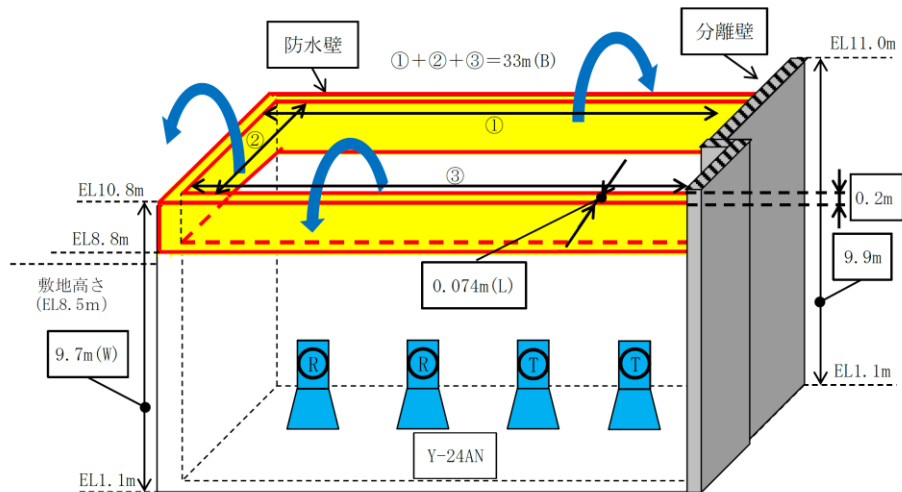


図 2-2 排出を期待する防水壁鳥瞰図 (Y-24AN)

### 3. 消火水の放水による溢水

取水槽海水ポンプエリアの消火活動に使用される設備に屋外の消火栓がある。消火栓からの溢水流量を  $350 \text{ l/min} \times 2 \text{ 倍}$  ( $42 \text{ m}^3/\text{h}$ ) とし、消火活動による放水に伴う溢水流量とする。この溢水流量は、表 3-1 に示す通り想定破損の評価で想定する溢水流量より小さく、消火水の放水による溢水評価は想定破損の評価に包含されるため、多重化された系統が同時に機能喪失することはない。

表 3-1 想定破損及び消火放水による溢水流量の比較

	想定破損		消火放水
	系統	溢水流量 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	溢水流量 [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
Y-24AN	原子炉補機海水系 (II-R SW)	216	42
Y-24BN	原子炉補機海水系 (I-R SW)	216	42
Y-24CN	取水槽設備系 (OTC)	121	42

### 4. 地震起因による溢水

溢水源となり得る機器のうち、基準地震動  $S_s$  による地震力によって破損が生じるおそれのある機器を溢水源として想定した。添付資料 3 に示すとおり、取水槽海水ポンプエリアの機器・配管は基準地震動  $S_s$  に対する耐震性を有し

ていることから、重要度の特に高い安全機能、燃料プール冷却機能及び燃料プールへの給水機能が喪失することはない。評価結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 地震起因による溢水影響評価結果

評価区画	Y-24AN	Y-24BN	Y-24CN
溢水量[m <sup>3</sup> ]	0	0	0
滞留面積[m <sup>2</sup> ]	54	38	20
溢水水位[m]	0	0	0
機能喪失床上高さ[m]	1.68	1.68	1.25
評価結果	○	○	○

## 6. 屋外タンク等による屋外における溢水（事象 e.）

### 10. 建物外からの溢水影響評価

島根原子力発電所2号炉における溢水防護対象設備を内包する建物の外部にある溢水源としては、海水を除き、屋外タンク及び貯水槽等（以下「屋外タンク等」という。）の保有水並びに地下水が挙げられる。ここでは、これらの溢水が溢水防護対象設備に与える影響を評価する。

なお、海水の溢水に関しては「9. 溢水防護対象設備が設置されているエリア外からの溢水影響評価」及び設置許可基準規則 第五条（津波による損傷の防止）に対する適合性において説明する。また、屋外タンク等は全て大気開放構造であり、最高使用圧力が静水頭圧であるため、想定破損による溢水源として考慮しない。

#### 10.1 屋外タンク等の溢水による影響

##### (1) 地震起因による屋外タンク等からの溢水影響

屋外タンク等の溢水として、地震による損傷が否定できない屋外タンク等の破損による溢水を考慮する必要がある。

島根原子力発電所の敷地内に設置されている屋外タンク等のうち溢水源とする屋外タンク等を溢水源とする屋外タンク等の選定フロー（図 10-1）により抽出した（詳細を補足説明資料 27 に示す）。結果を表 10-1 に、また抽出された屋外タンク等の配置を図 10-2 に示す。



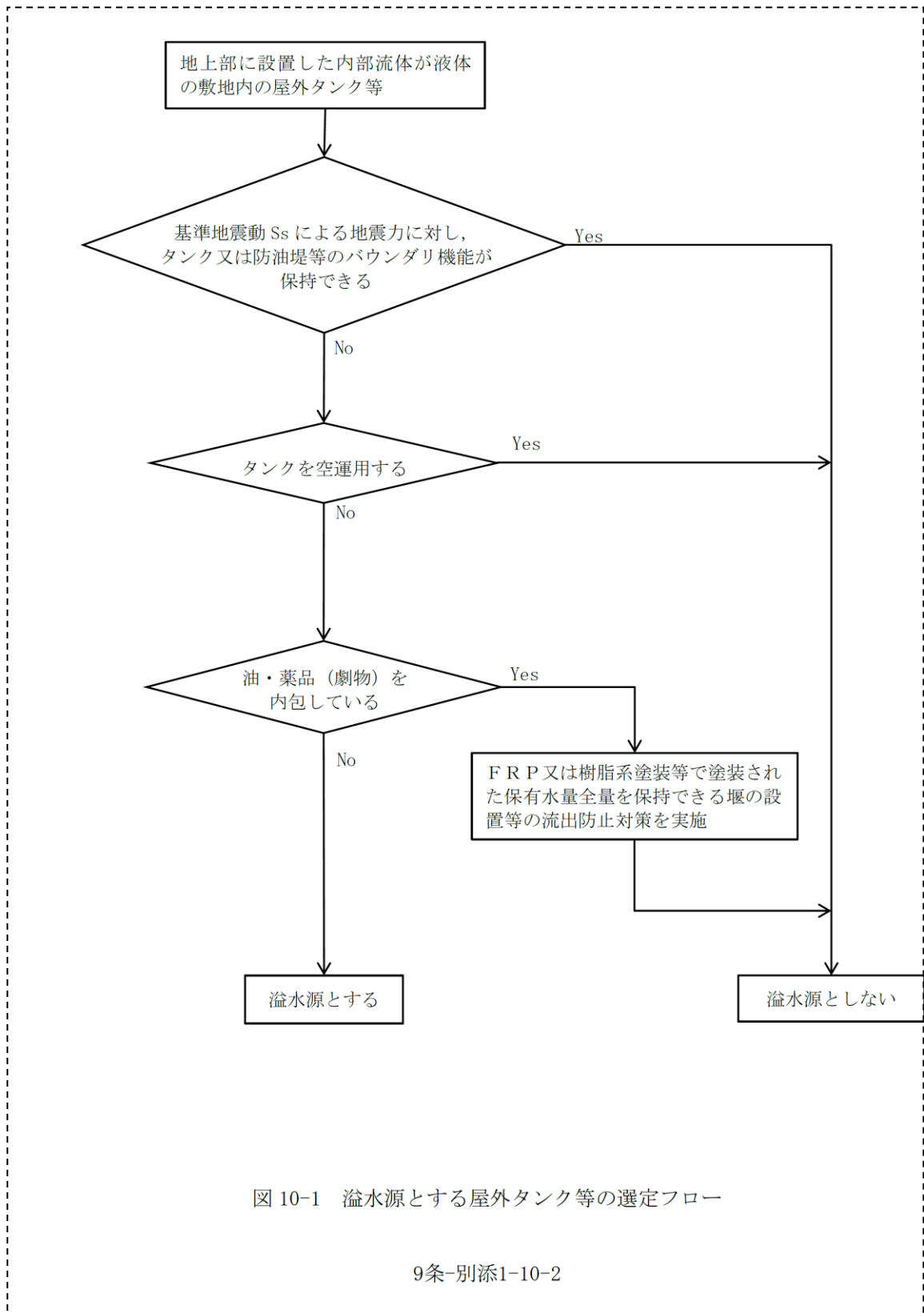


図 10-1 溢水源とする屋外タンク等の選定フロー

9条-別添1-10-2

表 10-1 溢水源とする屋外タンク等

No	名称	保有水量 [m <sup>3</sup> ]	溢水伝播 挙動評価 に用いる 溢水量 [m <sup>3</sup> ] <sup>※3</sup>	配置 No	保有水量20m <sup>3</sup> 以上(山間部 除く)の屋外 タンク等	エリア No	合計 保有水量 [m <sup>3</sup> ]	溢水伝播 挙動評価 に用いる 合計溢水量 [m <sup>3</sup> ] <sup>※2</sup>
1	雑用水タンク	33	49	25	○	エリア ①	2,832	3,366 (2,994)
2	宇中系統中継水櫃(西山水櫃)	30	45	26	○			
3	母子水洗タンク	146	161	22	○			
4	1号スターボンプ発電機用軽油タンク用消火タンク	49	73	23	○			
5	A-44m <sup>2</sup> 盤消火タンク	155	171	30	○			
6	B-44m <sup>2</sup> 盤消火タンク	155	171	30	○			
7	輪谷貯水櫃(東側)沈砂池	260	286	20	○			
8	原水80t水櫃	80	120	24	○			
9	仮設水櫃-1(2号西側法面付近)	20	30	39	○			
10	仮設水櫃-2(2号西側法面付近)	20	30	40	○			
11	仮設水櫃-3(2号西側法面付近)	20	30	45	○			
12	輪谷貯水櫃(東側)	1,864 <sup>※1</sup>	2,200	19	○			
13	消消火薬貯蔵水櫃(b'スターボンプ発電機用軽油タンク)	1	-	n-43	-			
14	山林用防火水櫃(スカイライン)	50	-	n-52	-			
15	山林用防火水櫃(スカイライン)	50	-	n-52	-			
16	仮設水櫃(2号西側法面付近)	2	-	n-59	-			
17	防火水櫃	20	-	n-74	-			
18	防火水櫃	20	-	n-73	-			
19	鉄イオン溶解タンク(2号)	19	-	n-9	-			
20	純水タンク(A)	600	660	10	○			
21	純水タンク(B)	600	660	10	○			
22	2号ろ過水タンク	3,000	3,300	11	○			
23	1号除だく槽	87	131	12	○			
24	1号ろ過器	62	93	13	○			
25	2号除だく槽	102	113	14	○			
26	2号ろ過器	36	54	15	○			
27	2号濃縮槽	30	45	16	○			
28	1号ろ過水タンク	3,000	3,300	17	○			
29	74m <sup>2</sup> 盤受水櫃(2槽)	60	90	27	○			
30	純水装置廃液処理設備	42	63	31	○			
31	25m <sup>2</sup> 盤受水櫃	30	45	37	○			
32	50m <sup>2</sup> 盤トイレ用水貯槽	32	48	44	○			
33	前内ボイラ冷却水タンク	1	-	n-24	-			
34	前内ボイラ冷却水冷却塔	1	-	n-24	-			
35	C-真空脱気塔	3	-	n-28	-			
36	D-真空脱気塔	3	-	n-28	-			
37	C/D用冷却水回収槽	2	-	n-28	-			
38	A-真空脱気塔	2	-	n-38	-			
39	B-真空脱気塔	2	-	n-38	-			
40	冷却水回収槽	2	-	n-38	-			
41	1号除だく槽排水水櫃	7	-	n-41	-			
42	トイレ用ろ過水貯槽	8	-	n-41	-			
43	変圧器消火水櫃	306	336	4	○			
44	電解液受槽(1号)	22	33	5	○			
45	A-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○			
46	B-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○			
47	管理事務所4号館用消火タンク	21	32	36	○			
48	電解液受槽(2号)	10	-	n-8	-			
49	1号海水電解装置電解槽(循環7号 8槽)	2	-	n-8	-			
50	2号海水電解装置電解槽(非循環7号 12槽)	2	-	n-8	-			
51	3号ろ過水タンク(A)	1,000	1,100	1	○			
52	3号純水タンク(A)	1,000	1,100	2	○			
53	消火用水タンク(A)	1,200	1,320	3	○			
54	消火用水タンク(B)	1,200	1,320	3	○			
55	3号仮設海水淡水化装置(海水受水櫃)	25	38	29	○			
56	仮設合併処理槽	31	46	34	○			
57	3号純水タンク(B)	1,000	1,100	32	○			
58	3号ろ過水タンク(B)	1,000	1,100	33	○			
59	A-45m <sup>2</sup> 盤消火タンク	155	171	38	○			
60	B-45m <sup>2</sup> 盤消火タンク	155	171	38	○			
61	宇中受水櫃	24	36	46	○			
62	宇中合併浄化槽(1)	63	94	42	○			
63	宇中合併浄化槽(2)	126	139	43	○			
64	海水電解装置脱気槽	12	-	n-13	-			
65	補助ボイラ排水処理装置 排水pH中和槽	3	-	n-14	-			
66	重油タンク用油原液差圧調合槽	2	-	n-15	-			
67	補助ボイラ補機冷却水薬液注入貯槽	1	-	n-14	-			
68	ブロータンク	1	-	n-14	-			
69	排水放流槽	1	-	n-14	-			
70	訓練用模擬水櫃	4	-	n-58	-			
71	3号仮設海水淡水化装置(RO処理水櫃)	15	-	n-76	-			
72	3号仮設海水淡水化装置(仮設純水櫃)	5	-	n-77	-			
73	管理事務所1号館東側調整池	1,520	1,672	9	○			
74	A-50m <sup>2</sup> 盤消火タンク	155	171	28	○			
75	B-50m <sup>2</sup> 盤消火タンク	155	171	28	○			
76	濁水処理装置	10	-	n-71	-			
合計							20,024	22,256

- ※1 輪谷貯水櫃のスロッシング解析値(1,694m<sup>3</sup>)と実験値の差を踏まえて1.1倍し、切上げた値。
- ※2 ( )内はエリア内の溢水源とする屋外タンク等の保有水量の合計を示す。
- ※3 評価に用いる溢水量は保有水量を以下のとおり割り増した。  
 20m<sup>3</sup>以上100m<sup>3</sup>以下の屋外タンク等: 1.5倍  
 100m<sup>3</sup>を超える屋外タンク等: 1.1倍  
 輪谷貯水櫃(東側): 1,864m<sup>3</sup>を上回る2,200m<sup>3</sup>とした。

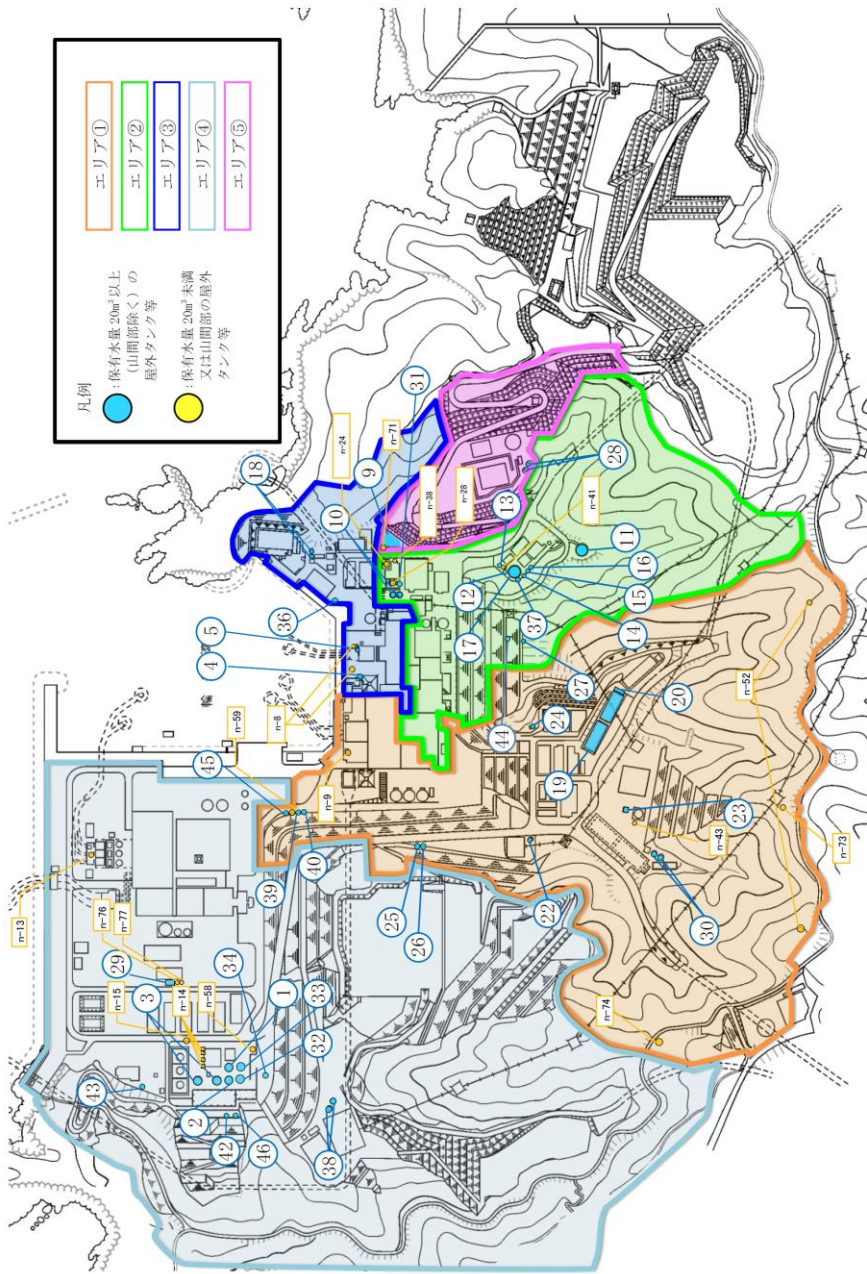


図 10-2 溢水源とする屋外タンク等の配置図

9条-別添1-10-4

a. 屋外タンク等の溢水伝播挙動評価

屋外タンク等の地震による損傷形態としてはタンクの側板基礎部や側板上部の座屈、また接続配管の破断等が考えられる。このため、地震によりタンクに大開口が生じ短時間で大量の水が流出するようなことはないと考えられるが、屋外タンク等の損傷形態及び流出水の伝播に係る条件について、以下に示す保守的な設定を行った上で、溢水伝播挙動評価を行う。

溢水伝播挙動評価は汎用熱流体解析コードFluentを用いて、以下に示す評価モデルにより敷地の水位を算出する。

なお、輪谷貯水槽（東側）は、溢水防護対象設備の設置されている建物より高所に設置しており、溢水防護対象設備の設置されている建物・区画へ流下することが考えられるため、基準地震動 $S_s$ によって生じるスロッシング量を考慮する。

■溢水伝播挙動評価条件

- 溢水源となる屋外タンク等を表現し、地震による損傷をタンク側板が瞬時に消失するとして模擬する。
- 構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。
- 輪谷貯水槽（東側）は基準地震動 $S_s$ によって生じるスロッシングによる溢水量（時刻歴）を模擬する。

■評価モデル

島根原子力発電所の敷地形状を三次元モデルで模擬する。評価モデルを図10-3-1に示す。

溢水源のモデル化にあたっては、敷地形状（尾根、谷、敷地高さ）を踏まえた発電所構内に流入する降水の集水範囲から、屋外タンク等の設置エリアを5箇所エリアに区分する。エリアを区分するうえで考慮した敷地形状を表10-2に示す。

表10-1に示す保有水量 $20\text{m}^3$ 以上（山間部除く）の屋外タンク等はその設置位置でモデル化する。また、分散している溢水源を集中させることで水位が高くなることから、保有水量 $20\text{m}^3$ 未満又は山間部の屋外タンク等は、その設置位置でモデル化せず、各エリアでモデル化する屋外タンク等の保有水量を割り増すことで考慮する。

区分した各エリアと屋外タンク等の配置を図10-2に、各エリア内の屋外タンク等の合計保有水量と溢水伝播挙動評価に用いる溢水量を表10-1に示す。

表 10-2 エリア区分で考慮した敷地形状

設置エリア	考慮した主な敷地形状
エリア①/②	尾根
エリア①/③	敷地高さ
エリア①/④	尾根
エリア②/③	敷地高さ
エリア②/⑤	敷地高さ
エリア③/⑤	谷

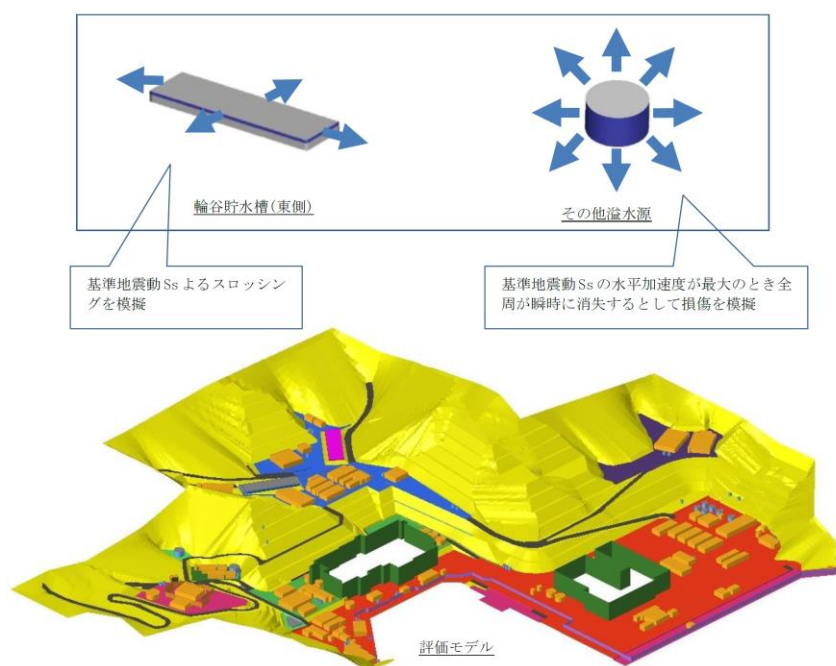


図 10-3-1 溢水伝播挙動の評価モデル

b. 評価結果

評価の結果として得られた溢水伝播挙動を図 10-3-2 に、代表箇所における浸水深の時刻歴を図 10-3-3 に、最大浸水深を表 10-3 に示す。



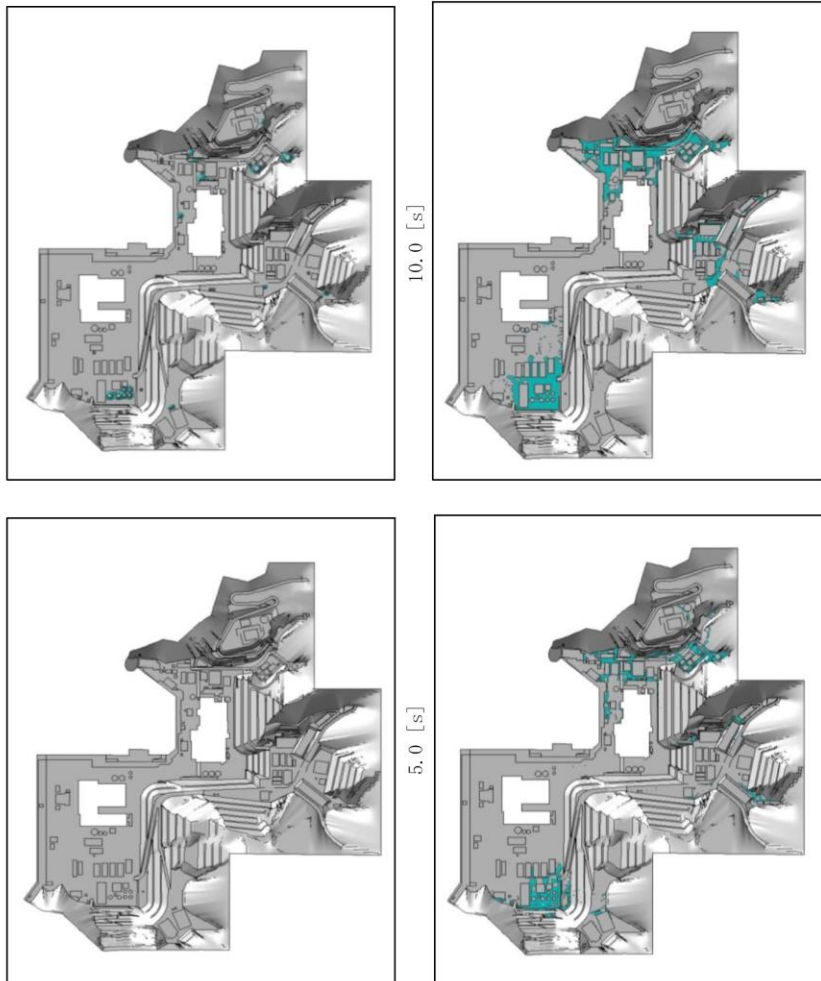


図 10-3-2 屋外タンクの溢水伝播挙動 (1/2)

9条-別添1-10-7

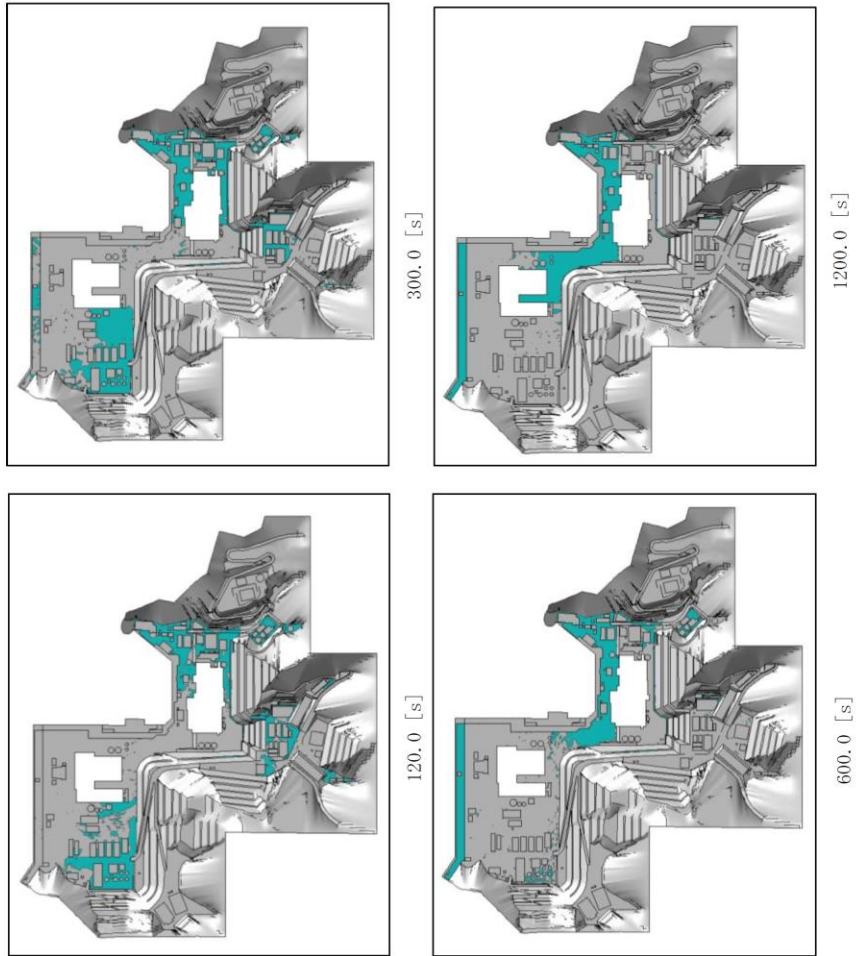


図 10-3-2 屋外タンクの溢水伝播挙動 (2/2)

9条-別添1-10-8

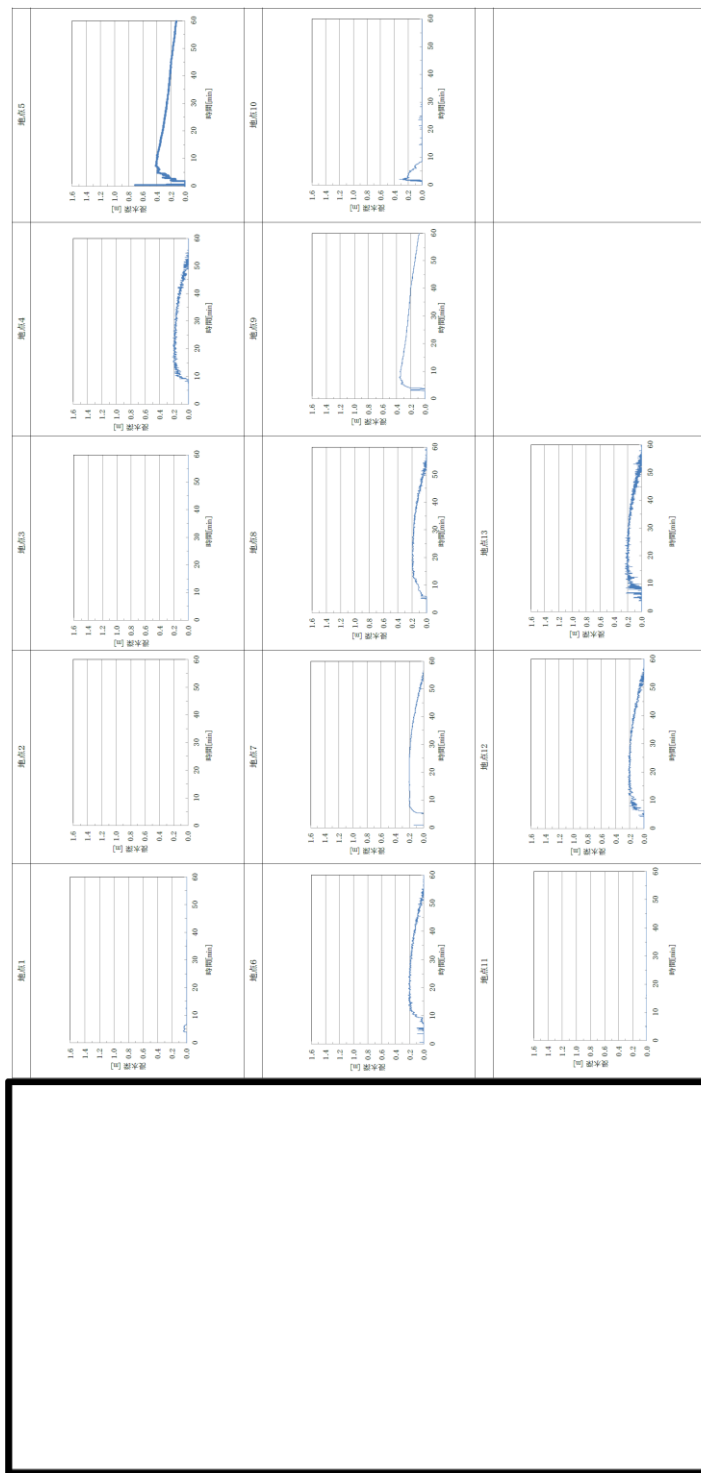


図 10-3-3 代表箇所における浸水深時刻歴

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

9条-別添1-10-9



表 10-3 代表箇所における最大浸水深

代表箇所		基準高さ EL [m]	最大 浸水深 [m]	建物外周扉等 の設置位置 EL [m]
地点 1	原子炉建物南面	15.0	0.05	15.3
地点 2	原子炉建物西面 1	15.0	0.01	15.3
地点 3	原子炉建物西面 2	15.0	0.03	15.3
地点 4	タービン建物南面 1	8.5	0.23	8.8
地点 5	タービン建物南面 2	8.5	0.72	8.9
地点 6	タービン建物南面 3	8.5	0.22	9.1
地点 7	タービン建物南面 4	8.5	0.21	9.26
地点 8	取水槽海水ポンプエリア西面	8.5	0.21	8.8
地点 9	取水槽海水ポンプエリア東面	8.5	0.36	8.8
地点 10	廃棄物処理建物南面	15.0	0.33	15.35
地点 11	B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽北面	15.0	0.02	15.35
地点 12	A-ディーゼル燃料移送ポンプピット西面	8.5	0.23	8.7
地点 13	HPCS-ディーゼル燃料移送ポンプピット西面	8.5	0.25	8.7

c. 影響評価

原子炉建物、廃棄物処理建物及びタービン建物への建物外からの溢水に対する流入経路としては表 10-4 に示す経路が挙げられる。なお、制御室建物については直接地表面と接する外壁はなく、屋外タンク等の溢水が直接浸水する経路はない。

また、建物外に設置されている溢水防護対象設備としては以下があるが、これらに対する流入経路は地表部からの直接伝播となる。

- ・ A-ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・ B-ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・ HPCS-ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・ 原子炉補機海水ポンプ
- ・ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

以上の各流入経路のうち、溢水防護区画への流入経路①～⑤に対する影響評価の結果は次のとおりであり、いずれの経路からも溢水防護区画への浸水はない。

#### 流入経路①

溢水防護対象設備を設置する原子炉建物及び廃棄物処理建物については、各扉付近の溢水水位より外壁に設置された扉の設置位置（敷地高さ(EL15.0m)から0.3m以上）が高いことから溢水防護区画への浸水はない。タービン建物については、外壁にある扉付近の水位が最大で0.72mであり、扉の設置位置（タービン建物東側開口部下端高さ0.4m）を超えるが、開口部下端高さを超える水位の継続時間が短く、流入する溢水は約 $5\text{m}^3$ と少量である。タービン建物のうち耐震Sクラスエリア（東）内に流入した場合、耐震Sクラスエリア（東）における地震起因による溢水量（約 $2,730\text{m}^3$ ）に含めても、耐震Sクラスエリア（東）の溢水を貯留できる空間容積（約 $6,598\text{m}^3$ ）より小さく貯留可能であることから溢水防護区画への浸水はない。

#### 流入経路②

溢水伝播挙動評価による建物廻りの水位は最大でも0.8m程度である。これに対して、地上1m以下の貫通部に対してシリコン等の止水措置を実施していない箇所はないため、本経路から溢水防護区画への浸水はない。

#### 流入経路③

2号炉建物に隣接する1号炉原子炉建物、タービン建物及び廃棄物処理建物については敷地高さ(EL8.5m及びEL15.0m)から0.3mの高さまで建物扉や貫通部がないことを確認している。屋外タンク等からの溢水が1号炉タービン建物等に流入した場合でも、その水の量は僅かと考えられるが、保守的な想定として1号炉タービン建物近傍に設置する溢水源となるタンク（純水タンク（A）（B））（約 $1,200\text{m}^3$ ）が流入したとしても1号炉タービン建物の貯留可能容積は $11,170\text{m}^3$ であるため、流入水は当該建物内に収容されることから、本経路から溢水防護区画への浸水はない。

#### 流入経路④

地下ダクト等はEL8.5mの地下部に7箇所、EL15.0mの地下部に4箇所あり、屋外とダクト又はダクトと建物境界部に止水処置を実施するため、本経路から溢水防護区画への浸水はない（詳細評価は補足説明資料9に示す）。

#### 流入経路⑤

建物間接合部にはエキスパンションジョイント止水板等が設置されているため、本経路から溢水防護区画への浸水はない。

一方、建物外に設置されるA-ディーゼル燃料移送ポンプ及びHPCS-ディーゼル燃料移送ポンプについては、当該設備を設置する区画に高さ2mの防水壁及び水密扉を設置すること、また、B-ディーゼル燃料移送ポンプについては、当該設備

近傍の浸水深は低く（表 10-3 地点 11 最大浸水深：0.02m）、扉の設置位置（敷地高さ（EL15.0m）から 0.35m）の方が高いことから溢水防護区画への浸水はない。

原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプについては、当該設備を設置する取水槽海水ポンプエリアの天端開口部に高さ 2m の防水壁を設置することにより、溢水による影響を防止する。

なお、詳細設計の段階において建物外に設置する溢水防護対象設備についても、本項に示す溢水伝播挙動評価により得られる各設置位置における浸水深に対して対策を講じることにより、溢水による影響を防止する。

以上より、地震起因による屋外タンク等からの溢水は、溢水防護対象設備に影響を与えることがないものと評価する。

表 10-4 溢水防護区画への流入経路

NO.	流入経路
①	建物外壁にある扉
②	建物外壁にある隙間部（配管貫通部）
③	1号建物扉 →1号建物扉と溢水防護対象設備を設置された建物の境界における開口部
④	地下ダクト接続箇所
⑤	建物間の接合部

溢水影響のある屋外タンク等の選定について

1. はじめに

溢水防護対象設備が設置されている建物等への溢水影響評価において、溢水影響のある屋外タンク等の選定方法を示す。

2. 屋外タンク等の抽出

島根原子力発電所敷地内において、地上部に設置されており、内部流体が液体である屋外タンク、貯水槽、沈砂池及び調整池等を図面又は現場調査により抽出した。

3. 溢水影響のある屋外タンク等の選定

図面又は現場調査により抽出した屋外タンク等を溢水源の選定フローに基づき溢水源とする屋外タンク等又は溢水源としない屋外タンク等に選定する。溢水源の選定フローを図1に、選定結果を表1に、配置図を図2に示す。

宇中貯水槽及び中和沈殿槽、輪谷貯水槽（西側）沈砂池、輪谷200t貯水槽は敷地を掘り込んだ構造となっており、水面が敷地高さより低いため、溢水源とする屋外タンク等の対象から除外した。また、敷地形状から建物側へ流れないことを確認している屋外タンク等は対象から除外した。

なお、輪谷貯水槽（西側）は基準地震動  $S_s$  による地震力に対し機能維持する密閉式貯水槽を設置するため、スロッシングを含め溢水は生じない。

4. 溢水源としない屋外タンク等の対策

溢水源としない屋外タンク等の対策内容を以下に示す。

(1) 区分A

基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、タンク又は防油堤等のバウンダリ機能を保持させる。

(2) 区分B

タンクを空運用とすることとし、QMS文書に反映し管理する。

(3) 区分C

FRP又は樹脂系塗装等で塗装された保有水量全量を保持できる堰の設置等の流出防止対策を実施する。

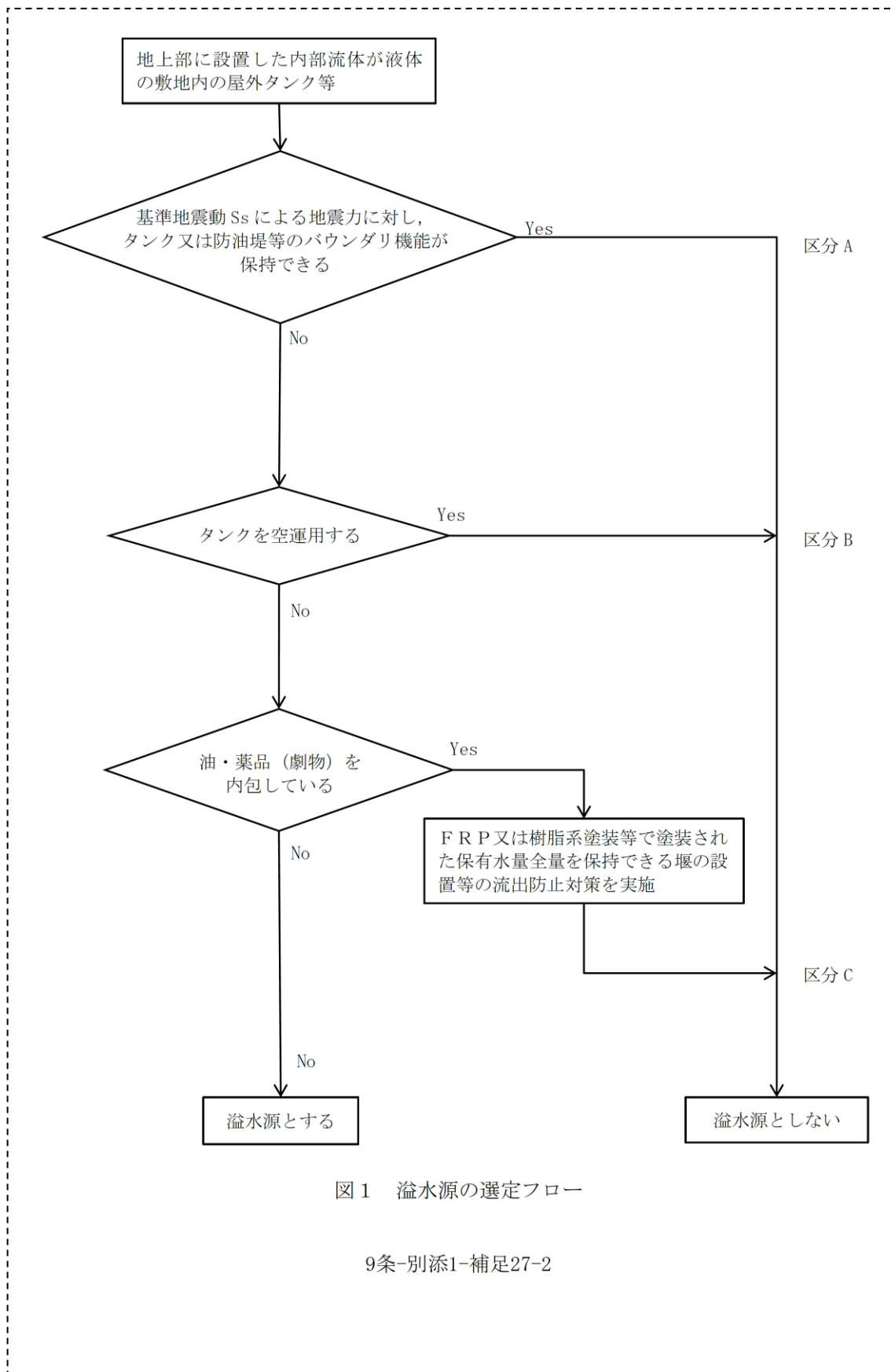


図1 溢水源の選定フロー

9条-別添1-補足27-2

表1 溢水影響のある屋外タンク等の選定結果 (1/2)

No.	名称	内容物	保有水量 [m <sup>3</sup> ]	選定結果 <sup>*1</sup>	配置図 No	区分
1	タービン油計量タンク	油	47	×	n-3	C
2	No. 3 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
3	No. 2 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
4	No. 1 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
5	地上式淡水タンク(A)	水	560	×	n-7	B
6	地上式淡水タンク(B)	水	560	×	n-7	B
7	電解液受槽 (1号)	薬品 (非劇物)	22	○	5	—
8	電解液受槽 (2号)	薬品 (非劇物)	10	○	n-8	—
9	鉄イオン溶解タンク (2号)	薬品 (非劇物)	19	○	n-9	—
10	硫酸貯蔵タンク	薬品 (劇物)	6	×	n-10-1	C
11	苛性ソーダ貯蔵タンク	薬品 (劇物)	30	×	n-10-1	B
12	1号機主変圧器	油	0	×	n-11	B
13	1号機所内変圧器	油	0	×	n-11	B
14	2号機主変圧器	油	77	×	n-12	C
15	2号機所内変圧器(A)	油	10	×	n-12	C
16	2号機所内変圧器(B)	油	10	×	n-12	C
17	2号機起動変圧器	油	24	×	n-12	C
18	海水電解装置脱気槽	薬品 (非劇物)	12	○	n-13	—
19	補助ボイラ排水処理装置 pH調整用 酸貯槽	薬品 (劇物)	1	×	n-14-1	C
20	補助ボイラ排水処理装置 pH調整用 7%NaOH貯槽	薬品 (劇物)	1	×	n-14-1	C
21	補助ボイラ排水処理装置 排水 pH中和槽	水	3	○	n-14	—
22	補助ボイラ補機冷却水薬液注入貯槽	薬品 (非劇物)	1	○	n-14	—
23	重油タンク用泡原液差圧調合槽	薬品 (非劇物)	2	○	n-15	—
24	3号機主変圧器	油	141	×	n-16	C
25	3号機所内変圧器	油	21	×	n-16	C
26	3号機補助変圧器	油	37	×	n-16	C
27	空気分離器	油	2	×	n-17	C
28	500kVケーブル給油装置	油	1	×	n-16	C
29	補助ボイラサーピスタタンク	油	2	×	n-14-1	C
30	1号処理水受入タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-3	B
31	3号復水貯蔵タンク	水	2,000	×	n-74	A-2
32	3号補助復水貯蔵タンク	水	2,000	×	n-74	A-2
33	代替注水槽	水	2,500	×	n-20	B
34	3号補助消火水槽 (A)	水	200	×	n-75	B
35	3号補助消火水槽 (B)	水	200	×	n-75	B
36	3号ろ過水タンク (A)	水	1,000	○	1	—
37	3号純水タンク (A)	水	1,000	○	2	—
38	消火用水タンク (A)	水	1,200	○	3	—
39	消火用水タンク (B)	水	1,200	○	3	—
40	宇中受水槽	水	24	○	46	—
41	変圧器消火水槽	水	306	○	4	—
42	管理事務所1号館東側調整池	水	1,520	○	9	—
43	3号所内ボイラサーピスタタンク	油	2	×	n-24-2	C
44	4号所内ボイラサーピスタタンク	油	2	×	n-24-3	C
45	苛性ソーダ貯蔵タンク	薬品 (劇物)	26	×	n-27	C
46	排水中和用塩酸タンク	薬品 (劇物)	1	×	n-27	C
47	排水中和用苛性ソーダタンク	薬品 (劇物)	1	×	n-27	C
48	塩酸貯槽	薬品 (劇物)	3	×	n-28-3	C
49	予備変圧器	油	10	×	n-31	C
50	1号機起動変圧器	油	48	×	n-32	C
51	硫酸貯蔵タンク	薬品 (劇物)	10	×	n-27	C
52	1号復水貯蔵タンク	水 (放射性)	500	×	n-33	A-2
53	1号補助サーピスタタンク	水 (放射性)	500	×	n-34	B
54	純水タンク(A)	水	600	○	10	—
55	純水タンク(B)	水	600	○	10	—
56	2号復水貯蔵タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-35	A-2
57	2号補助復水貯蔵タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-36	A-2
58	2号トーラス水受入タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-37	A-2
59	A-真空脱気塔	水	2	○	n-38	—
60	B-真空脱気塔	水	2	○	n-38-1	—
61	冷却水回収槽	水	2	○	n-38-2	—
62	C-真空脱気塔	水	3	○	n-28	—
63	D-真空脱気塔	水	3	○	n-28-1	—

9条-別添1-補足27-3



表1 溢水影響のある屋外タンク等の選定結果 (2/2)

No.	名称	内容物	保有水量 [m <sup>3</sup> ]	選定結果 <sup>※1</sup>	配置図 No	区分
64	C/D用冷却水回収槽	水	2	○	n-28-2	—
65	2号ろ過水タンク	水	3,000	○	11	—
66	1号除だく槽	水	87	○	12	—
67	1号ろ過器	水	62	○	13	—
68	2号除だく槽	水	102	○	14	—
69	2号ろ過器	水	36	○	15	—
70	2号濃縮槽	水	30	○	16	—
71	1号除だく槽排水槽	水	7	○	n-41	—
72	22m盤受水槽	水	30	○	37	—
73	1号ろ過水タンク	水	3,000	○	17	—
74	ガスタービン発電機用軽油タンク	油	560	×	n-43-1	A-1
75	洩火薬剤貯蔵槽 (ガスタービン発電機用軽油タンク)	薬品 (非劇物)	1	○	n-43	—
76	OFケーブルタンク	油	3	×	n-47	C
77	輪谷貯水槽 (東側)	水	1,864 <sup>※2</sup>	○	19	—
78	輪谷貯水槽 (西側)	水	10,000	×	n-55	A-2
79	輪谷貯水槽 (東側) 沈砂池	水	260	○	20	—
80	碍子水洗タンク	水	146	○	22	—
81	原水80t水槽	水	80	○	24	—
82	雑用水タンク	水	33	○	26	—
83	宇中系統中継水槽 (西山水槽)	水	30	○	25	—
84	59m盤トイレ用水貯槽	水	32	○	44	—
85	500kVケーブル給油装置	油	1	×	n-48	C
86	非常用ろ過水タンク	水	2,500	×	n-49	A-2
87	74m盤受水槽 (2槽)	水	60	○	27	—
88	山林用防火水槽 (スカイライン)	水	50	○	n-52	—
89	山林用防火水槽 (スカイライン)	水	50	○	n-52	—
90	A-サイトバンカ建物消火タンク	水	46	○	18	—
91	B-サイトバンカ建物消火タンク	水	46	○	18	—
92	A-50m盤消火タンク	水	155	○	28	—
93	B-50m盤消火タンク	水	155	○	28	—
94	3号仮設海水淡水化装置 (海水受水槽)	水	25	○	29	—
96	3号仮設海水淡水化装置 (RO処理水槽)	水	15	○	n-76	—
97	3号仮設海水淡水化装置 (仮設純水槽)	水	5	○	n-77	—
97	ガスタービン発電機用軽油タンク用消火タンク	水	49	○	23	—
98	仮設合併処理槽	水	31	○	34	—
99	管理事務所4号館用消火タンク	水	21	○	36	—
100	仮設水槽-1 (2号西側法面付近)	水	20	○	39	—
101	仮設水槽-2 (2号西側法面付近)	水	20	○	40	—
103	仮設水槽-3 (2号西側法面付近)	水	20	○	45	—
103	純水装置廃液処理設備	水	42	○	31	—
104	3号純水タンク (B)	水	1,000	○	32	—
105	3号ろ過水タンク (B)	水	1,000	○	33	—
106	A-44m盤消火タンク	水	155	○	30	—
107	B-44m盤消火タンク	水	155	○	30	—
108	A-45m盤消火タンク	水	155	○	38	—
109	B-45m盤消火タンク	水	155	○	38	—
110	宇中合併浄化槽 (1)	水	63	○	42	—
111	宇中合併浄化槽 (2)	水	126	○	43	—
112	ブロータンク	水	1	○	n-14	—
113	排水放流槽	水	1	○	n-14	—
114	訓練用模擬水槽	水	4	○	n-58	—
115	1号海水電解装置電解槽 (循環7分 8槽)	薬品 (非劇物)	2	○	n-8	—
116	2号海水電解装置電解槽 (非循環7分 12槽)	薬品 (非劇物)	2	○	n-8	—
117	仮設水槽 (2号西側法面付近)	水	2	○	n-59	—
118	25MVA緊急用変圧器	油	15	×	n-60	A-1
119	所内ボイラブロータンク	水	1	○	n-24	—
120	所内ボイラ冷却水冷却塔	水	1	○	n-24-1	—
121	濁水処理装置	水	10	○	n-71	—
122	防火水槽	水	20	○	n-74	—
123	防火水槽	水	20	○	n-73	—
124	トイレ用ろ過水貯槽	水	8	○	n-41	—

※1: 溢水源とする屋外タンク等を「○」、溢水源としない屋外タンク等を「×」とする。  
 ※2: 基準地震動 Ss による地震力に対し耐震性を有しているため、スロッシング量を保有水量とした。  
 保有水量は、スロッシング解析値 (1,694m<sup>3</sup>) と実験値の差を踏まえ 1.1 倍し、切上げた値。

区分 A: 基準地震動 Ss による地震力に対し、タンク又は防油堤等のバウンダリ機能が保持できる。  
 A-1: SA 対応において基準地震動 Ss による地震力に対し、耐震性を確保するもの。  
 A-2: 溢水影響評価において基準地震動 Ss による地震力に対し、耐震性を確保するもの。  
 区分 B: タンクを空運用する。  
 区分 C: FRP 又は樹脂系塗装等で塗装された保有水量全量を保持できる堰を設置し、配管破断等により堰外への流出防止対策を実施する。

9条-別添1-補足27-4

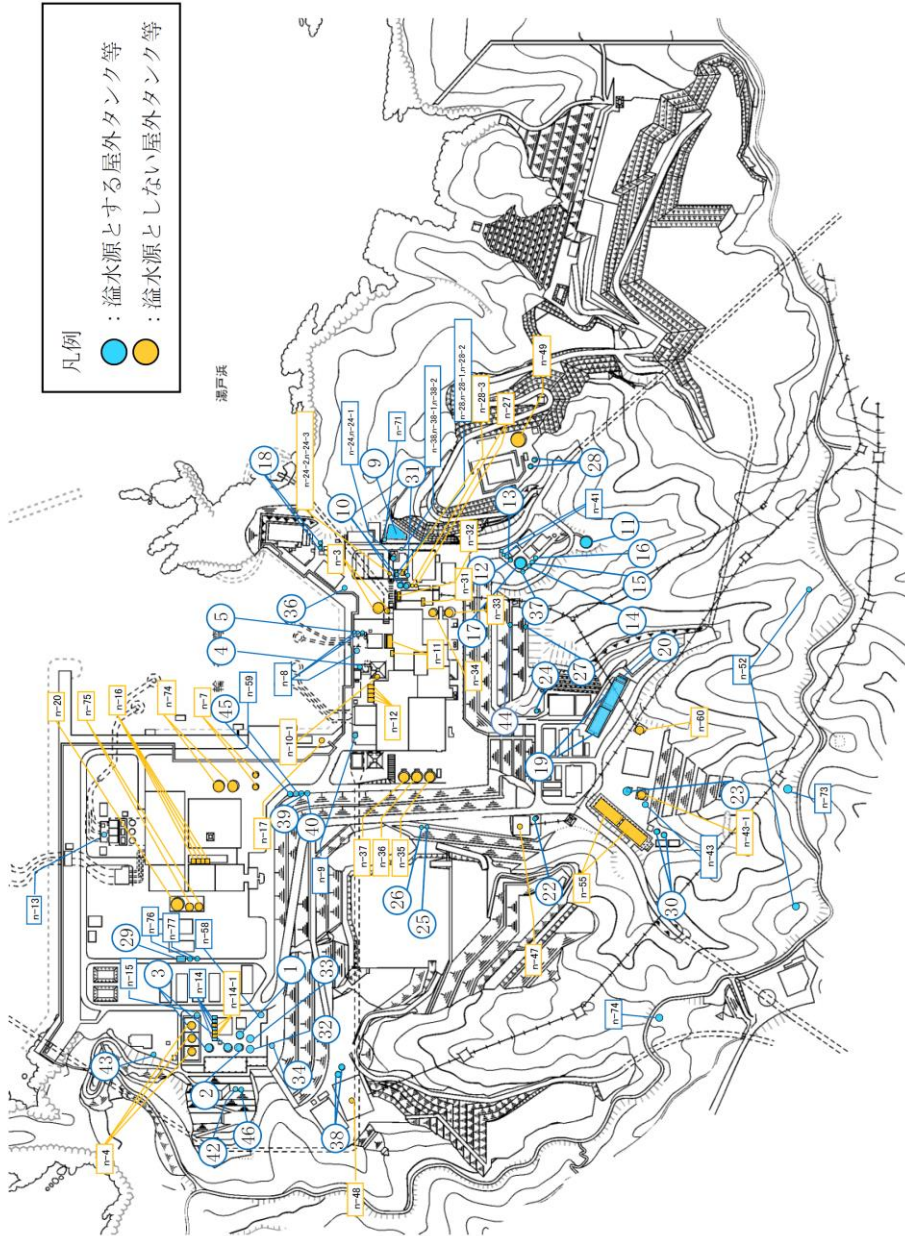


図 2 発電所敷地内に地上設置されている屋外タンク等の配置図

9条-別添1-補足27-5

5条-別添1-添付10-42



## 7. 建物外周地下部における地下水位の上昇（事象 f. ）

### 10.2 地下水の溢水による影響

島根原子力発電所2号炉では、溢水防護区画を構成する原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物の周辺地下部に、図 10-6 に示すように地下水位低下設備を設置することとしており、同設備により各建物周辺に流入する地下水の排出を行う。

#### 10.2.1 各建物の地下水位低下設備の設置について

原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物の周辺地下部に、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して機能維持する地下水位低下設備を設置することによって、地震時及び地震後においても地下水を地上の雨水排水系統へ排水することが可能である。また、地下水位低下設備の電源は、非常用電源系統より供給することから、外部電源喪失時にも排水が可能となっており、水位が上昇し続けることはない（「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止 別紙-17 地下水位低下設備について」参照）。

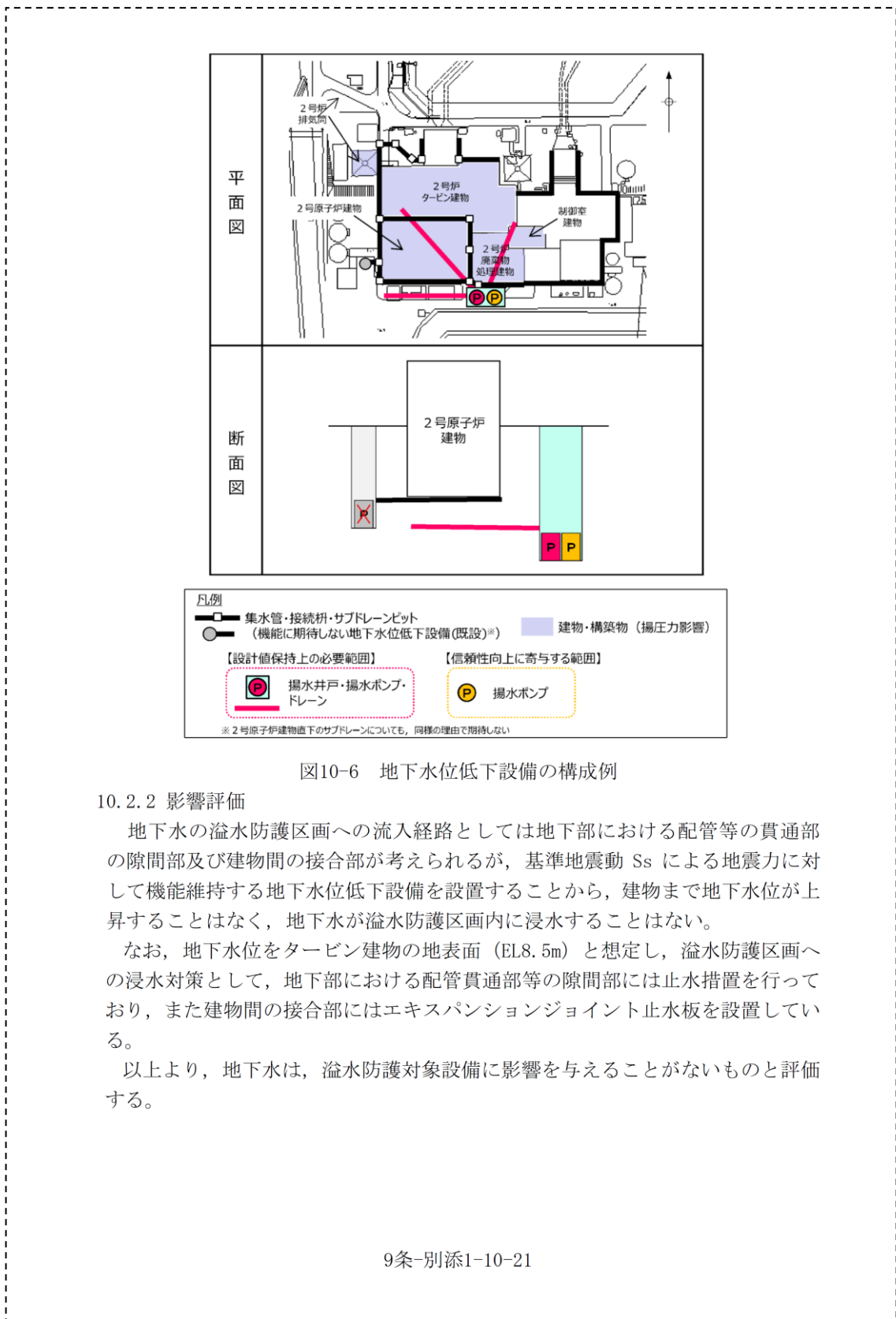


図10-6 地下水水位低下設備の構成例

### 10.2.2 影響評価

地下水の溢水防護区画への流入経路としては地下部における配管等の貫通部の隙間部及び建物間の接合部が考えられるが、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して機能維持する地下水水位低下設備を設置することから、建物まで地下水位が上昇することはない、地下水が溢水防護区画内に浸水することはない。

なお、地下水位をタービン建物の地表面 (EL8.5m) と想定し、溢水防護区画への浸水対策として、地下部における配管貫通部等の隙間部には止水措置を行っており、また建物間の接合部にはエキスパンションジョイント止水板を設置している。

以上より、地下水は、溢水防護対象設備に影響を与えることがないものと評価する。

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

## 1. はじめに

浸水防護重点化範囲の境界については，浸水を防止するため浸水防止設備を設置している。

浸水防護重点化範囲であるタービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア），取水槽海水ポンプエリア，取水槽循環水ポンプエリアに浸水対策として実施している浸水防止設備については，内郭防護として整理する。

## 2. 浸水対策の位置

### (1) タービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）

タービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）に対する浸水対策については，タービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）とタービン建物（復水器を設置するエリア）との境界における浸水対策及びタービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）と海域との境界における対策があることから，以下にそれぞれの内容について示す。

#### a. タービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）とタービン建物（復水器を設置するエリア）との境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲であるタービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）への浸水対策として実施している浸水防止設備の設置位置，浸水防止設備リストを示す（図 1，表 1）。

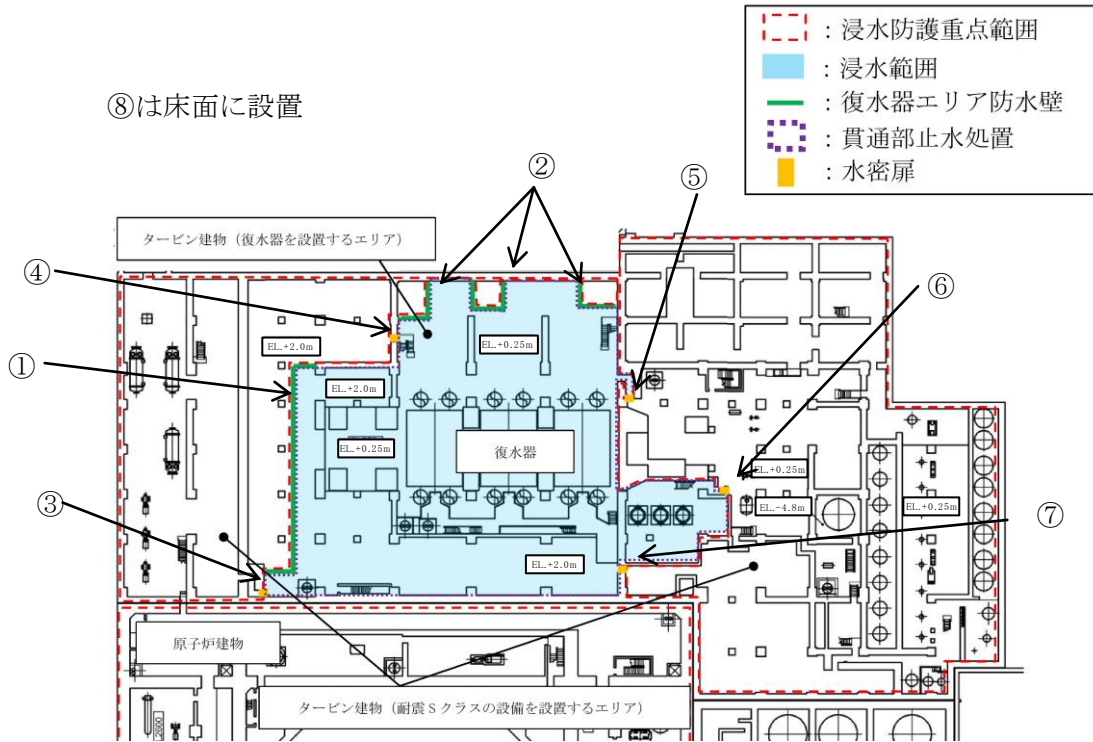


図1 タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）の浸水対策の概要（タービン建物（復水器を設置するエリア）との境界）

表1 タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）の浸水対策設備リスト（タービン建物（復水器を設置するエリア）との境界）

番号	設置高さ	名称	種類	寸法	
				縦	横
①	EL. +2.0m	復水器エリア防水壁	防水壁	設計中	
②	EL. +0.25m		防水壁		
③	EL. +2.0m	復水器エリア水密扉	水密扉		
④	EL. +2.0m		水密扉		
⑤	EL. +0.25m		水密扉		
⑥	EL. +0.25m		水密扉		
⑦	EL. +2.0m		水密扉		
⑧	EL. +0.25m	タービン建物床ドレン 逆止弁	逆止弁		

b. タービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）と海域との境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲であるタービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）への浸水対策として実施している浸水防止設備の設置位置，浸水防止設備リストを示す（図 2，表 2）。

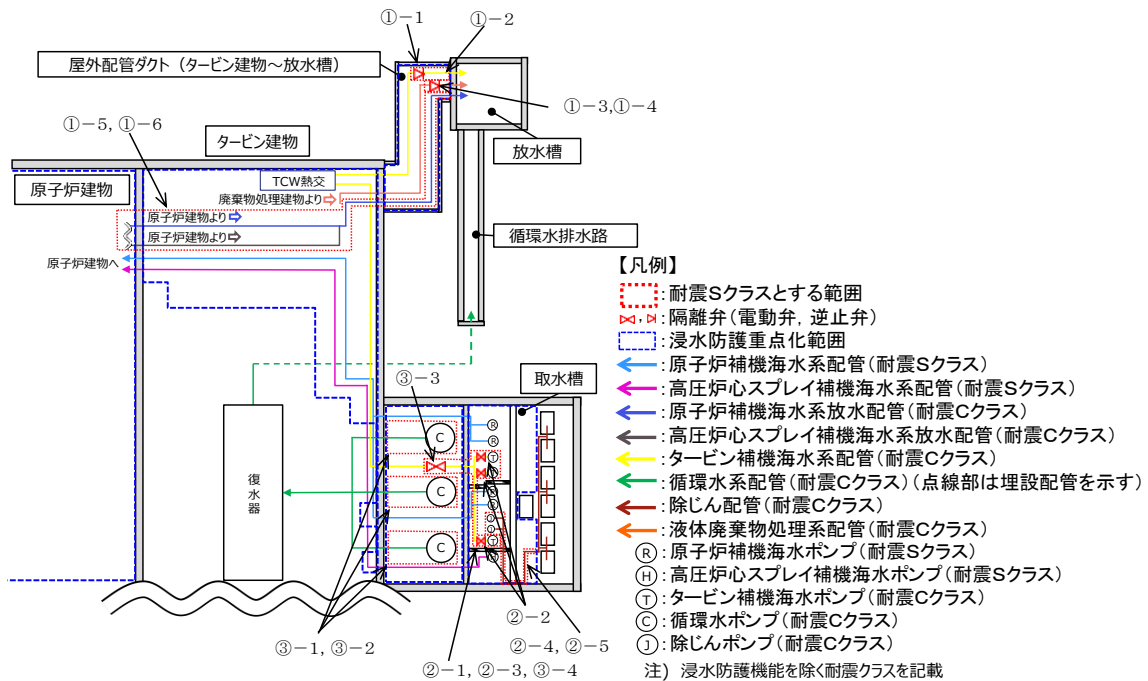


図 2 浸水対策の概要

表 2 タービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）の浸水対策設備リスト（海域との境界）

番号	設置高さ※	名称	種類	寸法	
				縦	横
①-1	EL. +2.76m (屋外配管ダクト)	タービン補機海水系配管 逆止弁	逆止弁	φ 750	
①-2	—	タービン補機海水系配管	配管	—	
①-3	EL. +4.07m (屋外配管ダクト)	液体廃棄物処理系配管 逆止弁	逆止弁	φ 80	
①-4	—	液体廃棄物処理系配管	配管	—	
①-5	—	原子炉補機海水系配管	配管	—	
①-6	—	高圧炉心スプレイ補機 海水系配管	配管	—	

※ 設置高さが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

(2) 取水槽海水ポンプエリア

浸水防護重点化範囲である取水槽海水ポンプエリアに浸水対策として実施している浸水防止設備の設置位置，浸水防止設備リストを示す（図2，表3）。

表3 取水槽海水ポンプエリアの浸水対策設備リスト

番号	設置高さ※	名称	種類	寸法	
				縦	横
②-1	EL. +1.1m	タービン補機海水ポンプ	ポンプ	—	
②-2	EL. +4.1m	タービン補機海水ポンプ 出口弁	電動弁	φ 550	
②-3	—	タービン補機海水系配管	配管	—	
②-4	EL. +1.9m	除じんポンプ	ポンプ	—	
②-5	—	除じん系配管	配管	—	

※ 設置高さが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

(3) 取水槽循環水ポンプエリア

浸水防護重点化範囲である取水槽循環水ポンプエリアに浸水対策として実施している浸水防止設備の設置位置，浸水防止設備リストを示す（図2，表4）。

表4 取水槽海水ポンプエリアの浸水対策設備リスト

番号	設置高さ※	名称	種類	寸法	
				縦	横
③-1	EL. +1.1m	循環水ポンプ	ポンプ	—	
③-2	—	循環水系配管	配管	—	
③-3	EL. +4.0m	タービン補機海水系配管 第二出口弁	電動弁	φ 750	
③-4	—	タービン補機海水系配管	配管	—	

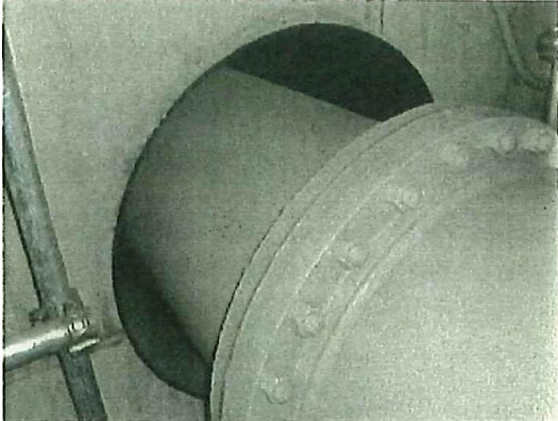
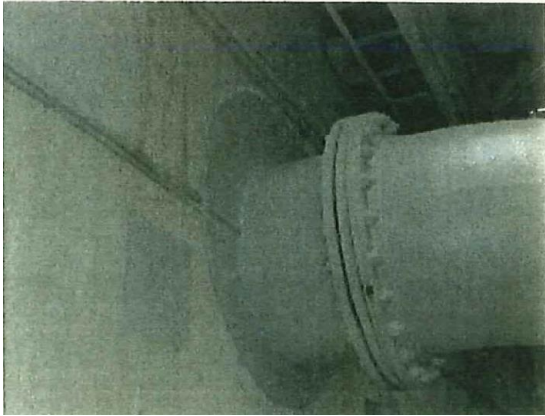
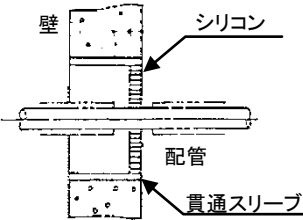
※ 設置高さが複数にまたがる場合等には「—」を記載する。

### 3. 貫通部止水処置の施工例

浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策として実施する貫通部止水処置の施工例を以下に示す。

#### 施工例①

#### シリコンシール

施工前	
施工後	
施工状況	
	



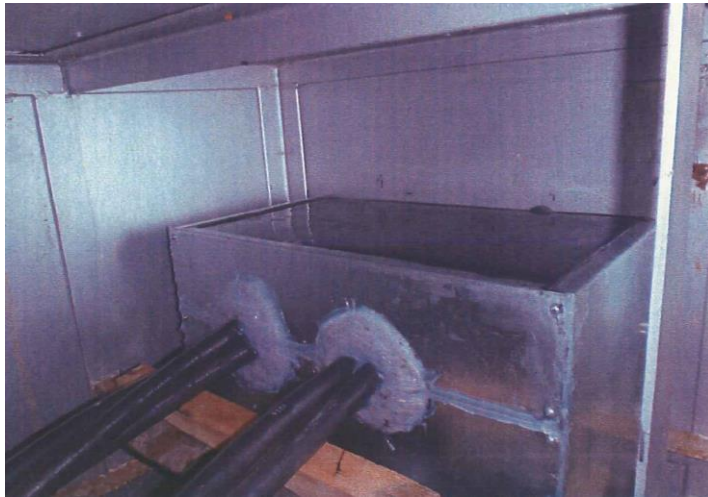
施工例②

シリコンシール

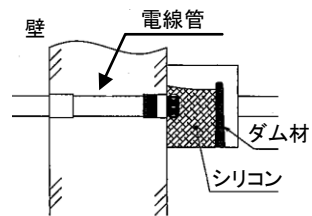
施工前



施工後



施工状況

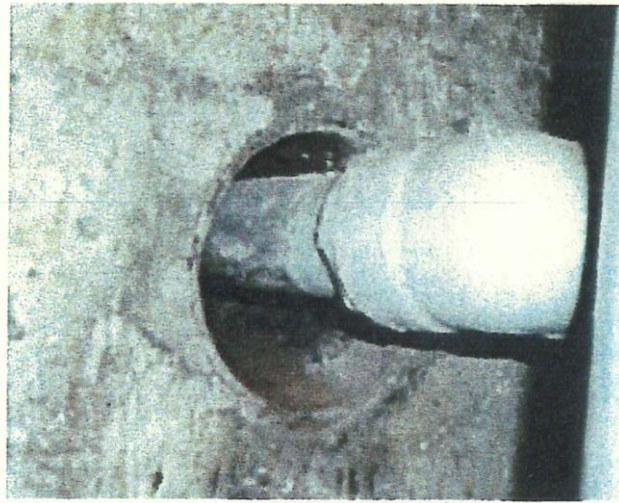




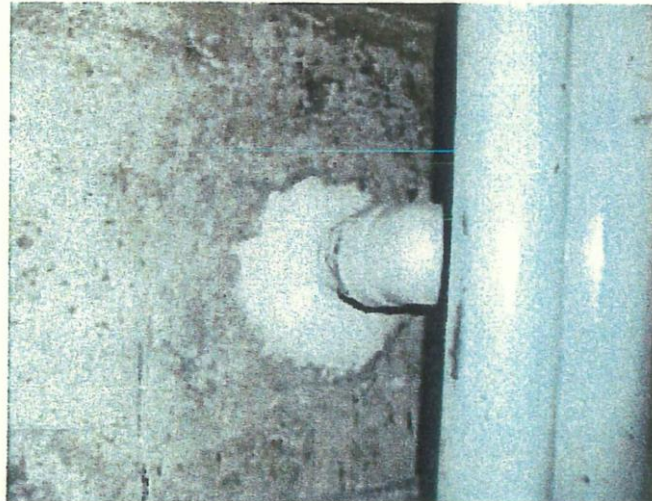
施工例③

モルタル

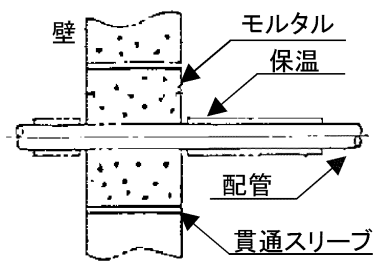
施工前



施工後



施工状況



## 基準津波に伴う砂移動評価について

## 1. はじめに

基準津波による水位変動に伴う海底の砂の移動が取水口への通水性に影響がないことを砂移動評価にて確認している。

ここでは、砂移動解析における粒径の違いによる堆積厚さへの影響及び防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響を検討した。

## 2. 粒径のパラメータスタディ

砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響を確認するため、粒径のパラメータスタディを実施した。

検討は、平均粒径 ( $D_{50}$ ) に加えて、 $D_{10}$  及び  $D_{90}$  を粒径としたケースを追加した。検討ケースを表 1 に示す。粒径は、図 1 に示す粒径加積曲線より、 $D_{10}$  相当は 0.1mm、 $D_{90}$  相当は 0.6mm に設定した。

砂移動評価は、基本ケースにおいて、堆積厚さが厚く評価された高橋ほか(1999)の方法を用いた。評価結果を表 2 に、堆積浸食分布図を図 2 に示す。

評価結果から、粒径を変えることにより評価地点によって堆積厚さに変動はあり、 $D_{10}$  ケースの場合、取水口前面において堆積厚さが 0.05m となったが、海底面から取水呑口下端までの高さ (5.50m) に対して十分に小さいことから、粒径の違いによる取水口前面における堆積厚さへの影響は小さい。

表 1 検討ケース

粒径	備考
0.3mm	$D_{50}$ , 基本ケース (既往ケース)
0.6mm	$D_{90}$ 相当
0.1mm	$D_{10}$ 相当

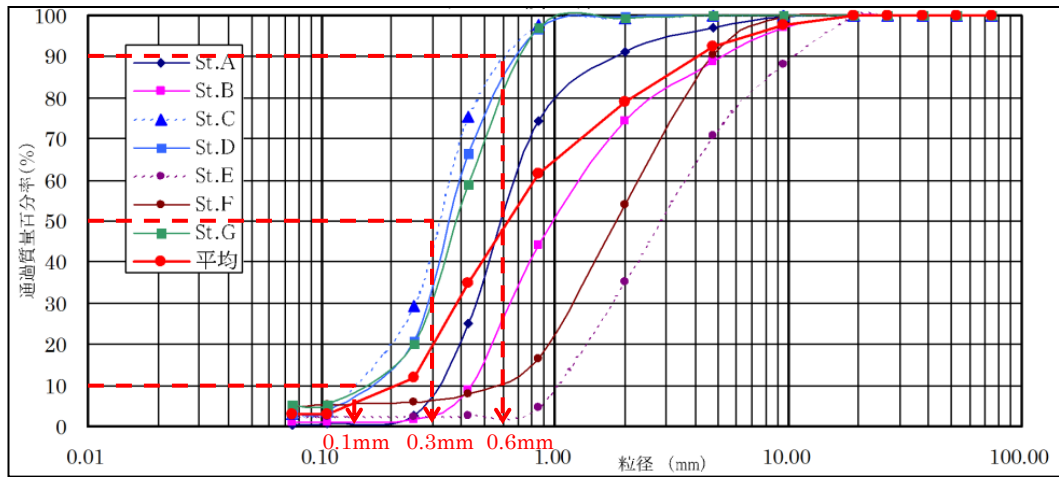


図1 粒径加積曲線

表2 取水口前面の堆積厚さ

基準津波	波源	粒径	取水口堆積厚さ (m)	
			2号炉 取水口 (東)	2号炉 取水口 (西)
基準津波 1	日本海東縁部 (鳥取県モデル; 防波堤有り)	$D_{50}$ (0.3mm)	0.02	0.02
		$D_{90}$ (0.6mm)	0.00	0.00
		$D_{10}$ (0.1mm)	0.05	0.01

基準津波 1

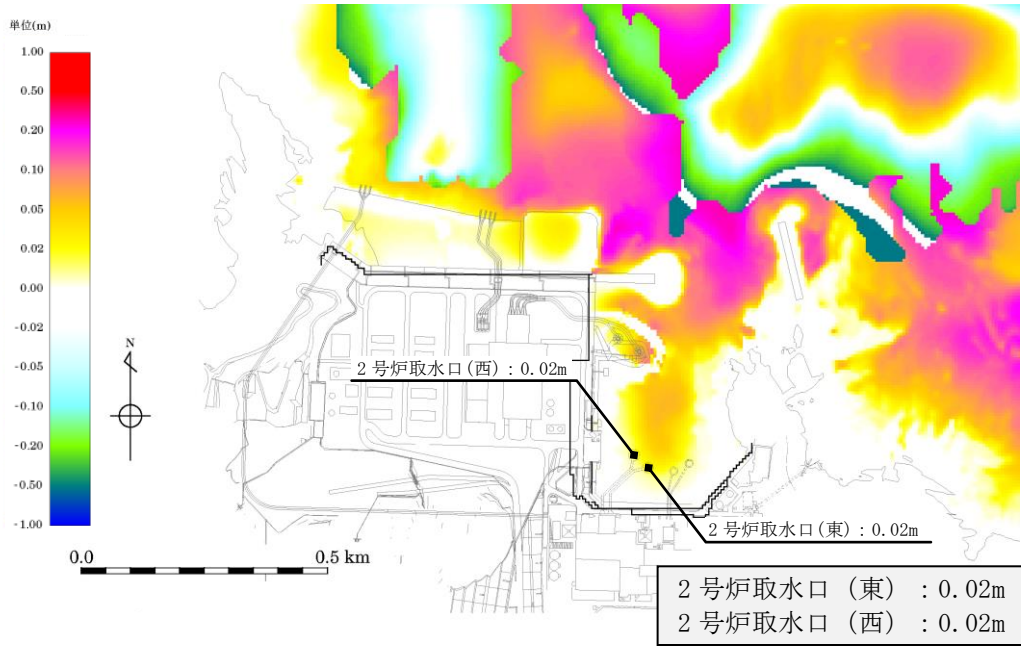


図 2 ( 1 ) 堆積浸食分布  $D_{50}$  (0.3mm)

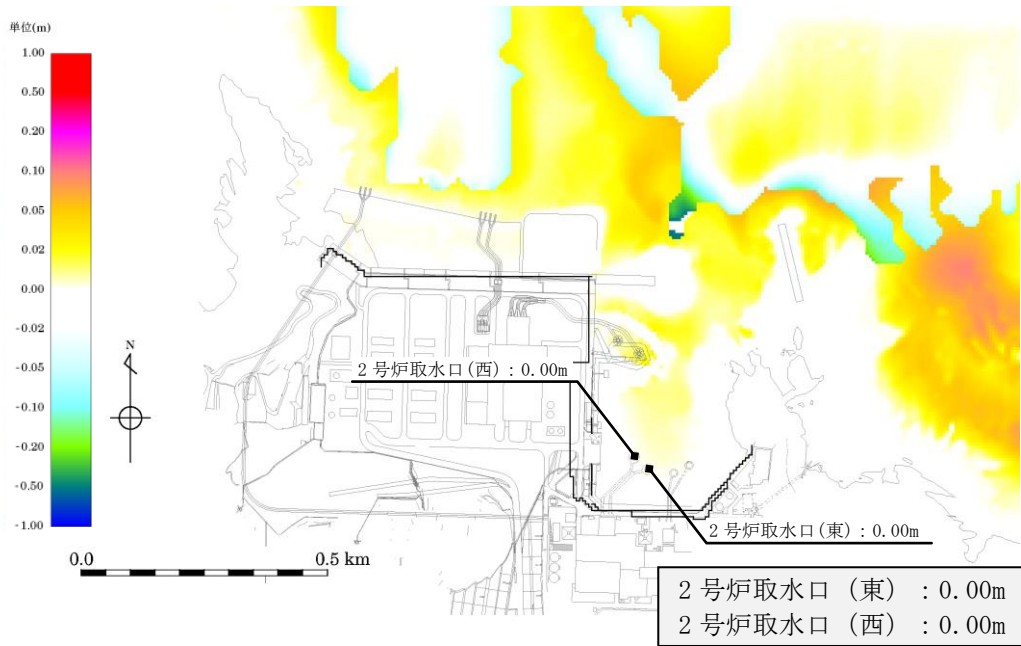


図 2 ( 2 ) 堆積浸食分布  $D_{90}$  (0.6mm)

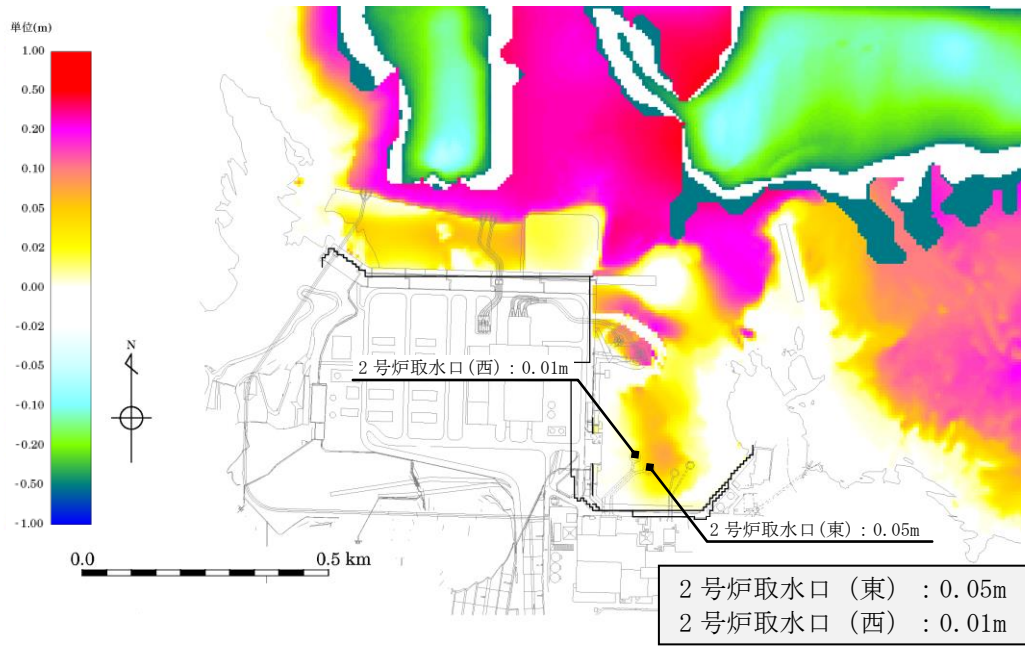


图 2 (3) 堆積浸食分布  $D_{10}(0.1\text{mm})$



## 島根原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について

## 1. 底質土砂の性状

平成7年5～10月に実施した発電所敷地周辺海域での底質土砂の分析結果（粒径分布）では、発電所沿岸域のほとんどが岩、礫及び砂礫で構成されているが、沖合域の海底地質は砂が分布しており、砂に分類される St. A～St. D 及び St. G の平均粒径は 0.5mm 程度であった。試料採取場所を図1に、分析結果を表1に、粒径加積曲線を図2に示す。

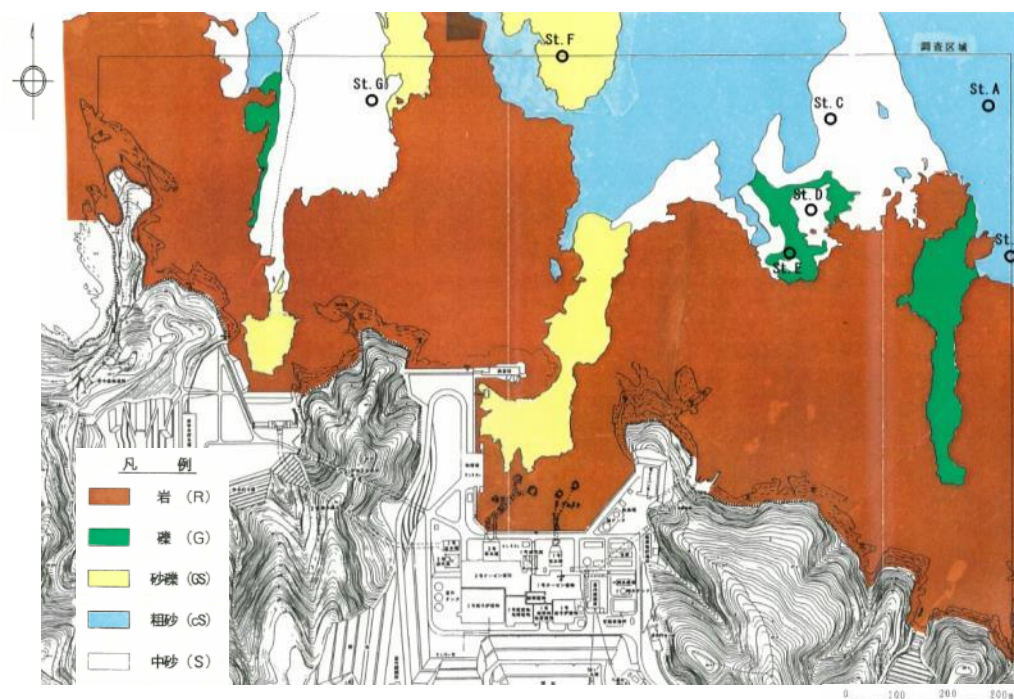


図1 底質土砂の調査地点

表1 底質土砂分析結果

測点	分類	礫分	砂分	シルト分	粘土分	中央粒径 (mm)
		2.0mm 以上	2.0~ 0.075mm	0.075~ 0.005mm	0.005mm 未満	
St. A	粗砂	9	91	0		0.602
St. B	粗砂	26	73	1		0.979
St. C	中砂	1	96	3		0.316
St. D	中砂	0	97	3		0.351
St. G	中砂	1	94	5		0.378
平均						0.525
St. E	細礫	65	33	2		2.82
St. F	砂礫	46	49	5		1.85

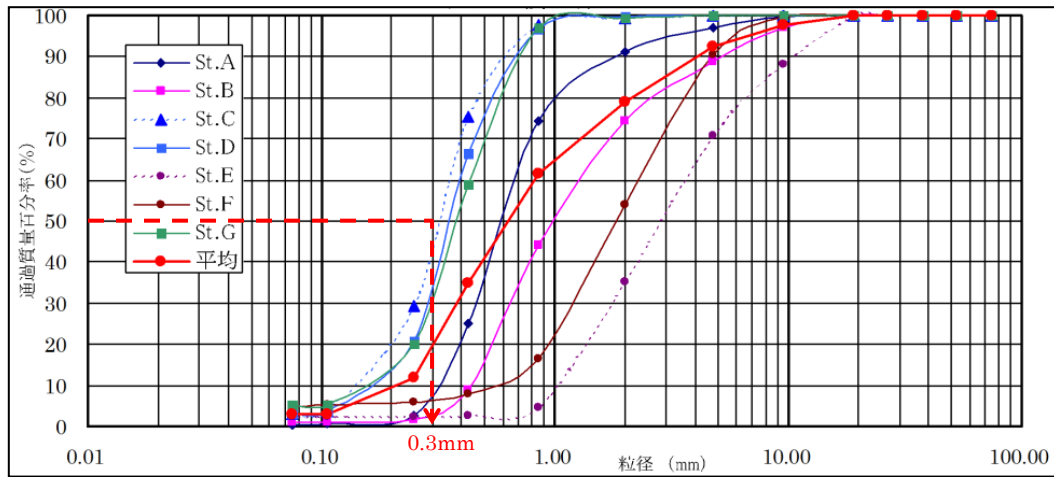


図2 粒径加積曲線

## 2. 砂移動評価に用いる砂の粒径の設定

底質土砂分析結果に基づき、砂移動評価に用いる砂の粒径を設定した。設定に当たっては、以下の2点に留意した。

①底質土砂分析結果の代表性を有する粒径として $D_{50}$ を用いる。

②安全側の評価となるよう、掃流・浮遊が生じやすい細かい粒径を用いる。

上記を考慮し、各測点の $D_{50}$ 粒径のうち、最も細かい粒径となる St. C の $D_{50}$  (0.3mm) を砂移動評価に用いる砂の粒径とする (図2)。



## 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

## 1. はじめに

海水ポンプは、取水時に浮遊砂の一部が軸受潤滑水とともにポンプ軸受に混入したとしても、図1に示すとおり、軸受に設けられた異物逃がし溝(溝深さ約3.5mm)から連続排出される構造となっているため、取水機能は維持できる設計となっている。これまでの運転実績においても、浮遊砂混入による軸受損傷は発生していないが、ここでは、発電所周辺の細かな砂(粒径0.3mm程度)が軸受に混入した場合の軸受の耐性について評価する。

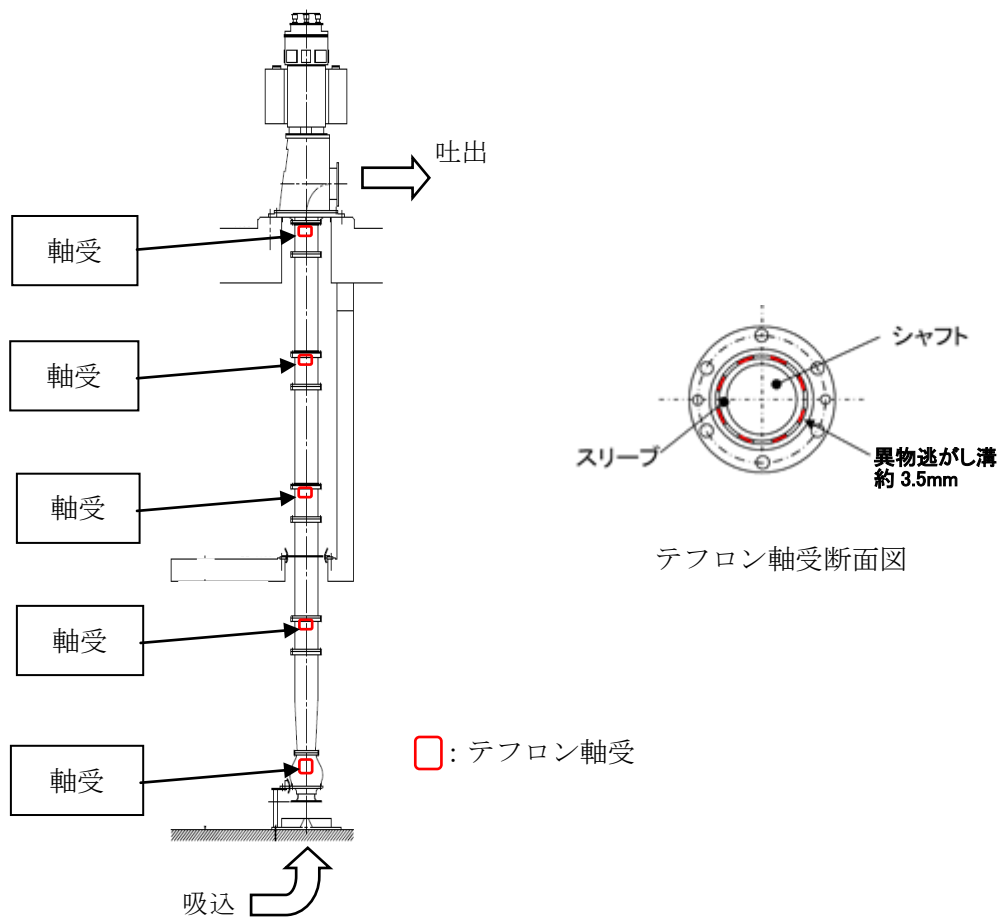


図1 海水ポンプ軸受構造図

## 2. 軸受摩耗試験

### (1) 試験方法

試験ピット内に粒径 0.3mm 程度の砂を入れ、実機海水ポンプを用い軸受の摩耗量を測定した。試験における砂濃度は、島根 2 号炉の取水槽位置における砂濃度を包絡し、また、濃度の違いによる摩耗の傾向を把握するため 2 点設定した。試験条件を表 1 に、海水ポンプ軸受摩耗試験装置の概要を図 2 に示す。

表 1 試験条件

項目	試験条件		備考
砂濃度	1 回目	0.016wt%	島根 2 号炉取水槽位置における砂濃度を包絡し、傾向把握のため 2 点設定。
	2 回目	0.100wt%	
吐出量	2040m <sup>3</sup> /h		ポンプの定格流量。
砂仕様	宇部珪砂 (6 号)		発電所周辺の細かな砂 (粒径 0.3mm 程度) が多く含まれる砂を採用。
試験時間	1 回目	2 時間	試験時間 : 2 時間 2 分 (122 分)
	2 回目	2 時間	試験時間 : 2 時間 22 分 (142 分)

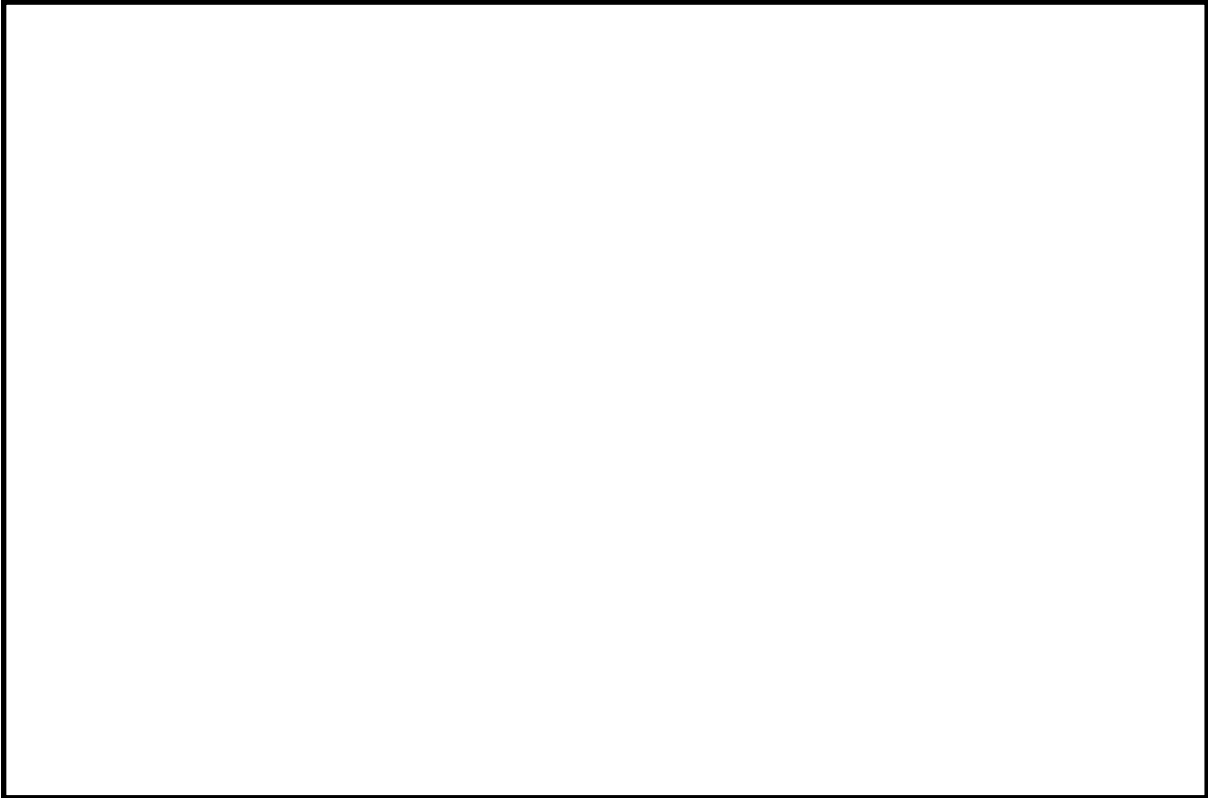
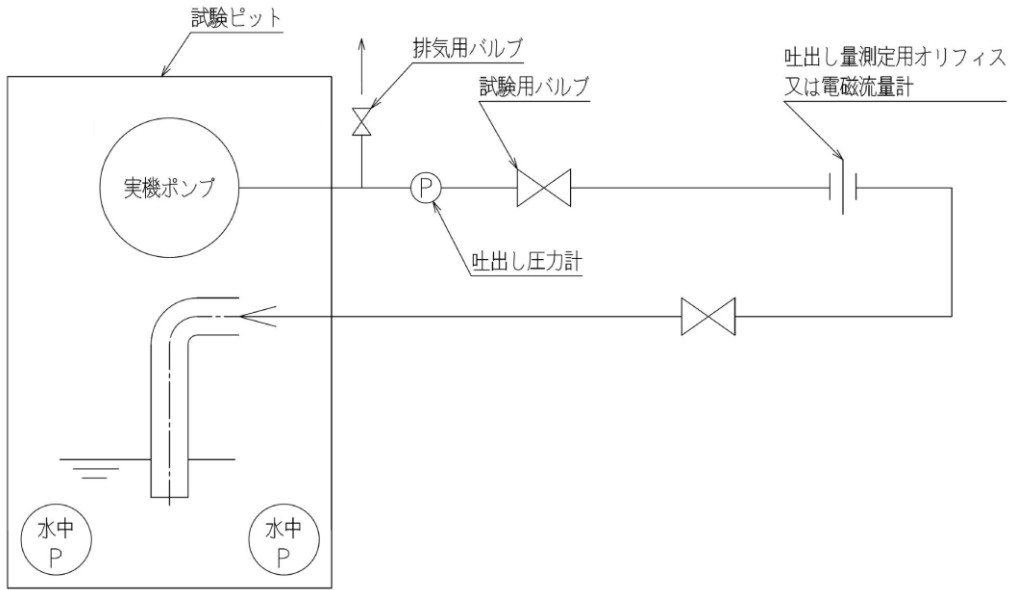


図2 海水ポンプ軸受摩耗試験装置概要

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

(2) 試験結果

砂濃度 0.016wt%及び 0.1wt%における実機海水ポンプの軸受摩耗結果から 1 時間あたりの摩耗量を算出した。試験結果より確認された軸受の 1 時間あたりの摩耗量を表 2 に、濃度と摩耗量の関係を図 3 に示す。

表 2 試験における軸受の摩耗量

--

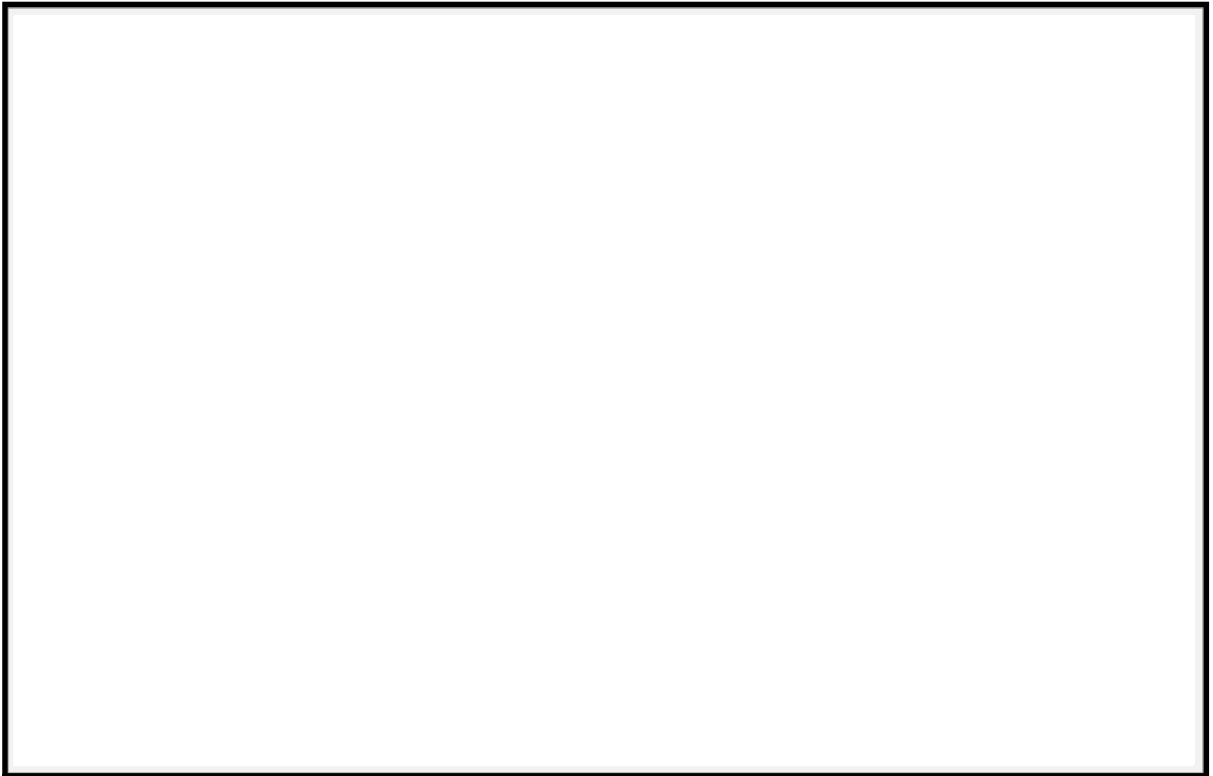


図 3 試験における濃度(wt%)と摩耗量(mm/h)の関係

3. 砂濃度評価

島根 2 号炉の取水槽位置の砂濃度は表 3 に示す条件にて解析を実施し算出している。取水槽位置での砂濃度は図 4 に示すとおりであり、取水槽で砂濃度の変化が見られる 12000 秒から砂濃度が下降傾向を示す 19800 秒間の平均砂濃度  $0.25 \times 10^{-3}$ wt% を評価に用いることとする。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

表3 基準津波による砂移動の解析条件

波源	日本海東縁部（鳥取県モデル；防波堤有り）		
砂移動モデル	高橋ほか（1999）の手法による検討結果		
算出点	取水槽位置	浮遊砂体積濃度上限値	1%

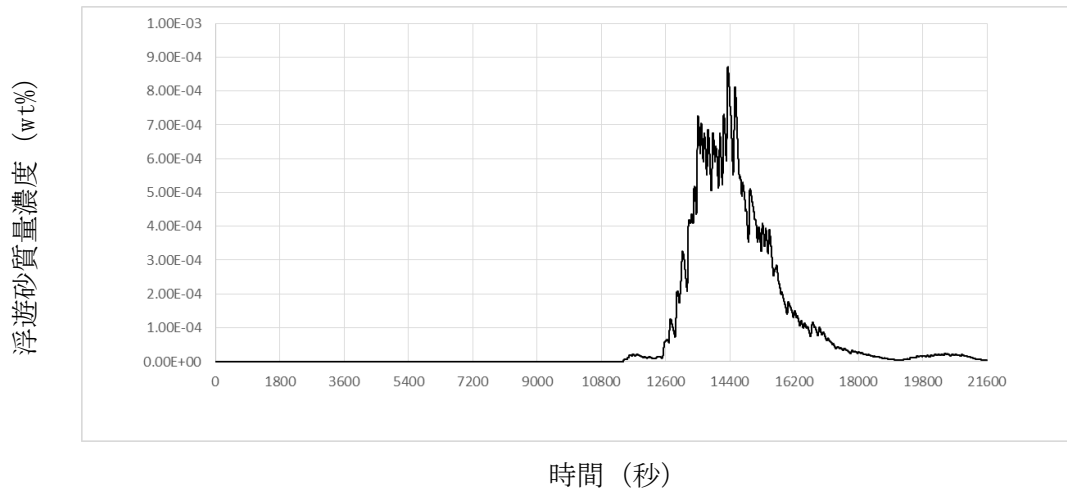


図4 基準津波1（防波堤有り, 循環水ポンプ停止）による砂濃度の評価結果

#### 4. 軸受耐性評価結果

##### (1) 軸受評価方法

軸受評価の方法については、砂濃度 0.016wt%及び0.1wt%の試験で求められた濃度と摩耗量の関係から、砂濃度が低いときに摩耗量は低くなる傾向にある。島根2号炉の取水槽位置の砂濃度は、 $0.25 \times 10^{-3}$ wt%であるため、砂濃度0.016wt%の試験で確認された摩耗量より低くなると考えられるが、ここでは保守的に、試験結果から得られた0.016wt%の砂濃度における摩耗量を  を用いることとする。評価に用いる摩耗量を図5に示す。

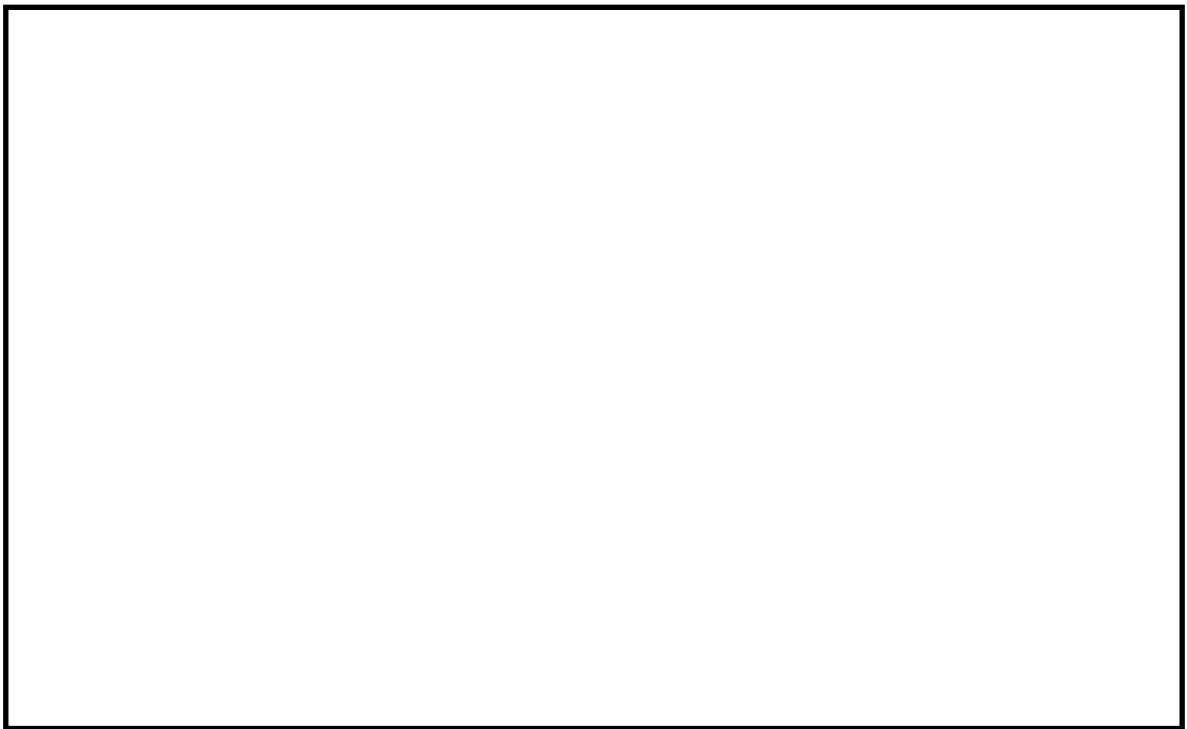


図5 評価に用いる摩耗量

##### (2) 軸受評価結果

隙間管理値に達するまでの許容寸法  に対し、1時間あたりの摩耗量を  とすると、運転可能時間は約82時間と評価される。

#### 5. まとめ

津波襲来による浮遊砂濃度が上昇する時間は長くても3時間程度であり、津波襲来時に海水ポンプ軸受部に浮遊砂が混入したとしても海水ポンプ軸受耐性は十分にあり、取水性に問題はない。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 津波漂流物の調査要領について

### 1. はじめに

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年7月8日施行）」の第五条において、基準津波に対して設計基準対象施設が安全機能を損なわれるおそれがないことが求められており、同解釈の別記3において、基準津波による漂流物に対して取水口及び取水管の通水性が確保できる設計であることが要求されている。

本書は、同要求に対する適合性を示すに当たり実施した「基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等」の調査要領を示すものである。

### 2. 調査要領

#### (1) 調査範囲

調査範囲は、発電所構内については、防波壁外側の荷揚場及び輪谷湾内とし、発電所構外については、基準津波の流向及び流速により発電所周辺5km圏内の海岸線に沿った範囲とする。調査範囲の概要を別紙1に示す。

#### (2) 調査方法

調査は上記の調査範囲を発電所構内・構外、海域・陸域の四つに分類し実施する。分類毎の調査対象、調査方法を表1に示す。

#### (3) 記録方法

調査結果の記録は、「(2) 調査方法」で示した各調査対象について定義や考え方にに基づき、具体的に記録する。調査方法を別紙2に示す。例として、発電所構外陸域の家屋の調査結果を抜粋して示す。

また、人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針を別紙3に示す。

表1 漂流物となる可能性がある施設・設備等の調査方法

調査範囲		調査対象	調査方法	
発電所 構内・構外	海域・陸域			
発電所 構内	海域	船舶	資料調査	船舶証明書を調査し、港湾内に定例業務により来航する船舶を抽出
			聞き取り調査	社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
	陸域	人工構造物 可動・可搬 物品等	聞き取り調査	社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
			現場調査	構内配置図等により、構内にある建物及び機器類等を抽出した上で、現場調査（海上、陸上）により対象を抽出
発電所 構外	海域	船舶等	資料調査	漁業図謄本により定置網漁業区域等について調査
			聞き取り調査	漁港、自治体関係者への聞き取り調査により対象を抽出
			現場調査	現場調査（海上、陸上）により調査対象を抽出
	陸域	人工構造物 可動・可搬 物品等	聞き取り調査	自治体関係者への聞き取り調査により対象を抽出
			現場調査	地図等の資料により、集落及び施設を抽出した上で、現場調査（海上、陸上）により対象を抽出

### 3. 別紙

別紙1：調査範囲の概要

別紙2：調査時の記録方法

別紙3：人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針



調査範囲の概要



図1 漂流物調査範囲概要（発電所構外）

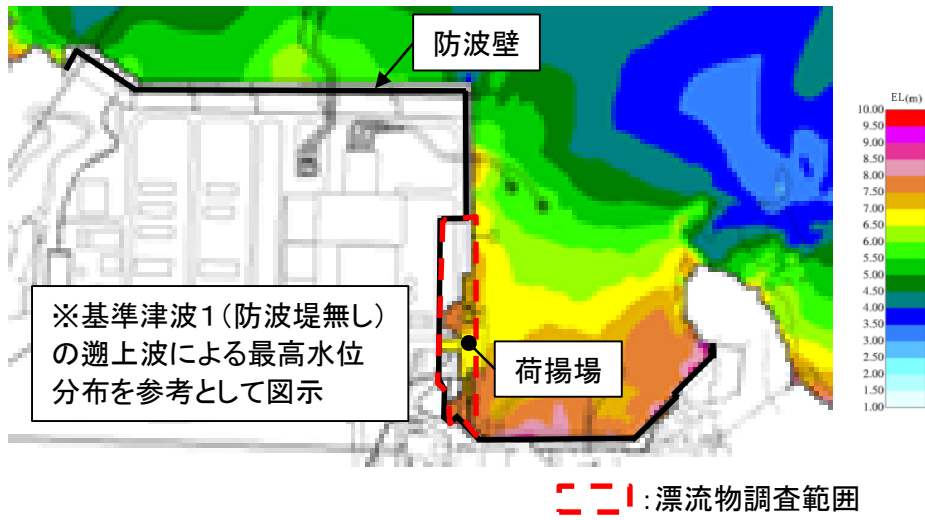


図2 漂流物調査範囲概要 (発電所構内陸域)

## 調査時の記録方法

調査範囲		調査対象		調査方法	記録方法
発電所 構内/ 構外	海域/ 陸域	項目	具体的な定義, 考え方, 例		
発電所 構内	海域	船舶	—	1)以下の資料を調査し, 港湾内に定例業務により来航する船舶を抽出 ・「船舶証明書」 2)社内関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出	入港頻度, 船舶名, 総トン数, 寸法, 状態(保留方法, 位置)
	陸域	建物	土地に定着している建物	1)社内関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出 2)現場調査により上記以外の対象を抽出	名称, 仕様(寸法等), 数量を記録
		機器類	基礎等に据え付けられた本設の機器 <例> ・クレーン ・タンク ・配電盤, 分電盤, 制御盤		
		その他漂流物になり得る物	人工構築物等	構内配置図等により, 構内にある建物及び機器類等を抽出した上で, 現場調査により調査対象を抽出	名称を記載, 仕様(寸法等), 数量を記載
発電所 構外	海域	船舶	—	1)現場調査(海上, 陸上)により調査対象を抽出 2)漁協, 自治体関係者への聞き取り調査により上記以外の対象を抽出 3)以下の資料を調査し, 定置網漁業区域等を抽出 ・「漁業図謄本」	船舶名, 状態(停泊有無, 停泊場所), 数量, 属性(重量) 操業目的, 操業エリア**を記録
		海上設置物	人工構築物 <例> ・定置網 ・浮筏 ・浮棧橋		名称等を記載
	陸域	家屋類	—	1)地図等の資料により, 集落及び施設を抽出した上で, 現場調査(海上, 陸上)により対象を抽出 2)自治体関係者への聞き取り調査により対象を抽出	名称等を記載
	車両	乗用車, 大型車, 二輪車等			
		その他一般構築物	人工構築物, 植生 <例> ・フェンス ・電柱		

※ 操業目的, 操業エリアについては, 発電所沖合で操業する漁船(総トン数10トン以上)及び発電所沿岸で操業する漁船に対して調査を実施

## 発電所構外陸域の漂流物調査結果（家屋）

島根県下力発電所構外の漂流物になり得る可能性のあるもの

種類	番号	名称	数量	重量(約)	寸法(約) W×L×H	叩水	設置場所	調査日時	調査方法 (調査箇所の場合は調査箇所の記載)	備考
家屋	県立-①/②/③/④ (尾瀬および石倉)	一般家屋	525世帯				松江市鹿島町志摩 向古浦地内(陸域)	2019/3/22		世帯数: 石見地区306世帯 世帯数: 出雲地区226世帯
	手-家-①	一般家屋	174世帯				松江市鹿島町手塚地内(陸域)	2019/3/22		
	片-家-①/②	一般家屋	94世帯				松江市鹿島町片岡地内(陸域)	2019/3/22		
	御-家-①	一般家屋	152世帯				松江市鹿島町御津地内(陸域)	2019/3/22		
	大-家-①	一般家屋	271世帯				松江市鹿島町大塚地内(陸域)	2019/3/27		

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

### 人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針

漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）の位置，形状等に変更が生じた場合は，津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性に影響を及ぼす可能性がある。このため，漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）については，基準適合状態維持の観点から，設置状況を定期的（1回／定期事業者検査）に確認するとともに，「2.5.2(3)基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」の第2.5-18図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき評価を実施し，津波防護施設等の健全性又は取水機能を有する安全設備等の取水性を確認し，必要に応じて，対策を実施する。

また，発電所の施設・設備の設置・改造等を行う場合においても，都度，津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性への影響評価を実施し，必要に応じて，対策を実施する。

これらの調査・評価方針については，QMS文書に定め管理する。

## 燃料等輸送船の係留索の耐力について

## 1. 概要

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。また、耐津波設計における係留索を固定する係船柱及び係船環の必要性及び評価方針について別紙に示す。

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。

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。

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）。

## 2. 評価

## (1) 輸送船、係留索、係船柱及び係船環の仕様

輸送船、係留索、係船柱及び係船環の仕様を表 1 に、輸送船の配置例及び係船柱、係船環の位置を図 1 に示す。係留に当たっては、輸送船の位置及び係留索の水平角を固定するため、船首側及び船尾側に各 2 本ずつ（計 4 本）係留索を使用する。なお、上記に伴い、係船柱を 2 本追設するが、追設する係船柱は設計中であり、位置や構造については、詳細設計段階で説明する。

表1 輸送船，係留索，係船柱及び係船環の仕様

項目		仕様
輸送船	総トン数	約 5,000 トン
	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	(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 <sup>※</sup> 及び 係船環	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

※ 追設する係船柱については設計中であり，位置・強度については変更となる可能性があるが，基準地震動 Ss に対し，係留機能を損なうおそれのない設計とする。

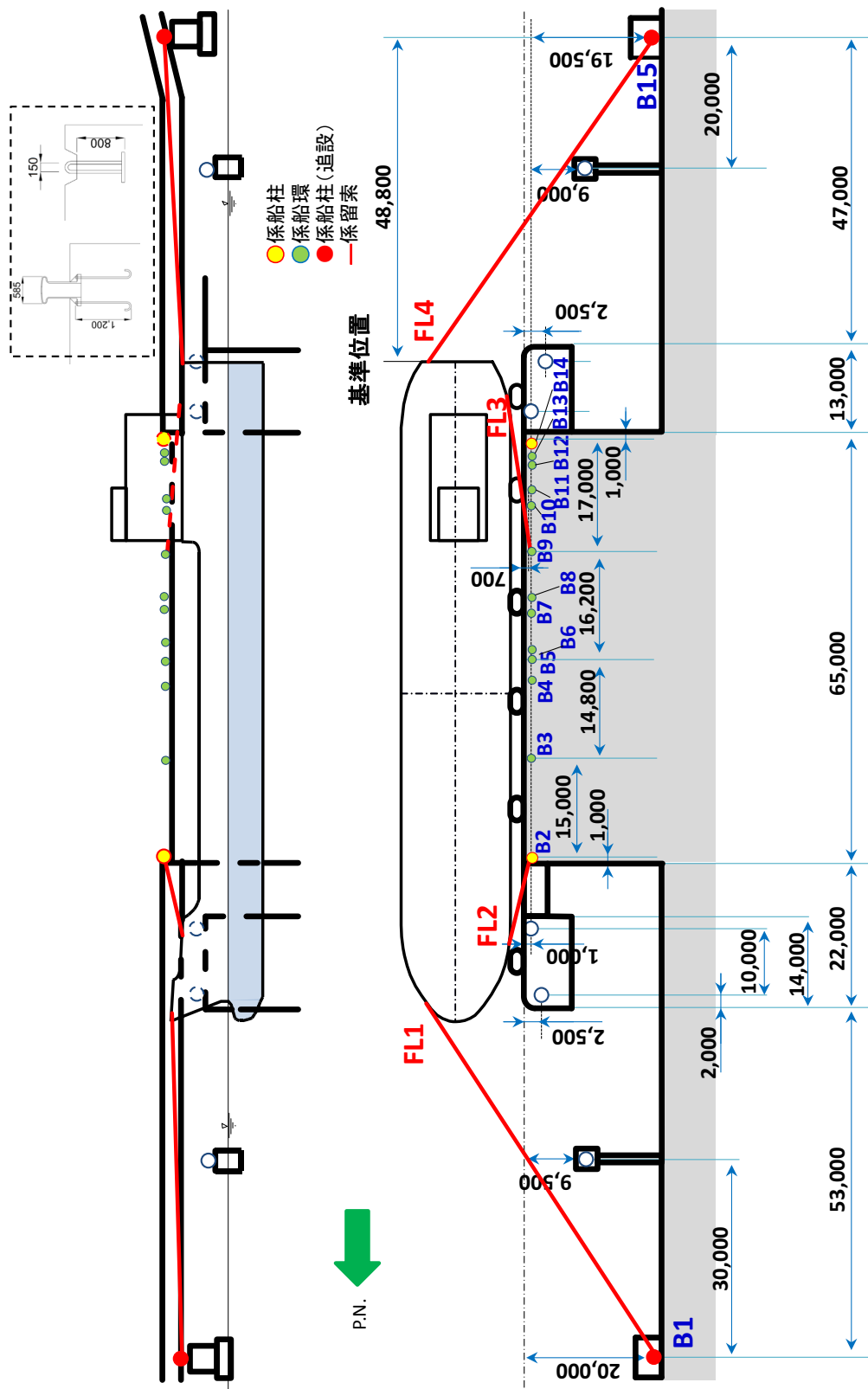


図1 輸送船, 係留索, 係船柱及び係船環の配置

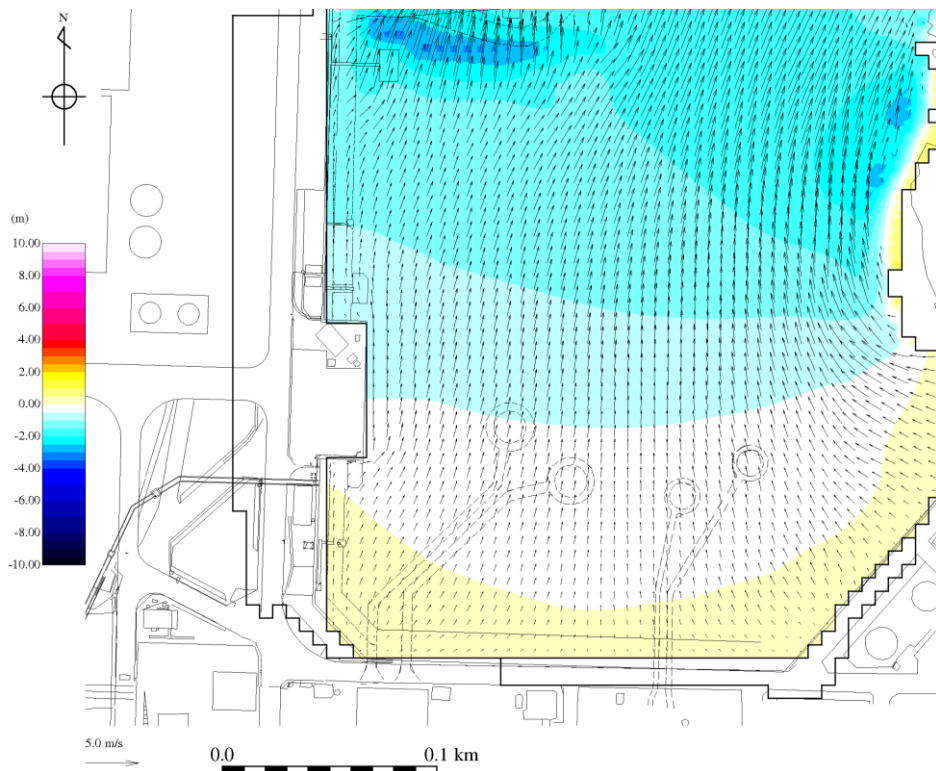
※ 追設する係船柱(B1,B15)は設計中であり, 位置・構造については変更する可能性がある。



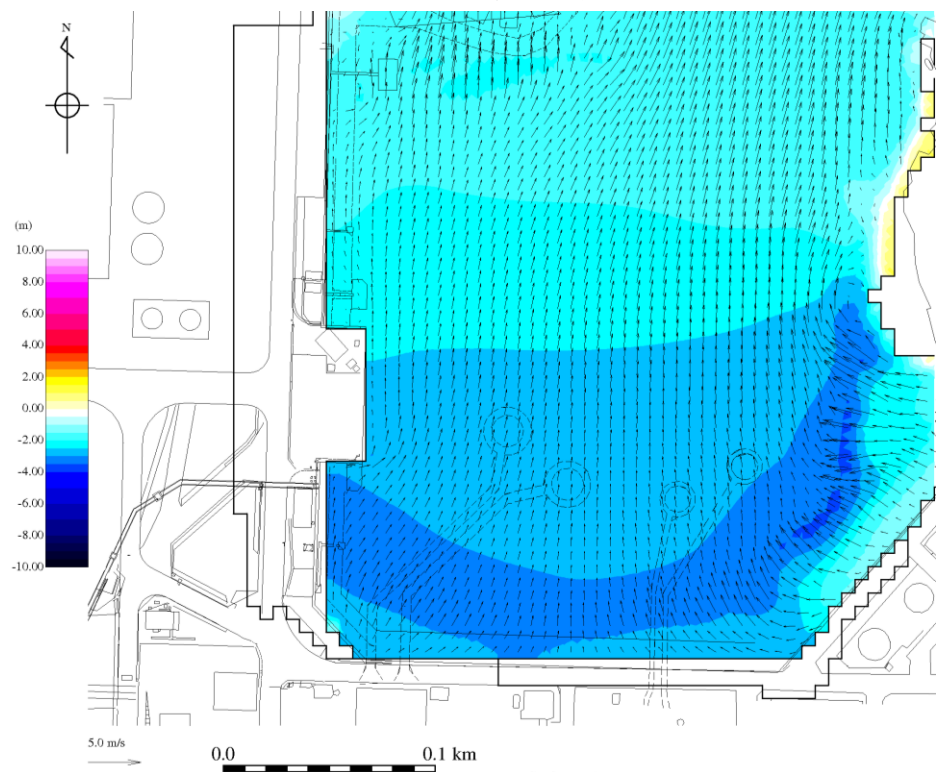
(2) 津波条件（流向，水位，流速）

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（基準津波4）を評価条件とする。

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。

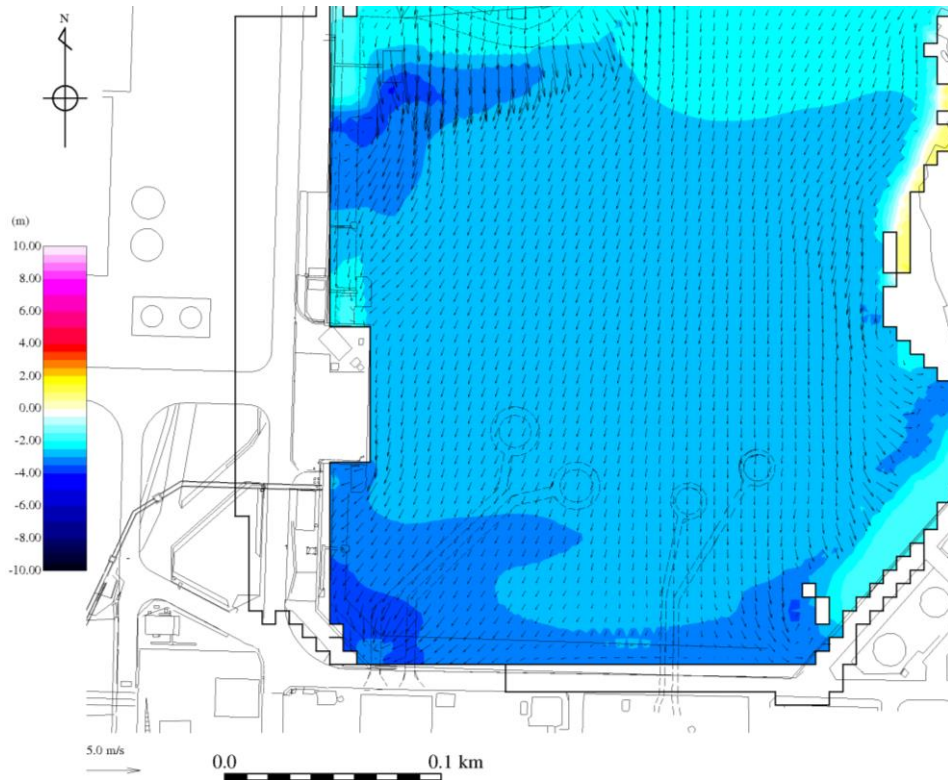


(地震発生後 5 分 50 秒後)



(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

一方、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）の荷揚場近傍における水位及び接線方向成分の流速は、図3-1のとおりとなる。

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1波の最低点と同時刻に最大の2.3m/sに達する。

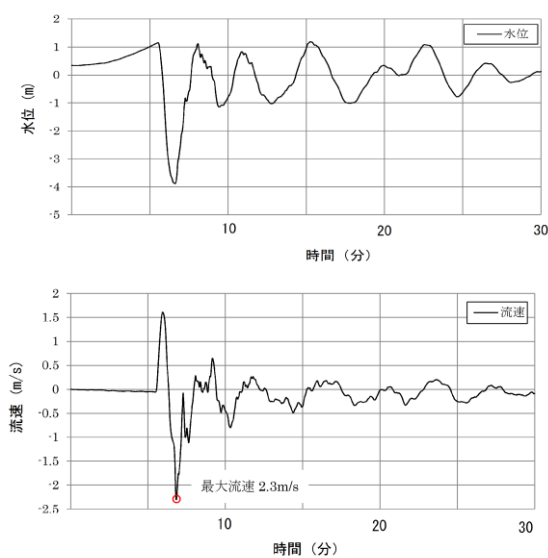


図3-1 基準津波4の流速（荷揚場近傍）

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。

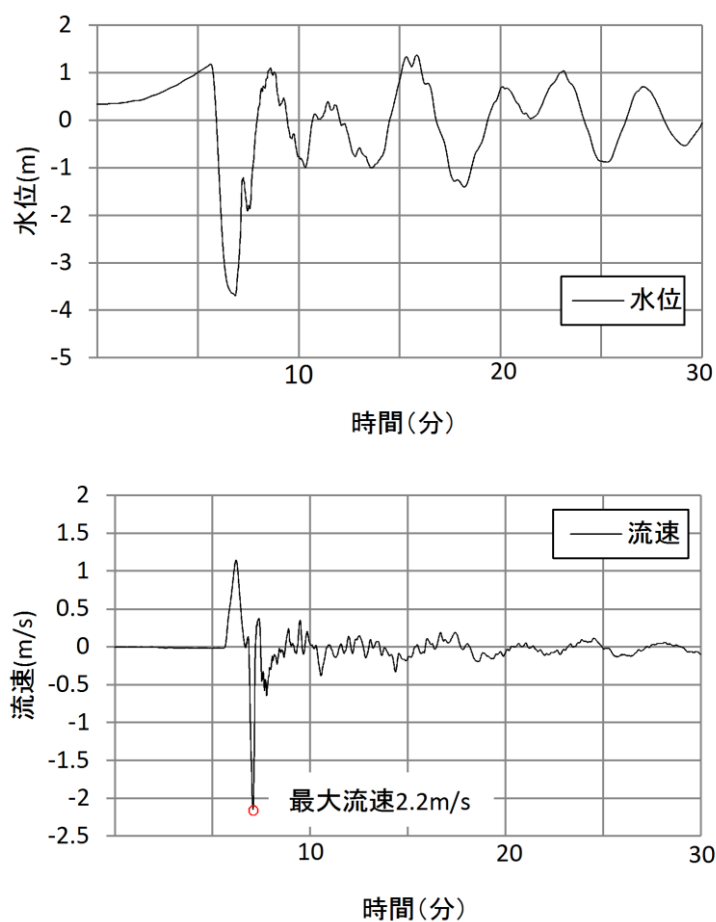
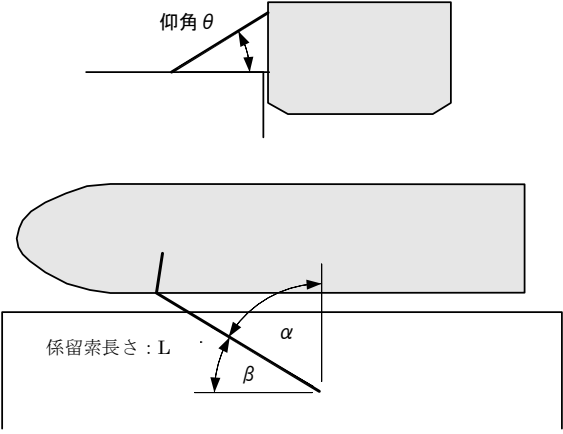


図3-2 防波堤健全時における基準津波4の流速（荷揚場近傍）

(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。

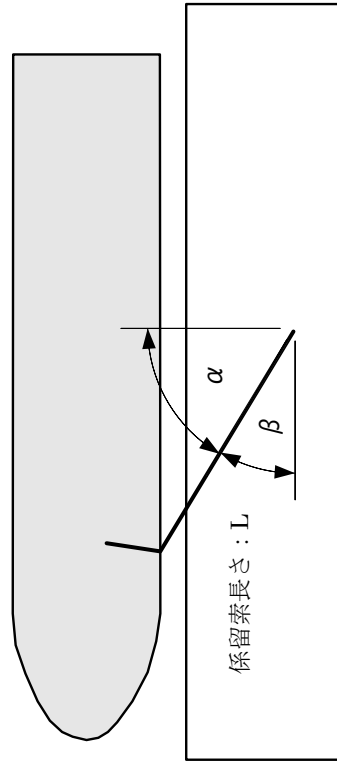
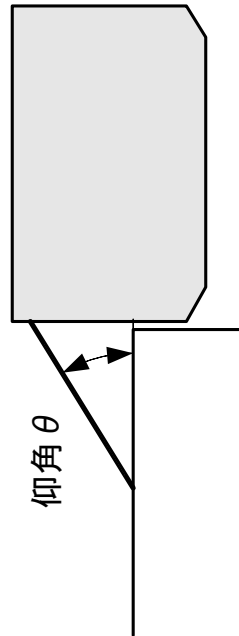
表2 係留力の計算方法

<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)

表3 係留力 (図1) の計算結果

フェア リダー	索種類	係船柱	係留索長さ[m]		係留角[deg]		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	65.2		3.2	32.3	20.0	6.2	20.0	20.0	25.0
FL2	Line2	B2	13.1		4.8	-14.5	20.0	19.3	20.0	20.0	25.0
FL3	Line3	B9	21.6		2.4	8.9	20.0	19.7	20.0	20.0	25.0
FL4	Line4	B15	59.5		0.9	-34.9	20.0	4.2	20.0	20.0	25.0
									船尾方向係留力 25.9		
									船首方向係留力 23.5		



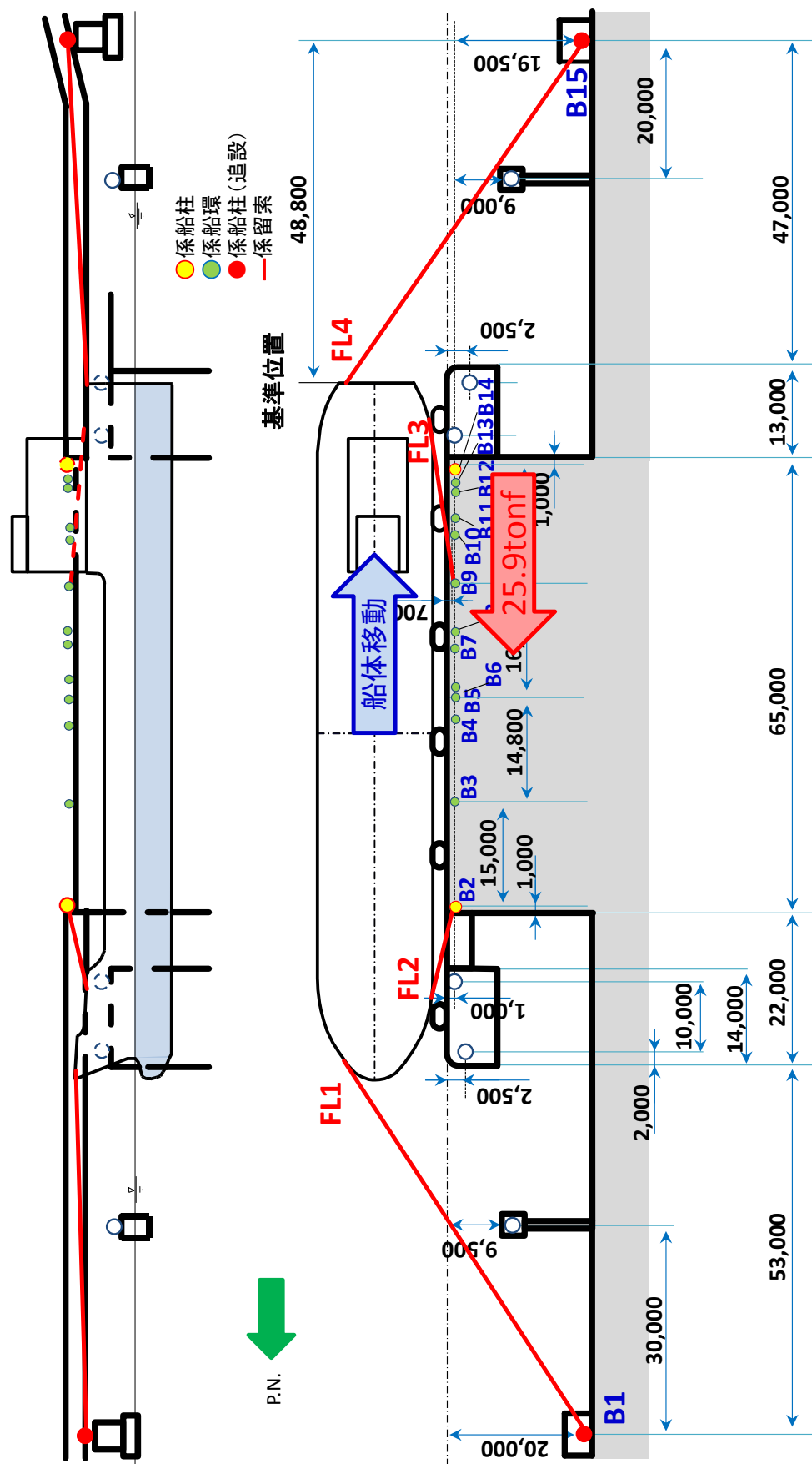


図4 船尾方向への移動に対する船首方向係留力



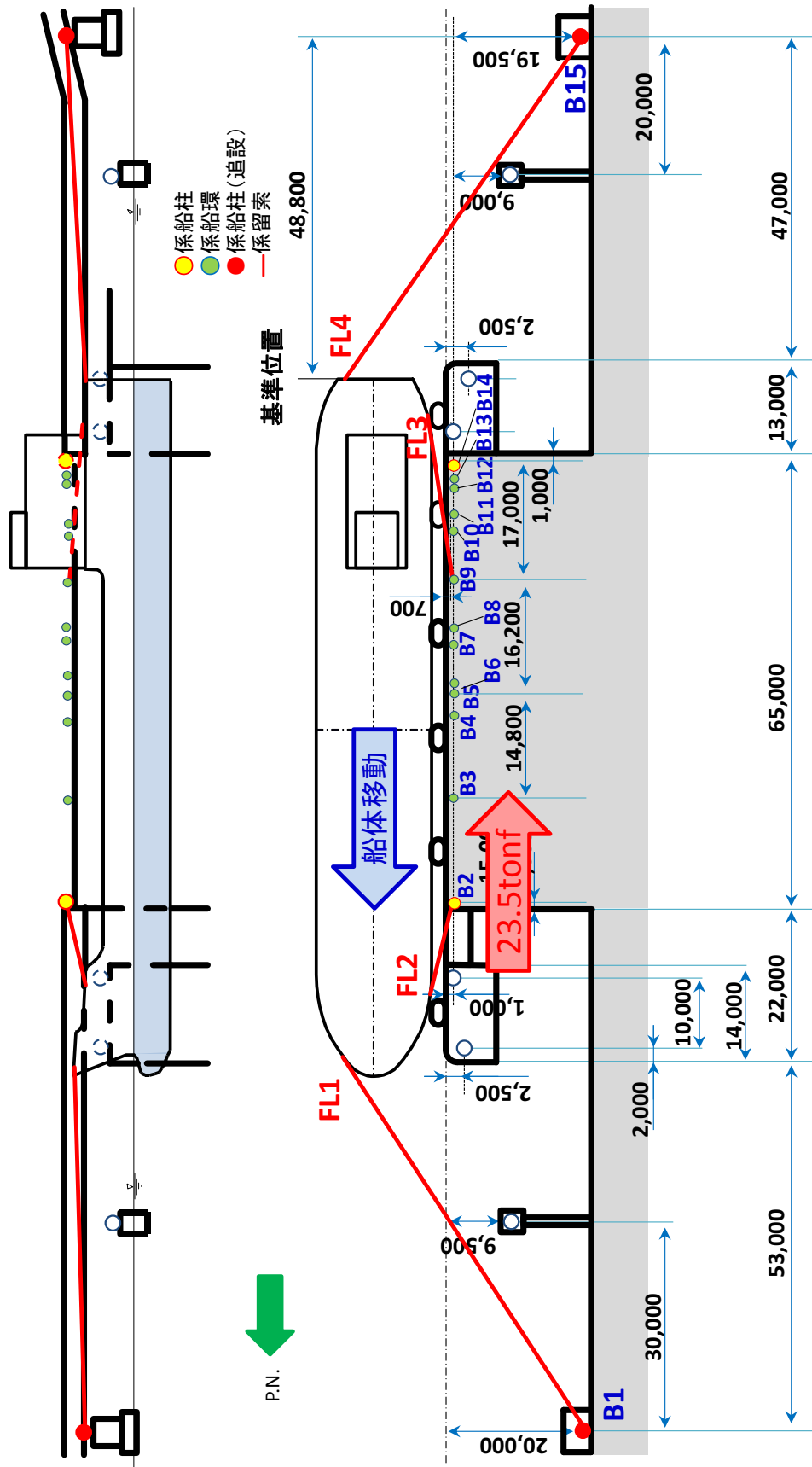


図5 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

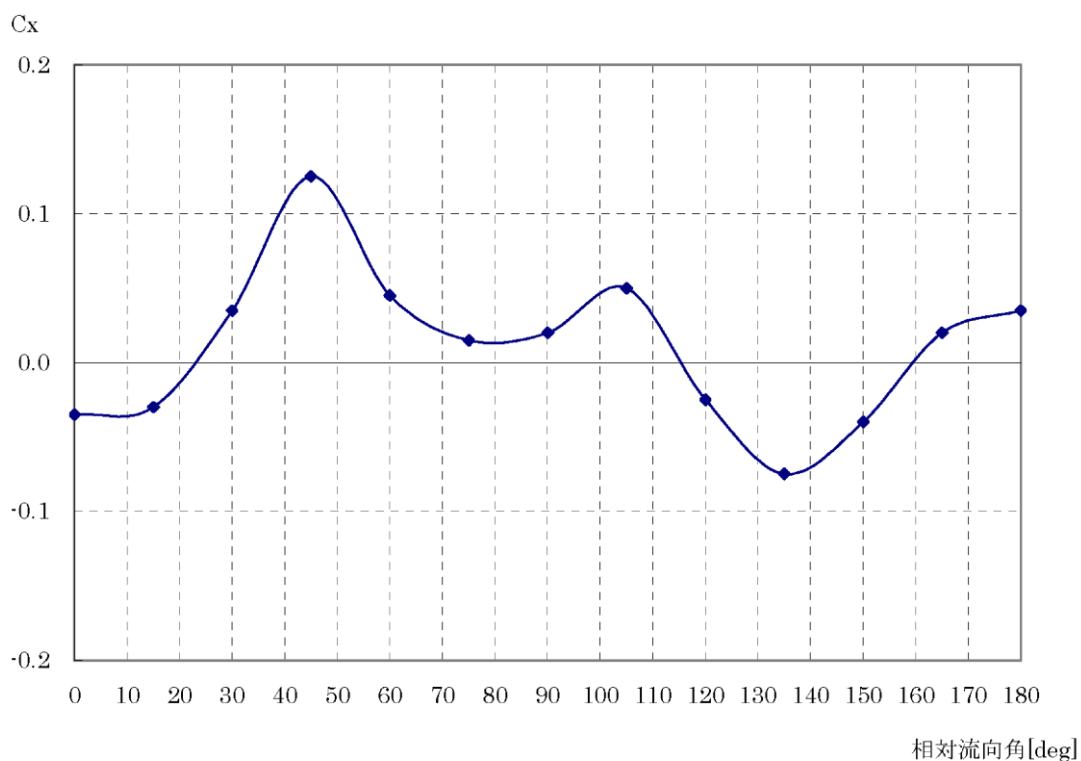
(4) 流圧力

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]</p> <p><math>C_{xc}</math> : 縦方向流圧力計数</p> <p><math>V_c</math> : 流速[m/s]</p> <p><math>L_{pp}</math> : 垂線間直[m]</p> <p><math>d</math> : 喫水[m]</p> <p><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]

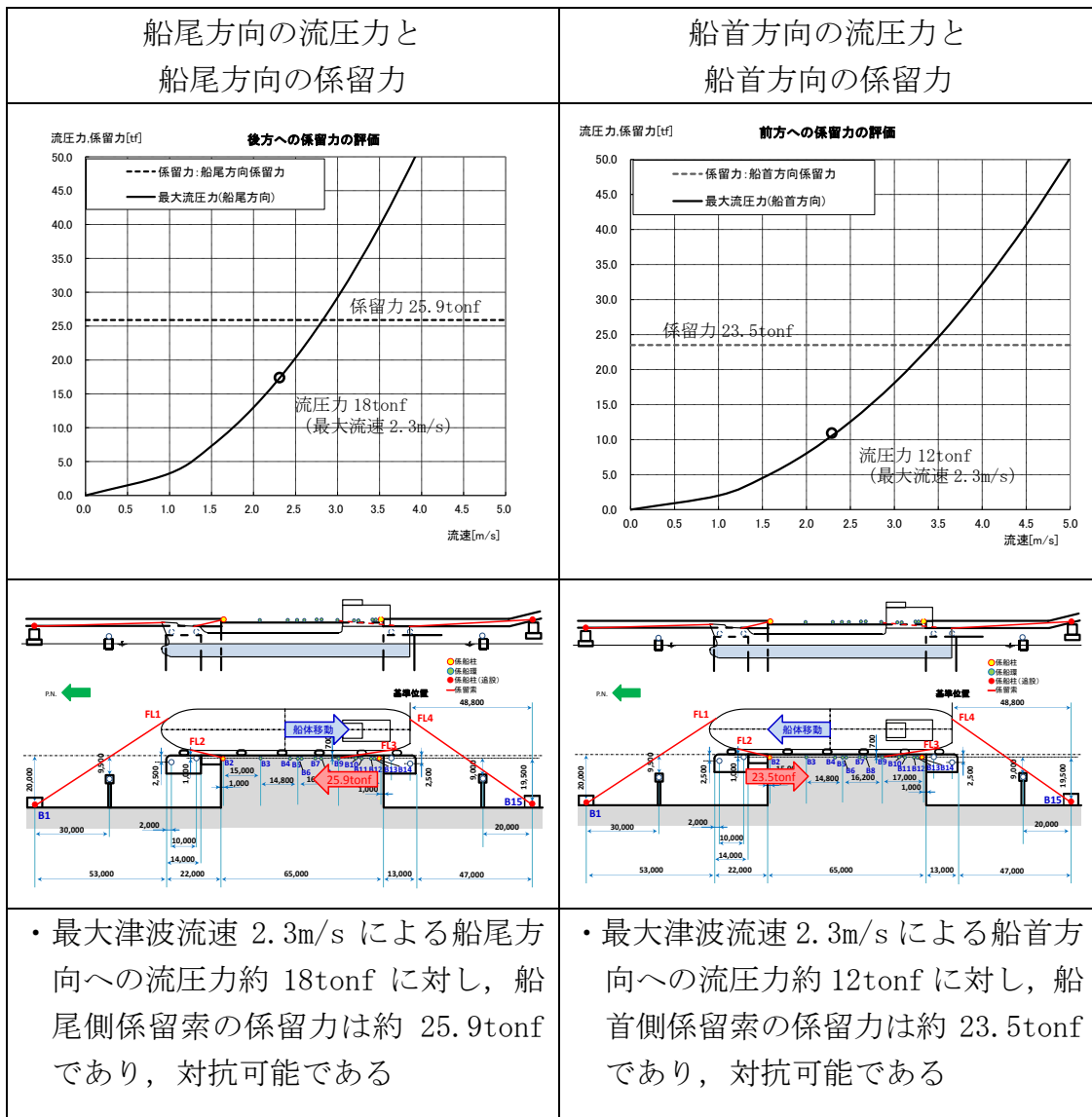


図6 流圧力と係留力の比較

### 3. 結論

津波（最大流速 2.3m/s）による流圧力に対し，係留力（約 25.9tonf，約 23.5tonf）が上回ることを確認した。

なお，追設する係船柱の位置によっては，係留索の長さ及び角度が変わることから，係留力は変化するが，追設する係船柱の位置は，その位置における係留索の長さ及び角度を考慮しても，津波による流圧力に対して係留力が上回るように設計する。

## 耐津波設計における係船柱及び係船環の必要性及び評価方針について

### 1. 概要

燃料等輸送船は、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。

ここでは、係留索が機能しない場合、燃料等輸送船は輪谷湾内を漂流し、取水口へ到達する可能性があるため、取水口への到達可能性評価を踏まえ、係留索を固定する係船柱及び係船環の必要性等について示す。

### 2. 係船柱及び係船環の必要性について

燃料等輸送船に係留索がない状態において取水口上部に漂流した場合、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）の取水口における最低水位 EL. -4.3m に対して、喫水高さは3m～5m であることから、取水口（上端 EL. -9.0m）に到達する可能性がある。

### 3. 係船柱及び係船環の位置付けについて

荷揚場に設置されている係船柱、係船環及び追設する係船柱について、漂流防止装置と位置付けて設計を行う。

### 4. 漂流防止装置の設計方針について

海域活断層に想定される地震による津波の襲来に伴い、荷揚場に係留された燃料等輸送船を漂流させないため、荷揚場の係船柱・係船環、係船柱と係船環の基礎（アンカー）となる荷揚護岸及び追設する係船柱を漂流防止装置として設計する。なお、追設する係船柱は設計中であり、位置や構造については、詳細設計段階で説明する。

#### 【規制基準における要求事項等】

津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性について検討すること。上記の検討の結果、漂流物の可能性がある場合は、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止装置または津波防護施設、浸水防止設備への影響防止措置を施すこと。

係船柱及び係船環の配置を図1に、荷揚護岸の断面図を図2に、構造概要を表1に示す。

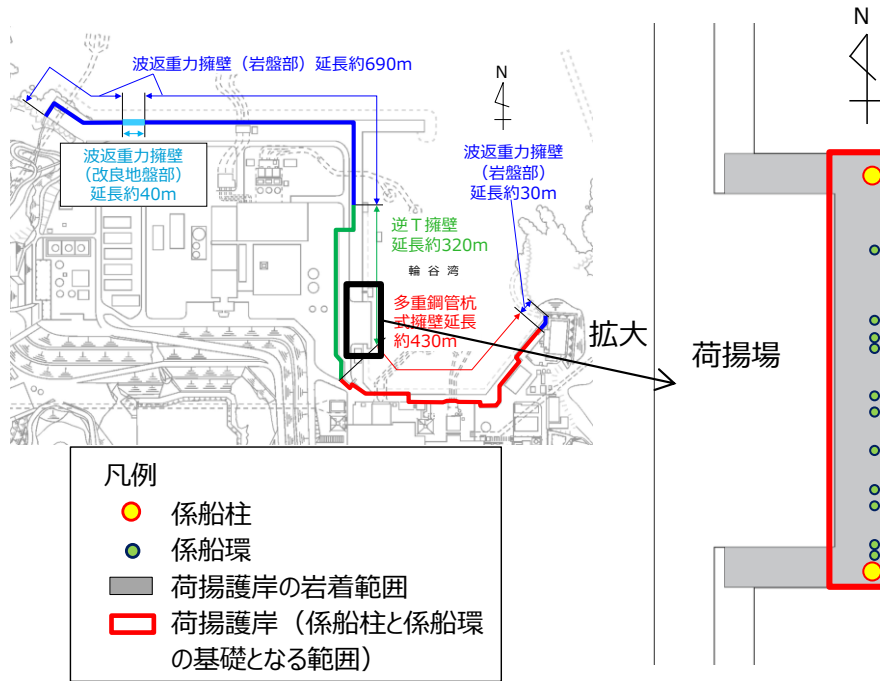


図1 係船柱及び係船環配置図

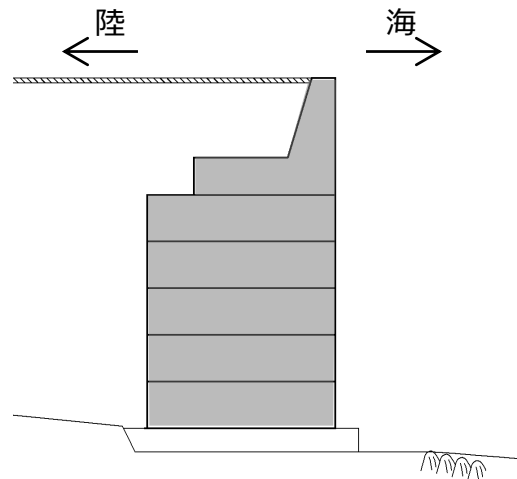


図2 荷揚護岸の断面図

表1 係船柱及び係船環の構造概要

名称	係船柱	係船環
構造		
基数	2基	11基
設計けん引 耐力	25t	

漂流防止装置とする係船柱（追設含む）、係船環及び荷揚護岸は、海域活断層に想定される地震による津波（基準津波4）の流れにより作用する燃料等輸送船の係留力に対して、係留機能を損なうおそれのないよう、構造強度を有することを確認する。また、基準地震動 $S_s$ に対して、係留機能を損なうおそれのないよう、構造強度を有することを確認する。

係船柱（追設含む）、係船環及び荷揚護岸の要求機能と設計方針を表2に示す。

表2 係船柱、係船環及び荷揚護岸の要求機能と設計方針

装置名	係船柱（追設含む）		係船環		荷揚護岸
要求機能	係留機能				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準地震動 S s に対し、漂流防止装置に要求される機能を損なうおそれのないよう、構造強度を有すること。</li> <li>・海域活断層に想定される地震による津波（基準津波 4）の流れにより作用する燃料等輸送船の引張荷重（係留力）に対し、漂流防止装置に要求される機能を損なうおそれのないよう、構造強度を有すること。</li> </ul>				
性能目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・終局状態に至らないこと。</li> </ul>				
照査部位	・係船柱本体	・アンカーボルト	・アンカーボルト 定着部	・係船環本体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・荷揚護岸 （係船柱と係船環の基礎となる範囲）</li> </ul>
照査項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曲げ破壊</li> <li>・せん断破壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曲げ破壊</li> <li>・せん断破壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・せん断破壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・曲げ破壊</li> <li>・せん断破壊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・残留変形量</li> </ul>
許容限界	<ul style="list-style-type: none"> <li>・短期許容応力度</li> </ul>				
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料等輸送船の浸水深に応じた浮力、燃料等輸送船の形状及び津波の速度に応じた波圧を荷重として考慮する。</li> </ul>				
荷重 組合せ	<p>係船柱及び係船環の設計においては、常時荷重、地震荷重及び係留力を適切に組合せて設計を行う。なお、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波 4）は荷揚場に遡上しないことから、津波荷重は考慮しない。荷揚護岸の設計においては、海域活断層に想定される地震による津波（基準津波 4）が到達する。したがって、津波荷重を考慮する必要があるが、安定性の観点では津波荷重と漂流物衝突荷重は係留力と逆方向に作用するため、考慮しない設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・常時荷重 + 地震荷重</li> <li>・常時荷重 + 係留力 + 余震荷重</li> </ul>				
評価方針					



## 燃料等輸送船の喫水高さと津波高さとの関係について

### 1. はじめに

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に乗り上げる事のないこと、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。

### 2. 確認条件

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。

(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. 2.10m, 引き波時の最低水位は T. P. -4.07m である。

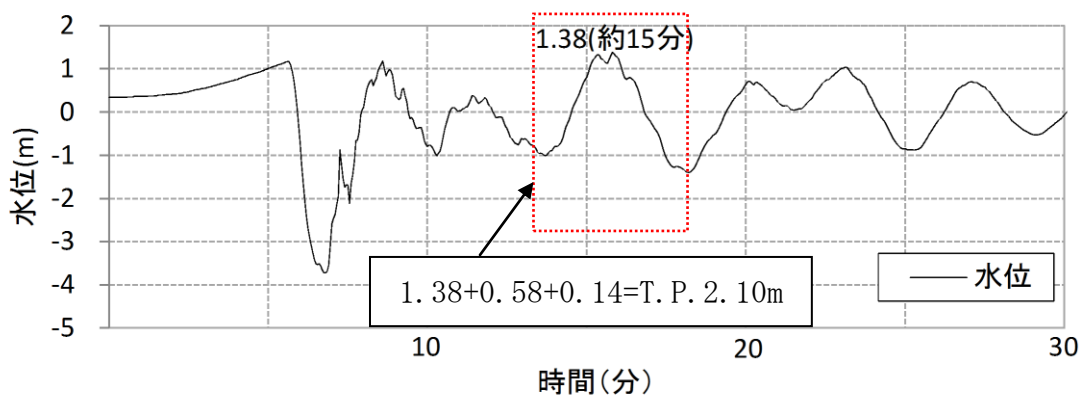


図1 基準津波4による荷揚場での時刻歴波形  
(水位上昇側)

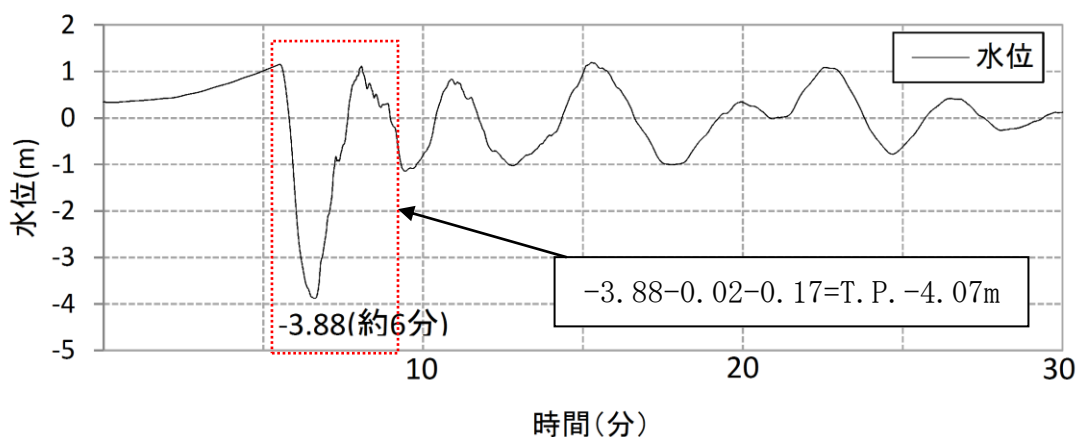


図2 基準津波4による荷揚場での時刻歴波形  
(水位下降側)

### 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。

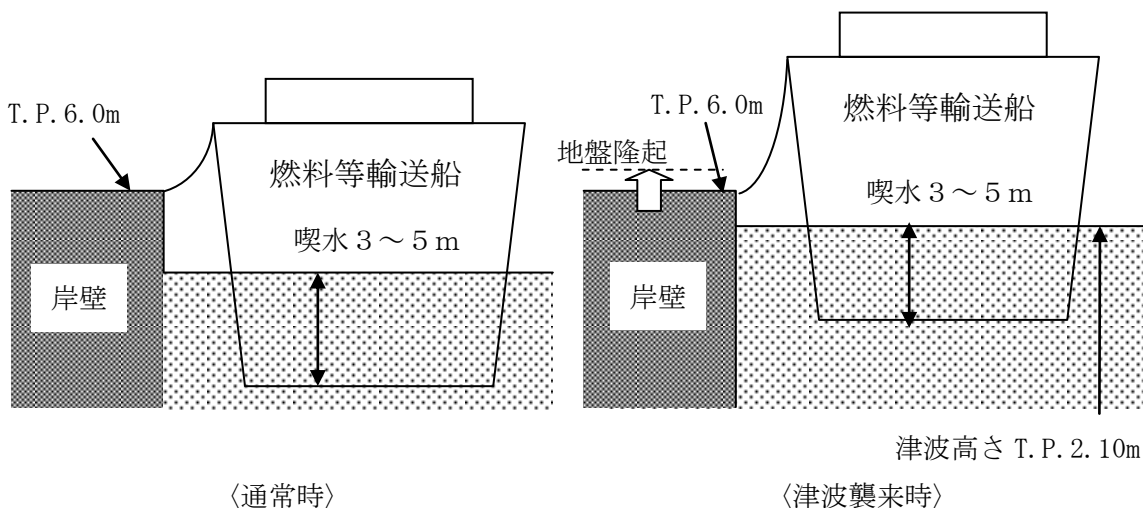
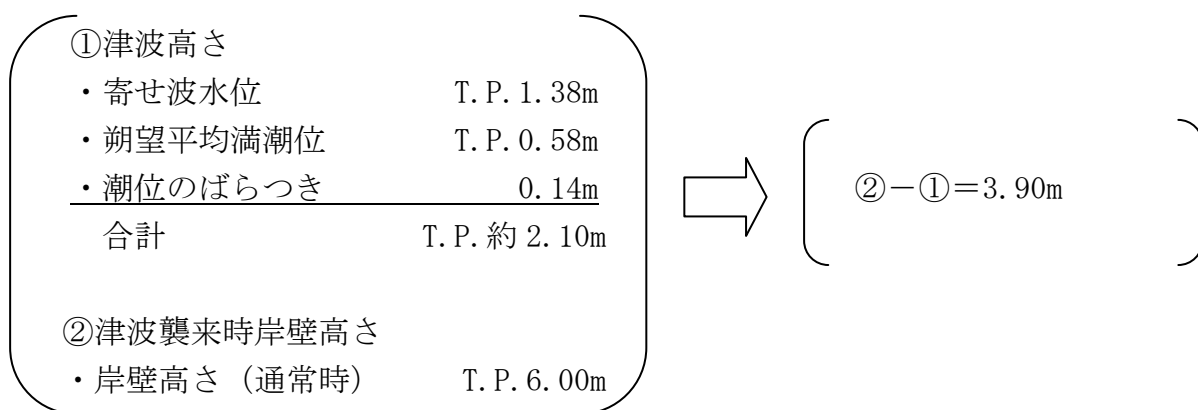


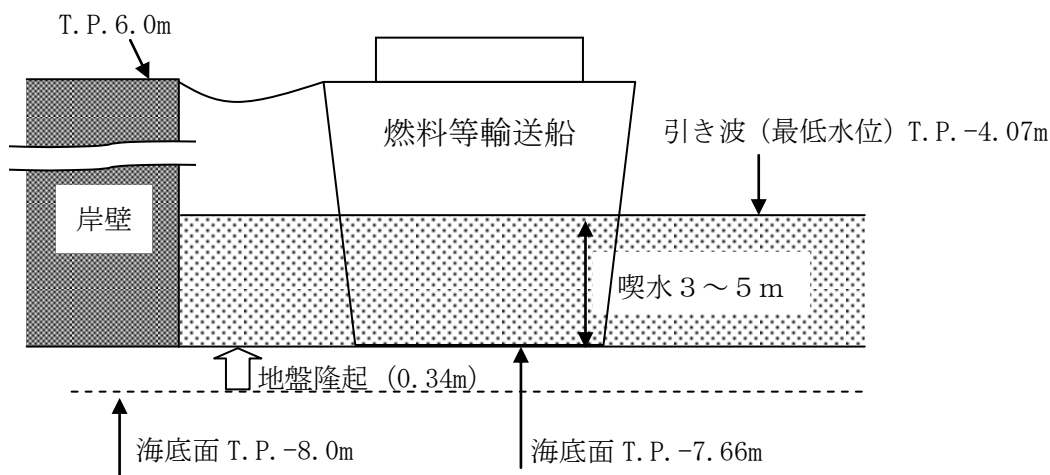
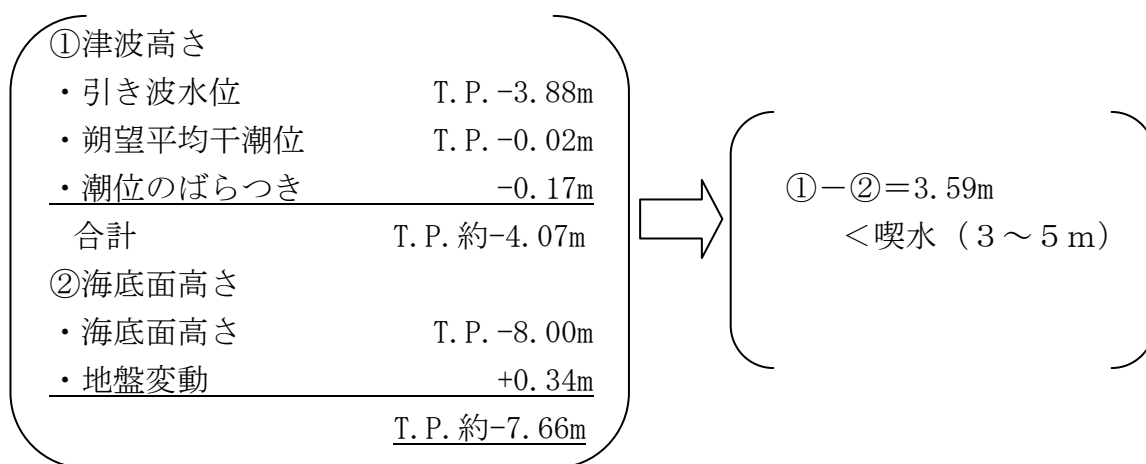
図3 寄せ波による津波高さと岸壁高さ及び喫水高さの関係

(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。



〈早い津波（引き波）時〉

図4 引き波による津波高さと喫水高さの関係

#### 4. 結論

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岸壁に乗り上げることはなく，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。

## 燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

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。

## 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。

表1 燃料等輸送船の仕様

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

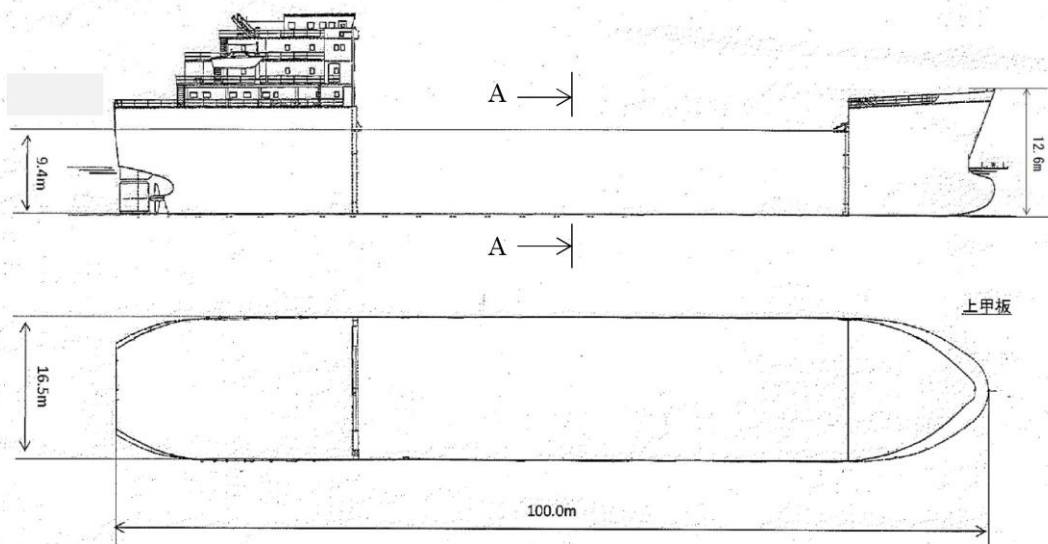


図1 燃料等輸送船外形図

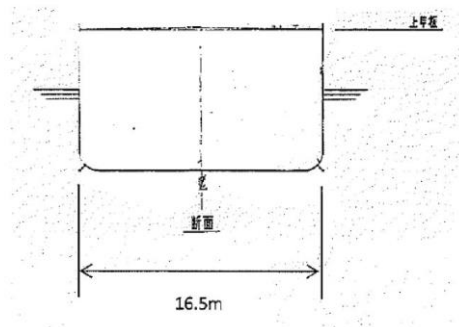


図2 燃料等輸送船外形図 (A-A 断面)

(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。

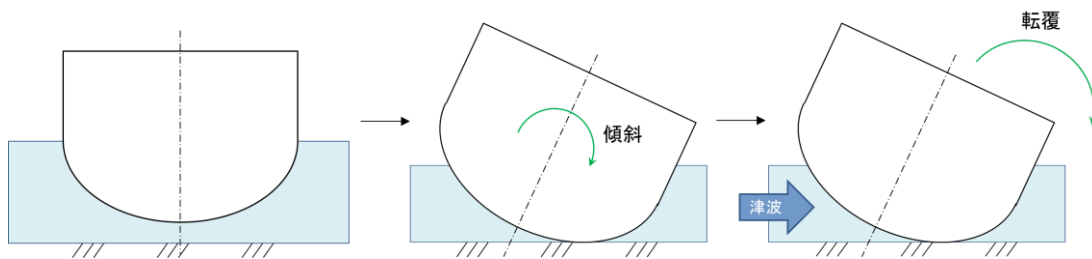


図3 丸型の船底を有する船舶の着底状態

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。

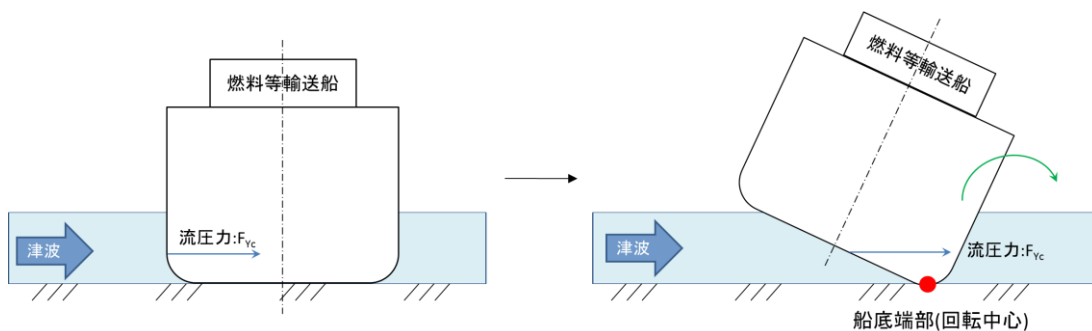


図4 想定転覆モード

## 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。

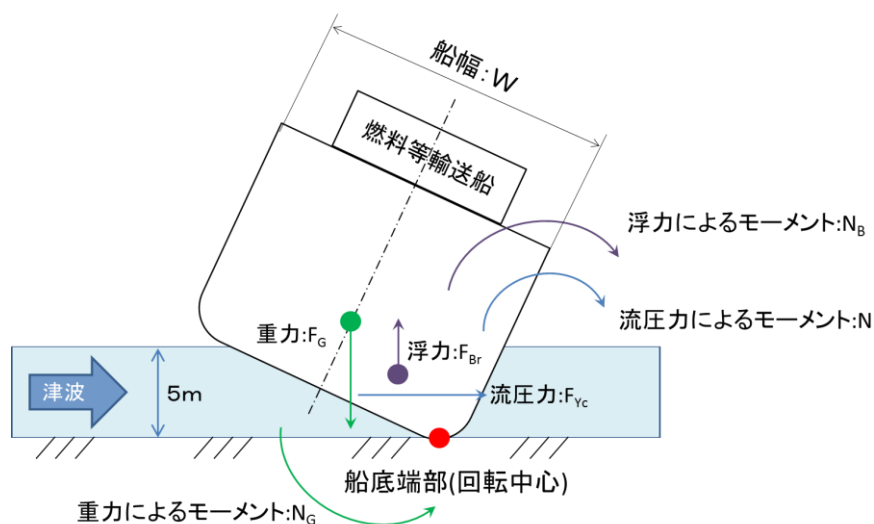


図5 燃料等輸送船に働く力とモーメント

津波を受けると流圧力  $F_{Vc}$  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を超えない場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線にあるときの傾きは約  $48^\circ$  であるため、ここでは、傾きを  $24^\circ$  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。

$$\begin{aligned} N_G &= F_G \times X(\text{GR}) \\ &= 4,000 \times 4.5 \\ &= 18,000 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$N_G$  : 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] ( $\approx 4.5$ )

次に流圧力によるモーメント  $N$  は次式にて計算できる。

$$N = F_{YC} \times W \div 2 \\ = F_{YC} \times d \div 2$$

$N$  : 流圧力によるモーメント [tonf・m]

$F_{YC}$  : 流圧力 [tonf]

$W$  : 水位 [m]

$d$  : 喫水 [m] (=5)

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の時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  $F_{YC}$  を表 2 に示す方法で計算する。

表 2 横方向流圧力の計算方法<sup>1)</sup>

<b>【流圧力計算式】</b> $F_{YC} = \frac{1}{2} \times C_{YC} \times \rho_C \times V_C^2 \times L_{PP} \times d$	$F_{YC}$ : 横方向流圧力 [kgf] $C_{YC}$ : 横方向流圧力係数 $V_C$ : 流速 [m/s] $L_{PP}$ : 垂線間長 [m] (=94.4) $d$ : 喫水 [m] (=5) $\rho_C$ : 水密度 [kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ] (=104.7kgf・sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )
---	---

このとき、流速は図 6 に示す基準津波の最大流速 2.3m/s を適用し、横方向流圧力係数を図 7 より 10 と仮定する。

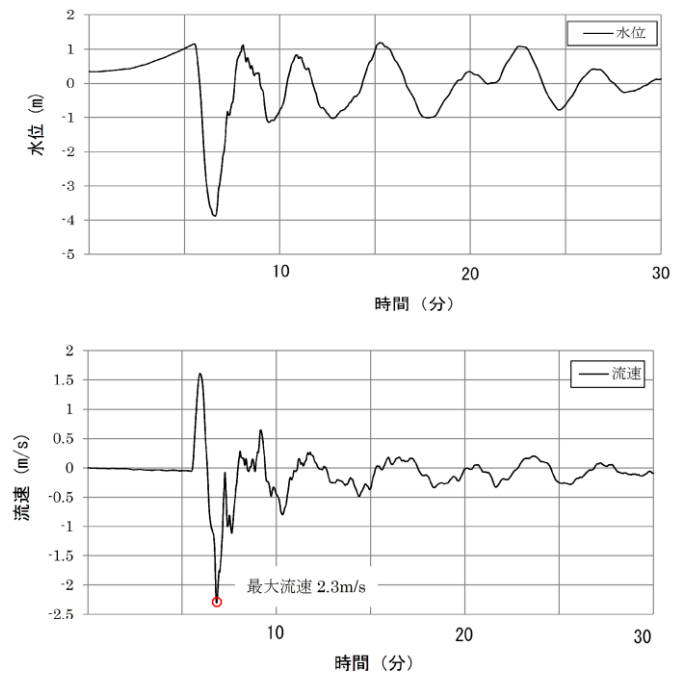


図6 基準津波4の流速（荷揚場近傍）

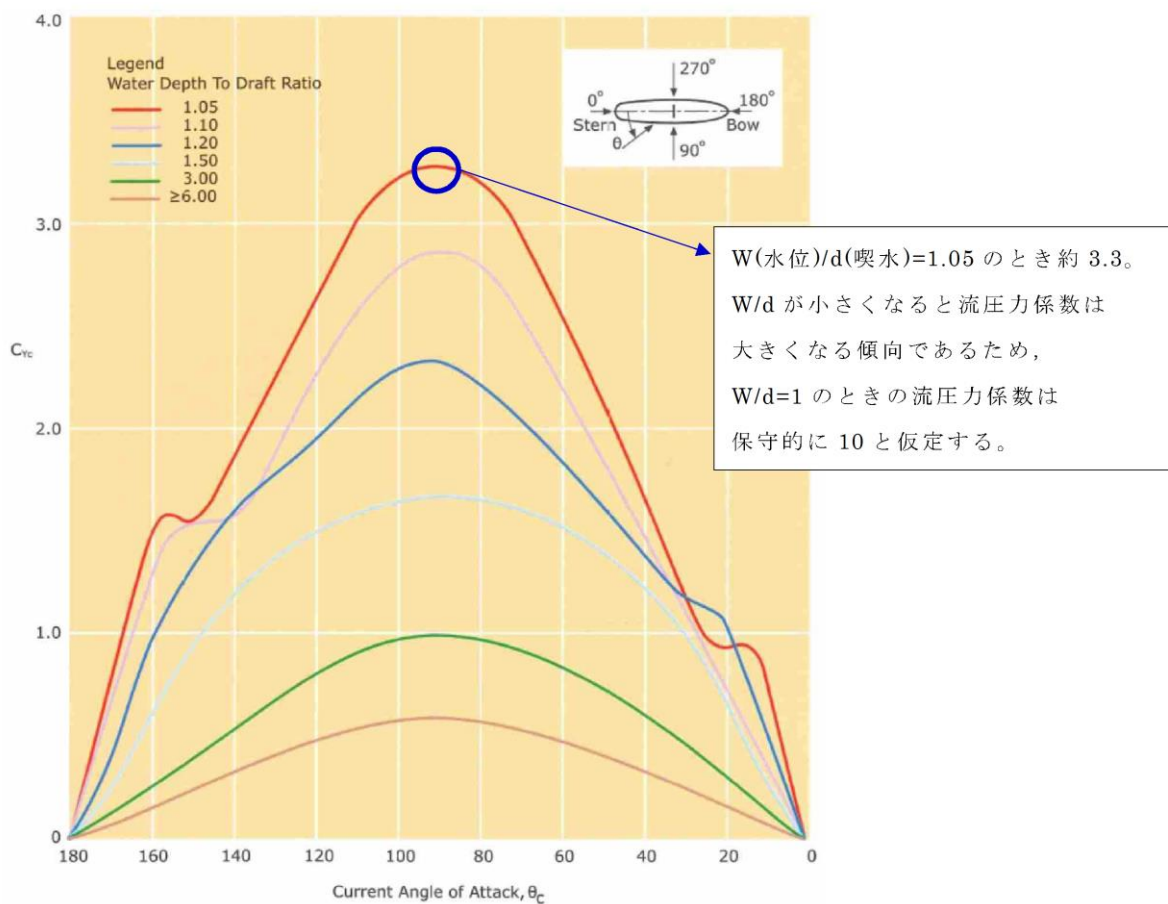


図7 横方向の流圧力係数<sup>1)</sup>

参考文献

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

表2より  $F_{YC}$  は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
 F_{YC} &= 1 \div 2 \times 10 \times 104.7 \times 2.3^2 \times 94.4 \times 5 \\
 &\approx 1,308,000 \text{ [kgf]} \\
 &= 1,308 \text{ [tonf]}
 \end{aligned}$$

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。

$$\begin{aligned}
 N &= F_{YC} \times d \div 2 \\
 &= 1,308 \times 5 \div 2 \\
 &= 3,270 \text{ [tonf} \cdot \text{m]}
 \end{aligned}$$

最後に浮力によるモーメント  $N_B$  は次式にて評価する。

$$\begin{aligned} N_B &= F_{Br} \times X(BR) \\ &= 1,700 \times 3.0 \\ &= 5,100 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$N_B$  : 浮力によるモーメント [tonf・m]

$F_{Br}$  : 傾いた際の燃料等輸送船の浮力 [tonf] ( $\doteq 1,700$ )

$X(BR)$  : 浮心と回転中心の水平方向距離 [m] ( $\doteq 3.0$ )

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  $N_G$  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。

$$\begin{aligned} N + N_B &= 3,270 + 5,100 \\ &= 8,370 [\text{tonf} \cdot \text{m}] < N_G = 18,000 [\text{tonf} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

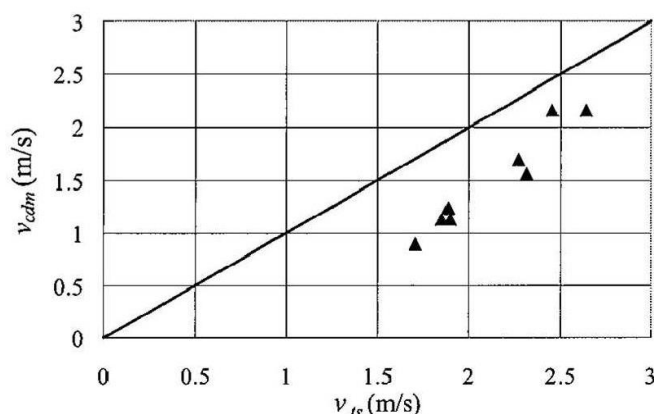
### 3. 結論

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。

## 漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について

## 1. 設計に用いる遡上波の流速について

津波による漂流物の漂流速度は、津波の流速に支配される。文献<sup>※1</sup>によると漂流物の最大漂流速度は津波の浸水流速より小さくなっているが、安全側に漂流速度として津波の流速を用いる。



第1図 浸水流速  $v_{ts}$  と最大漂流速度  $v_{cdm}$  の関係

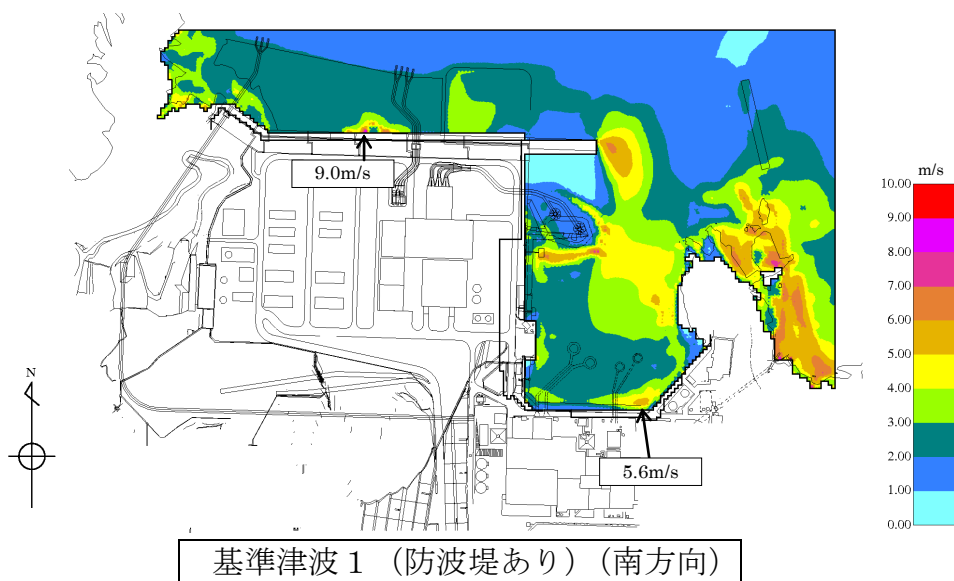
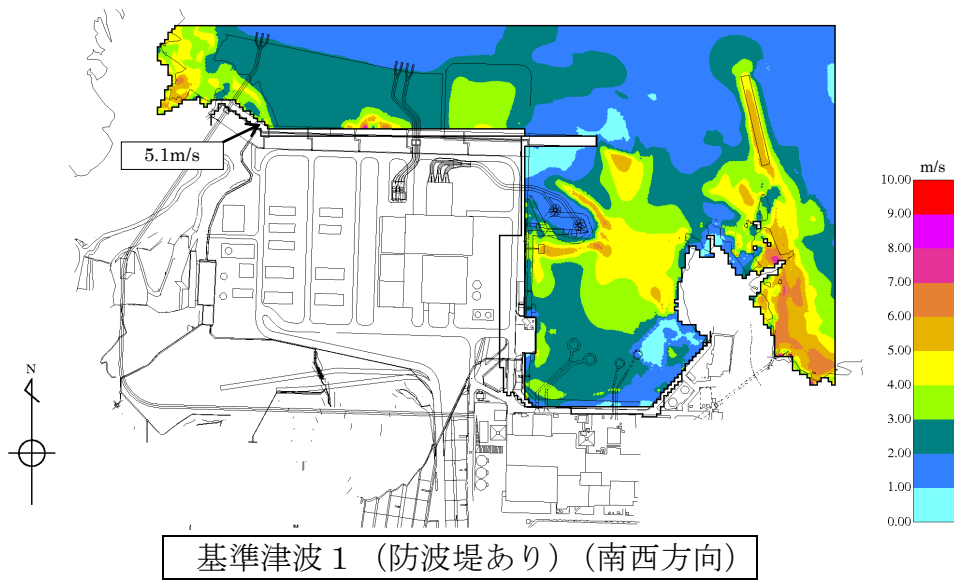
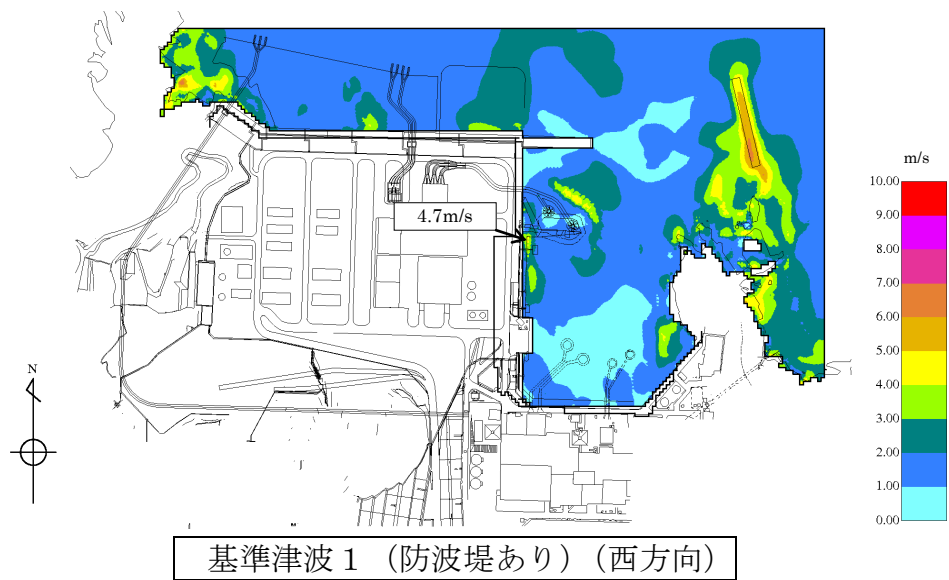
※1 海岸工学論文集, 第54巻(2007) 遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験 (有川ほか)

漂流物の衝突速度は、評価対象施設周辺の流速に依存すると考えられるため、評価対象施設周辺の流速により、漂流物の衝突速度を設定する。漂流物が各施設に衝突する際の荷重の大きさは、評価対象施設に対して直交方向の流速に依存すると考えられるため、評価対象施設に対して直交方向の最大流速を抽出し、これに不確かさを考慮して、安全側の評価を実施する。また、防波壁等、広範囲にわたる施設は地点により流速が異なるが、設計に用いる漂流物の衝突荷重として、安全側に評価対象施設全体の最大流速を用いる。

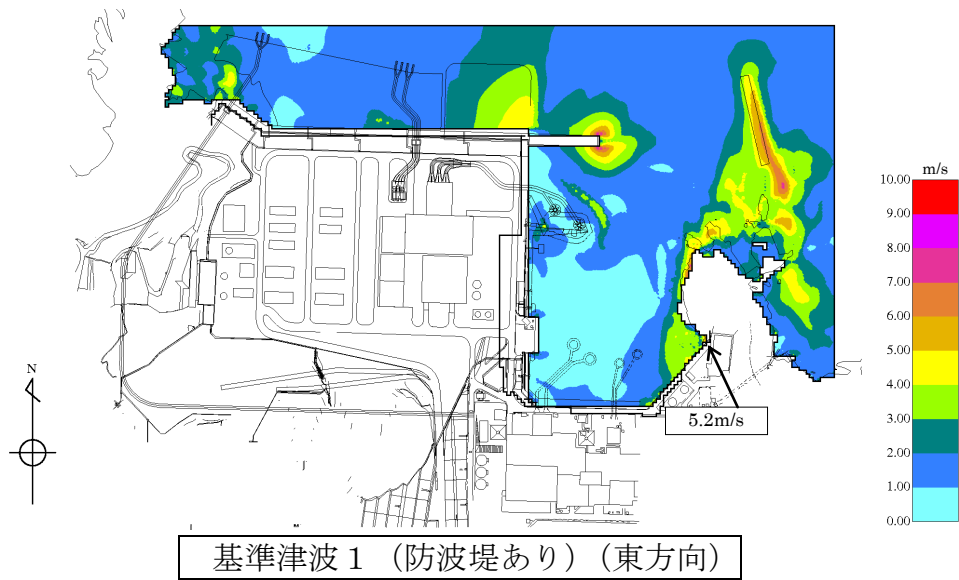
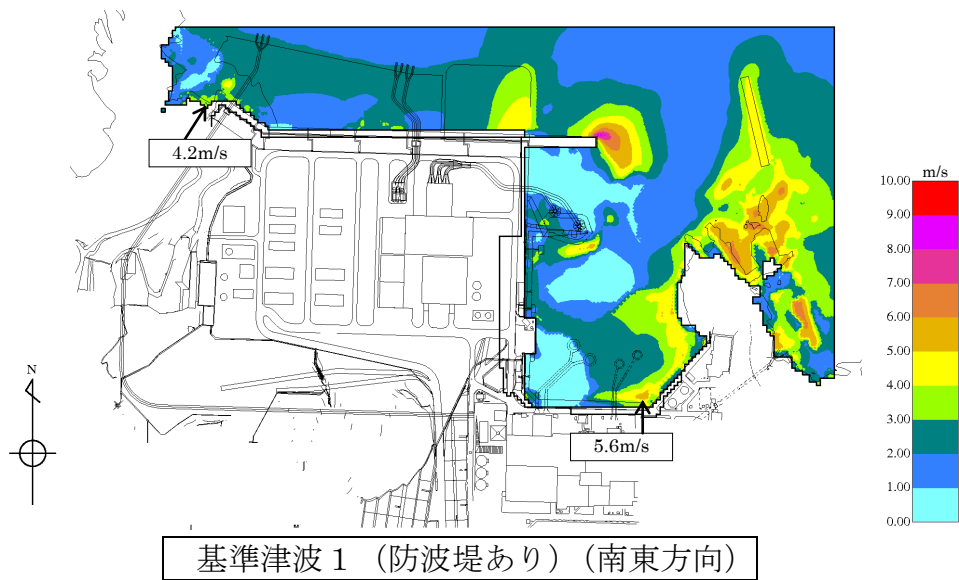
評価対象施設における最大流速分布を第2～10図に示す。

結果としては、日本海東縁部に想定される地震による津波における最大流速は施設護岸港湾外及び港湾内で 9.0m/s が抽出されたことから、安全側に施設護岸港湾外及び港湾内で 10.0m/s を、日本海東縁部に想定される地震による津波における津波防護施設及び浸水防止設備の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。また、荷揚場周辺の遡上時に最大流速 11.9m/s が確認されたことから、遡上する津波の継続時間や流向等を考慮し、最大流速が発生する荷揚場周辺の津波防護施設における漂流物衝突荷重の評価には、流速 11.9m/s を用いる。

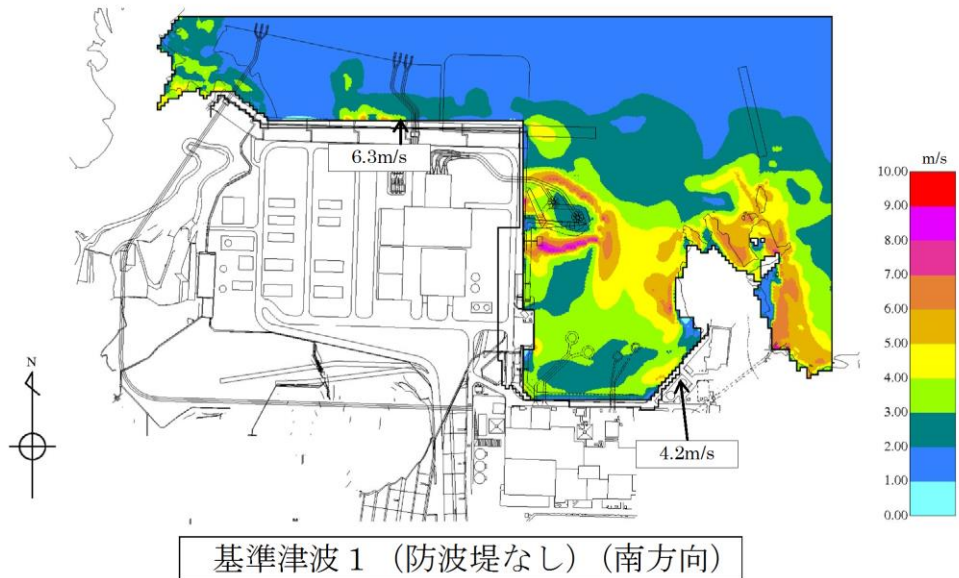
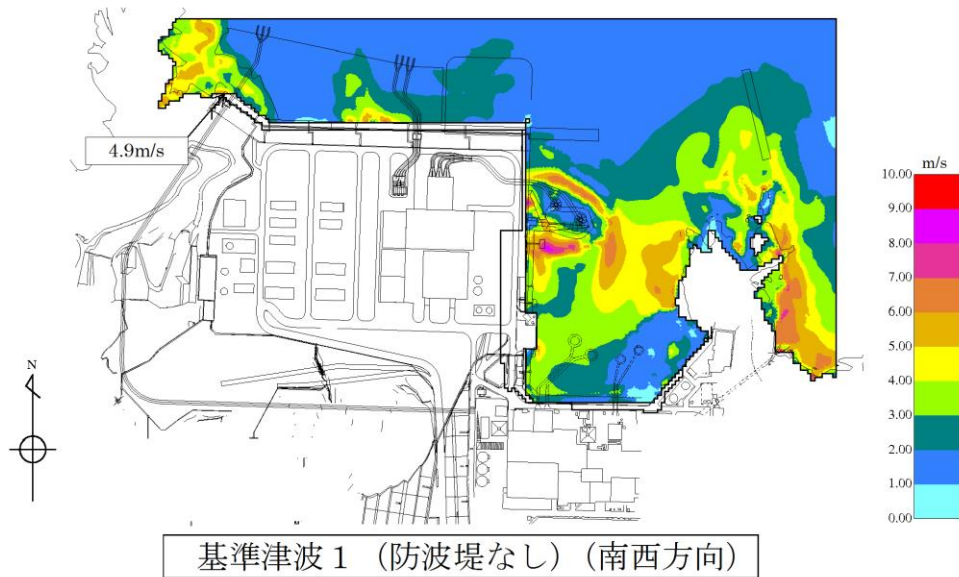
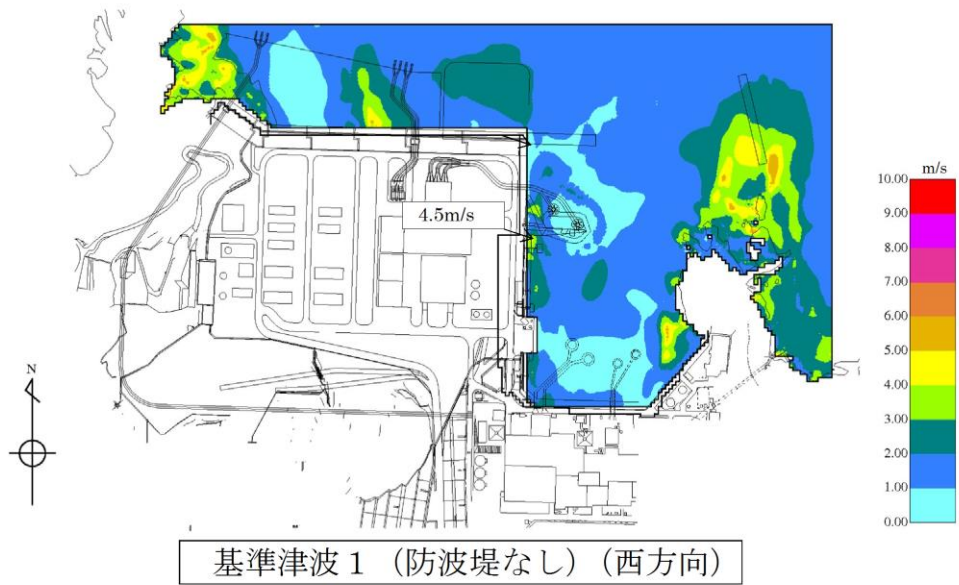
また、海域活断層から想定される地震による津波における最大流速は施設護岸港湾外で 3.3m/s、施設護岸港湾内で 2.4m/s が抽出されたことから、安全側に施設護岸港湾外及び港湾内で 4.0m/s を、海域活断層から想定される地震による津波における津波防護施設及び浸水防止設備の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。



第 2 図 基準津波 1 (防波堤あり) 最大流速分布 (1 / 2)

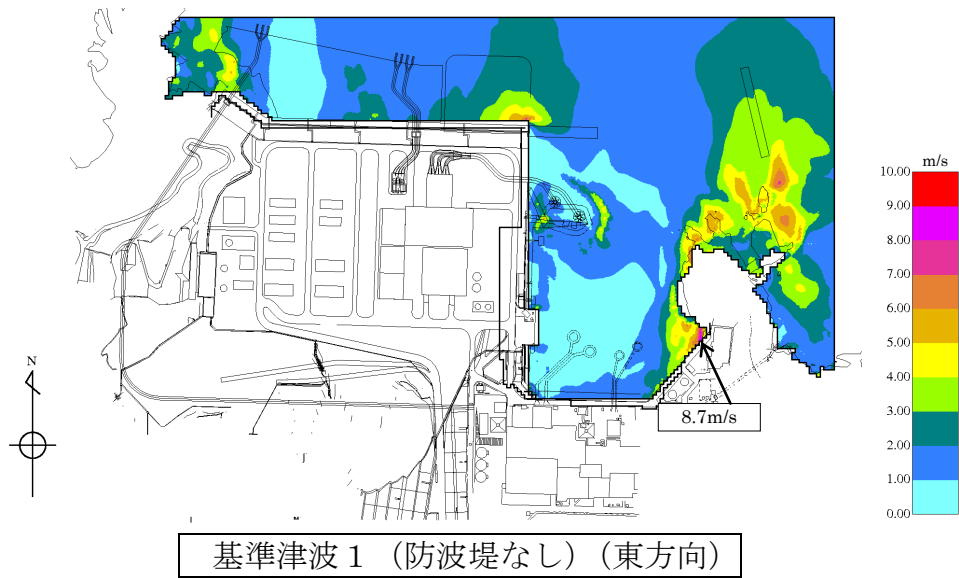
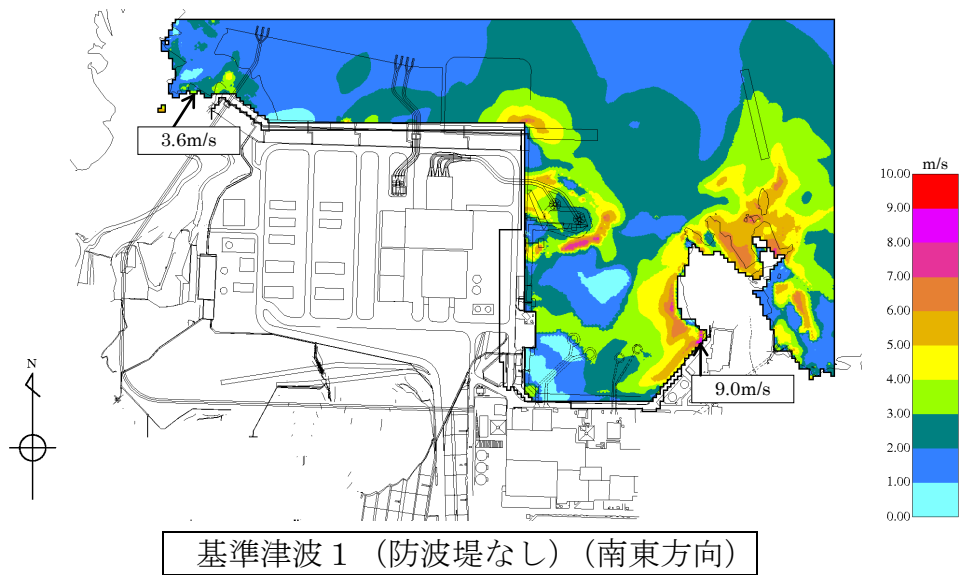


第 2 図 基準津波 1 (防波堤あり) 最大流速分布 (2 / 2)

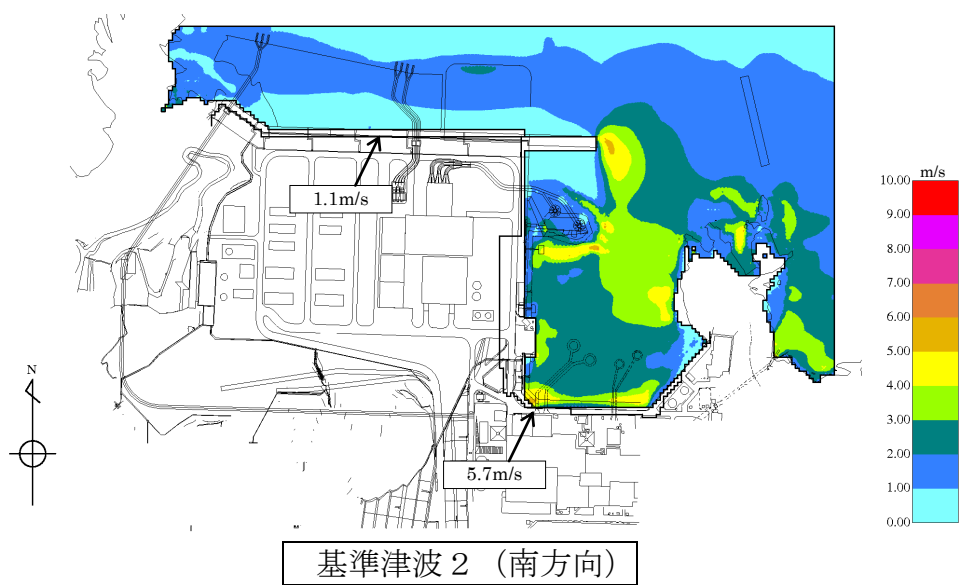
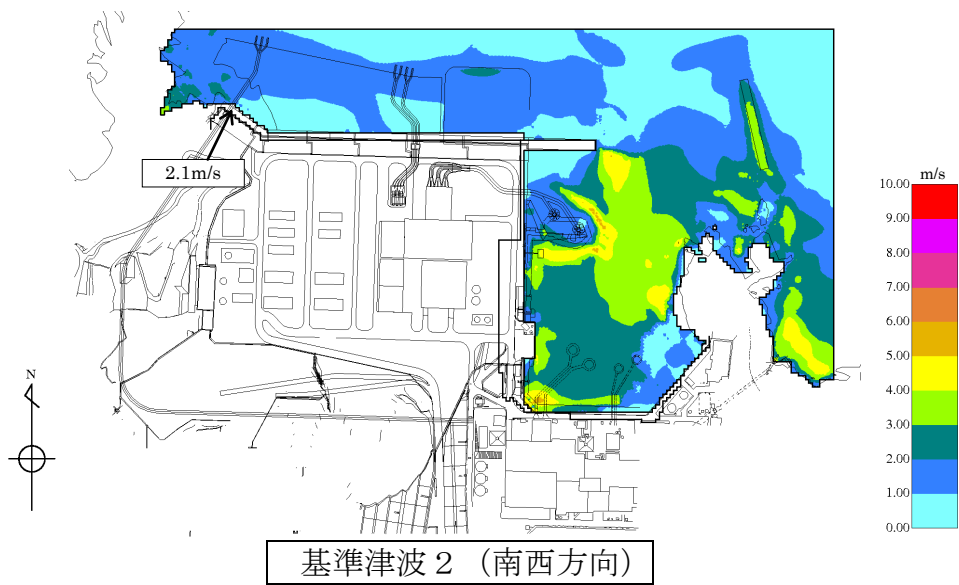
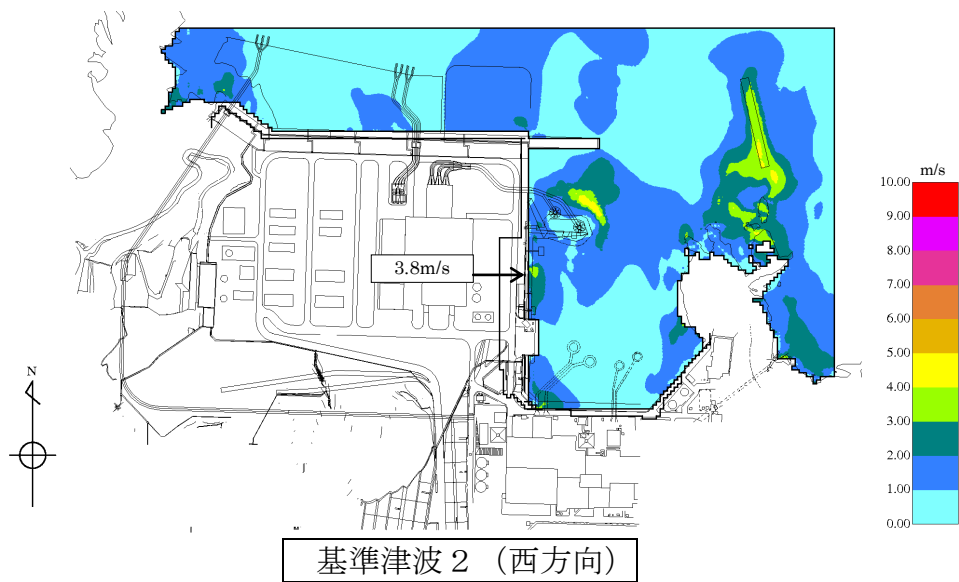


第3図 基準津波 1 (防波堤なし) 最大流速分布 (1 / 2)

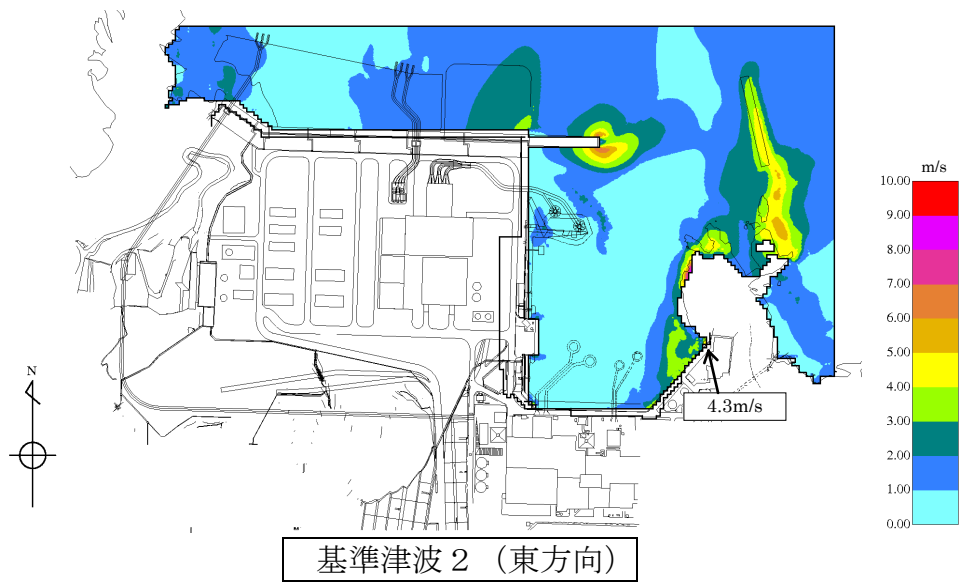
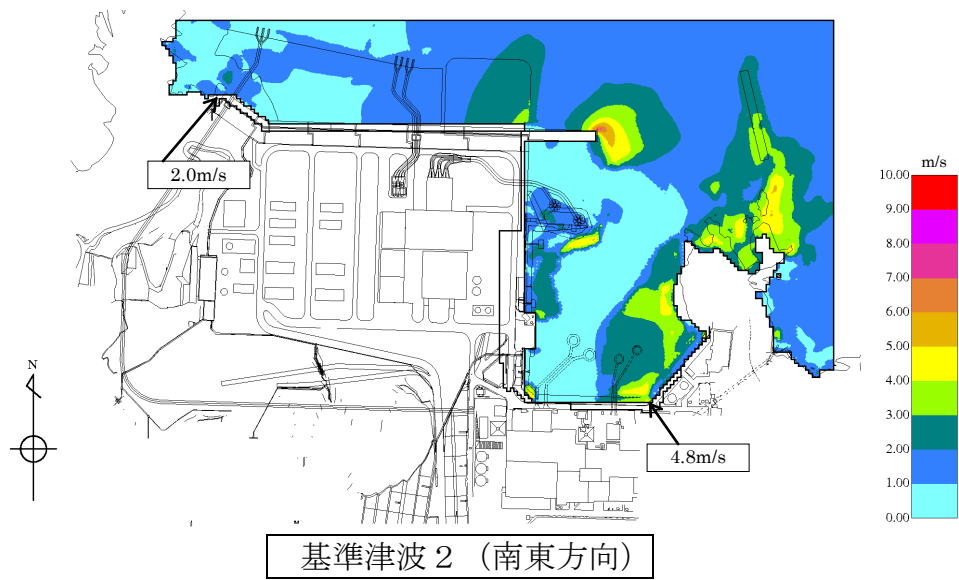




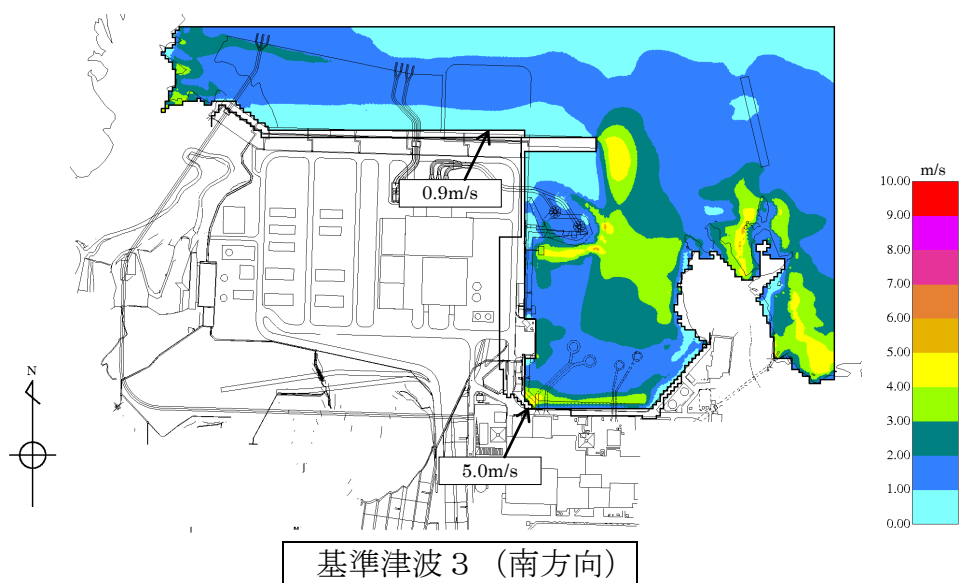
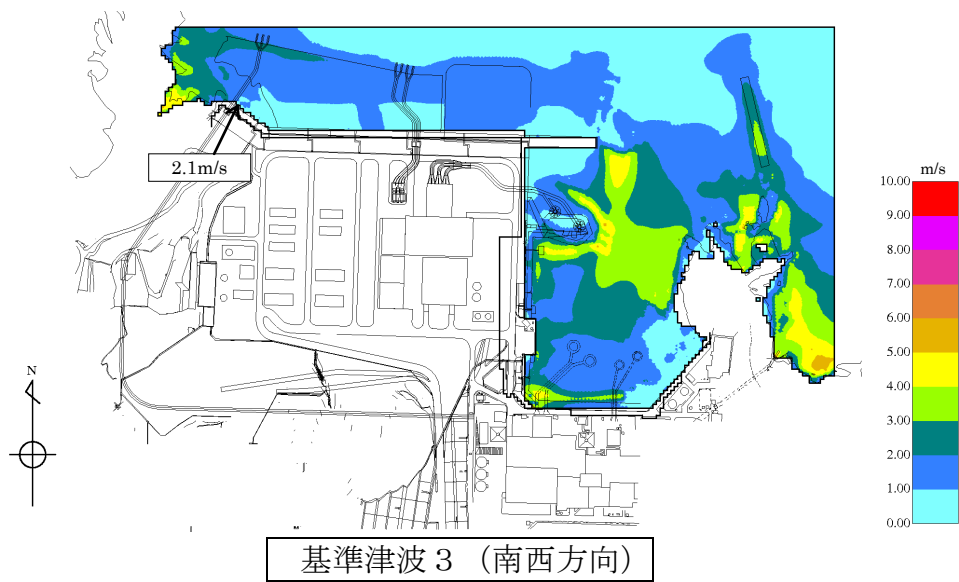
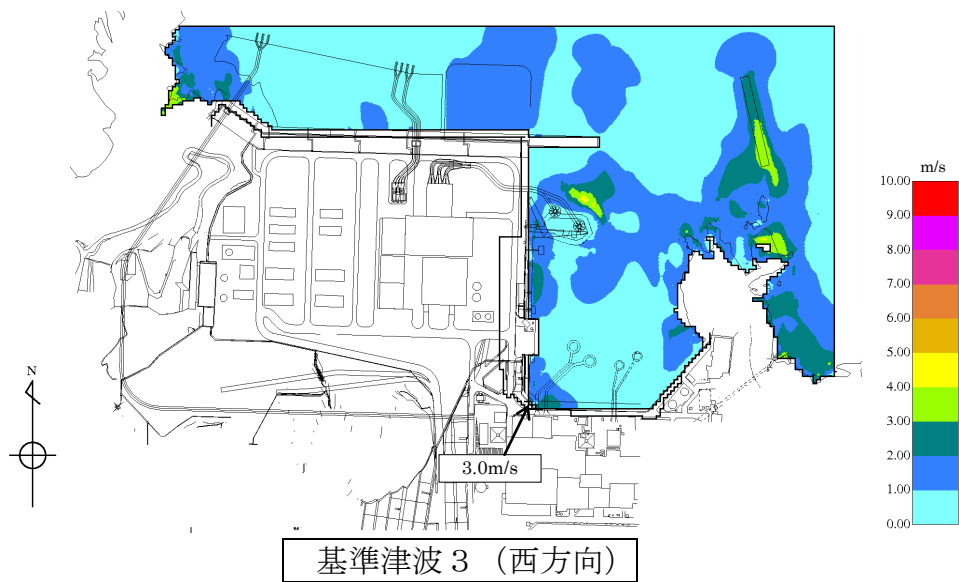
第 3 図 基準津波 1 (防波堤なし) 最大流速分布 (2 / 2)



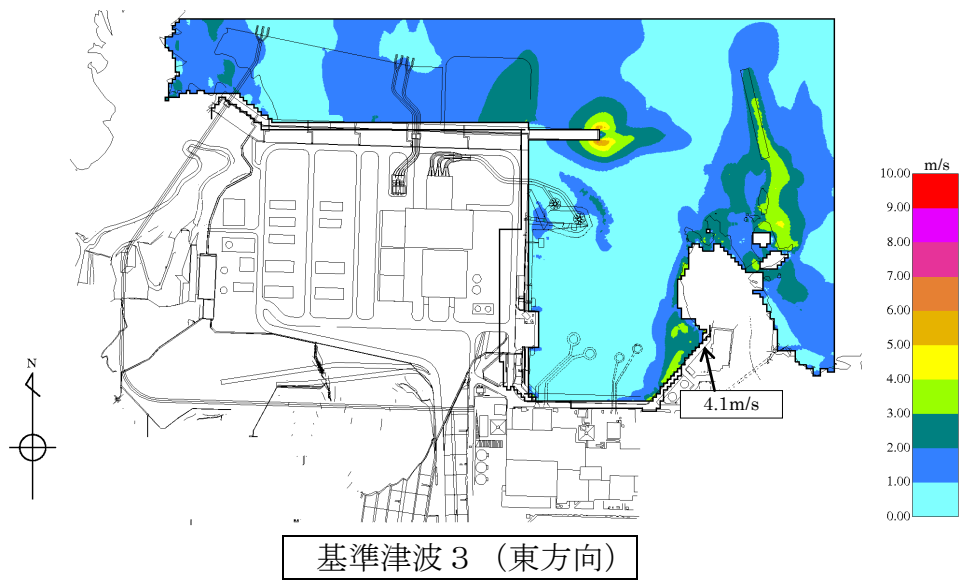
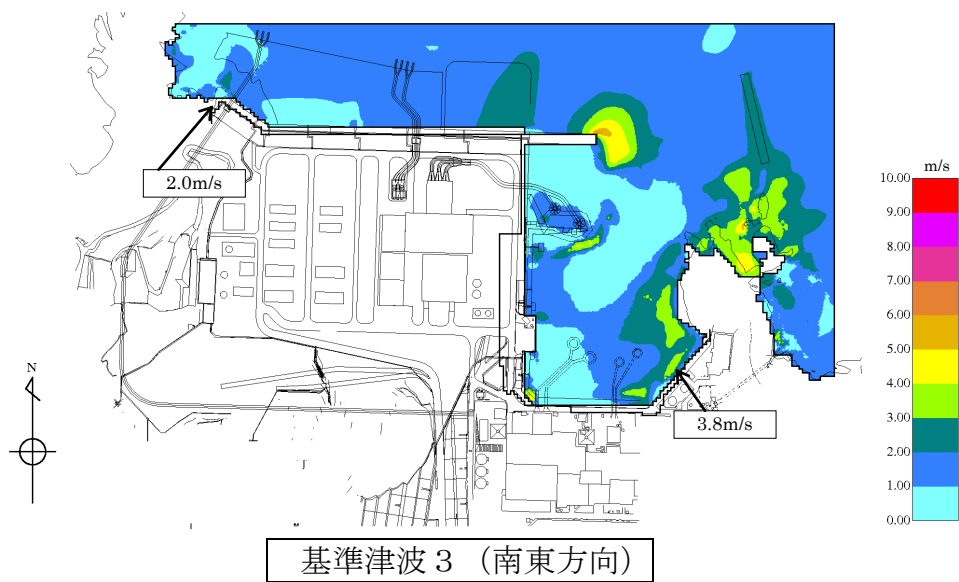
第4図 基準津波 2 最大流速分布 (1 / 2)



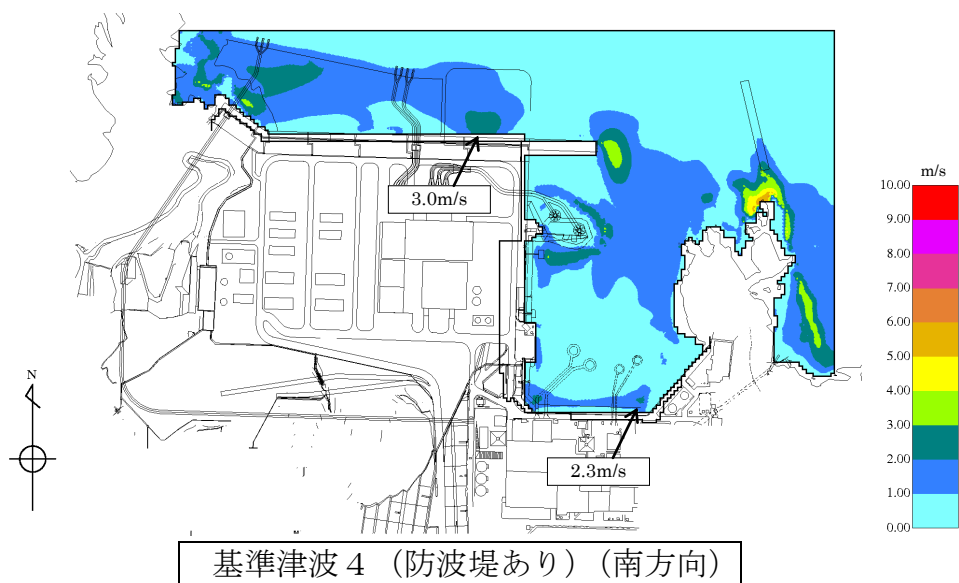
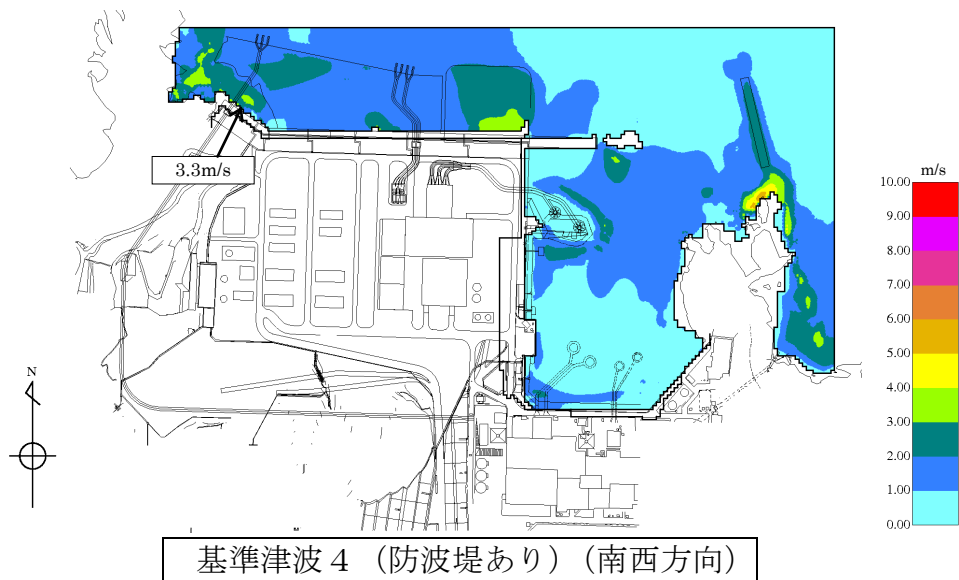
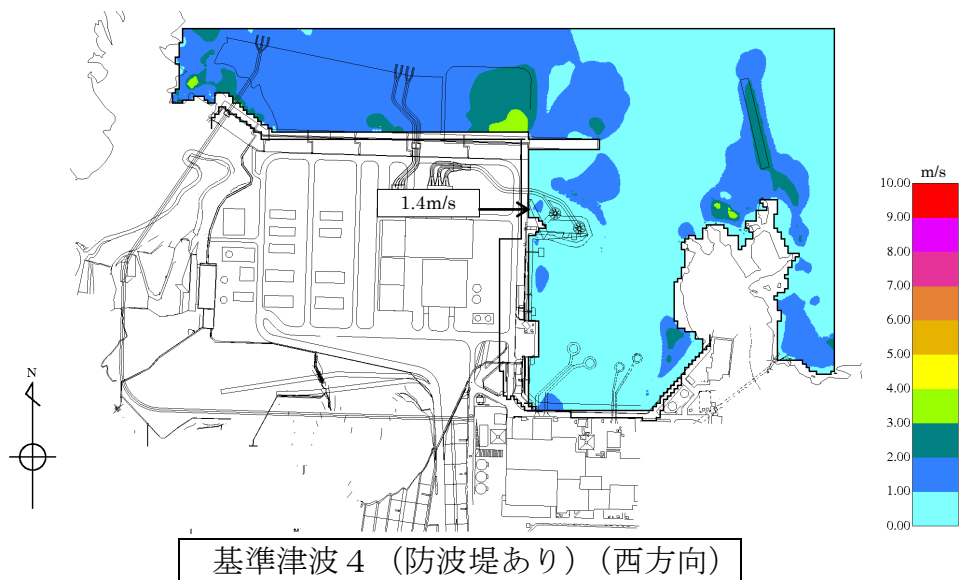
第4図 基準津波 2 最大流速分布 (2 / 2)



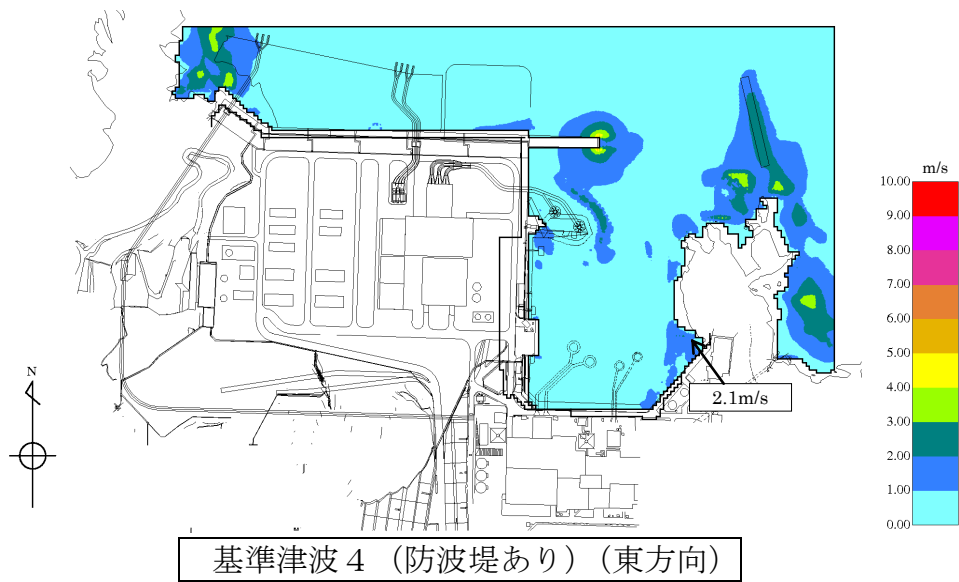
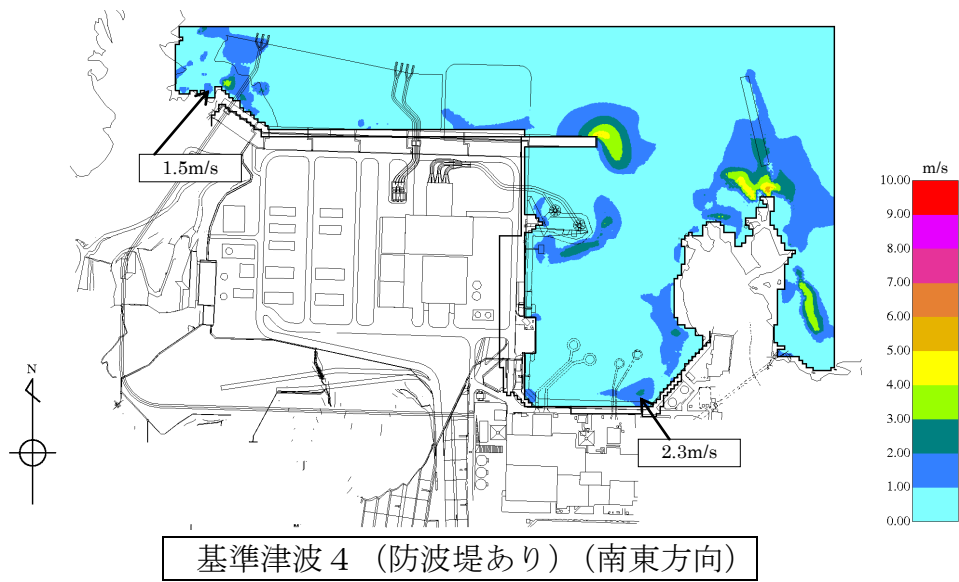
第5図 基準津波 3 最大流速分布 (1 / 2)



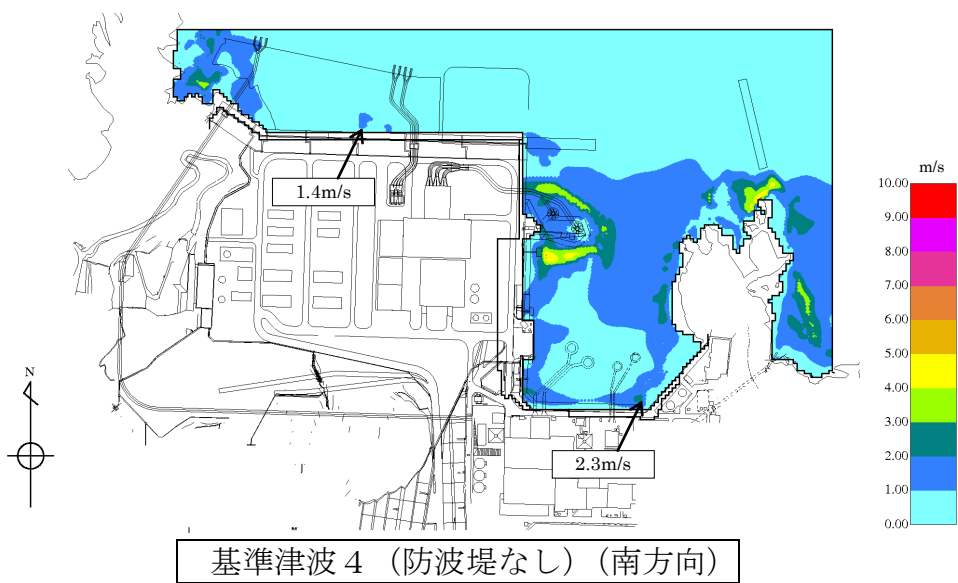
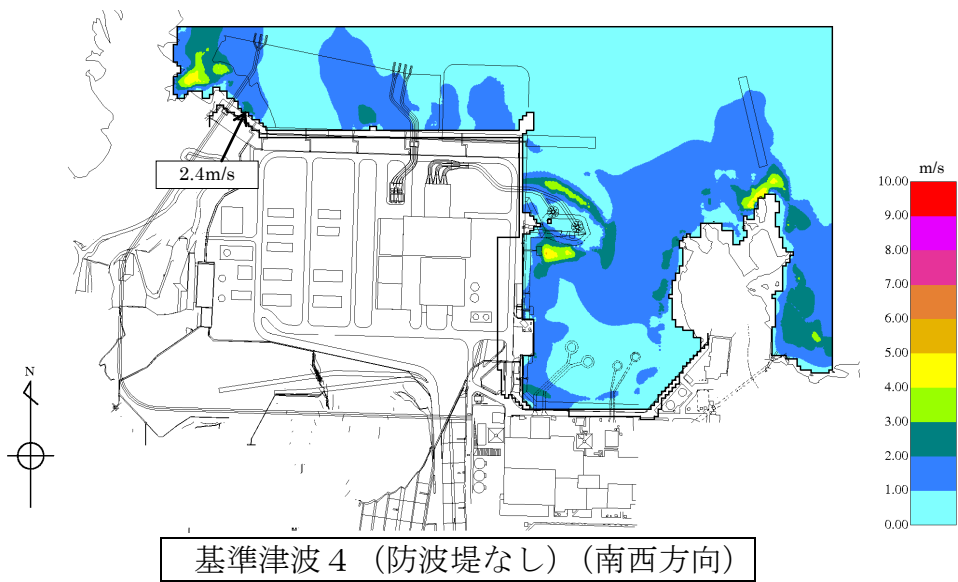
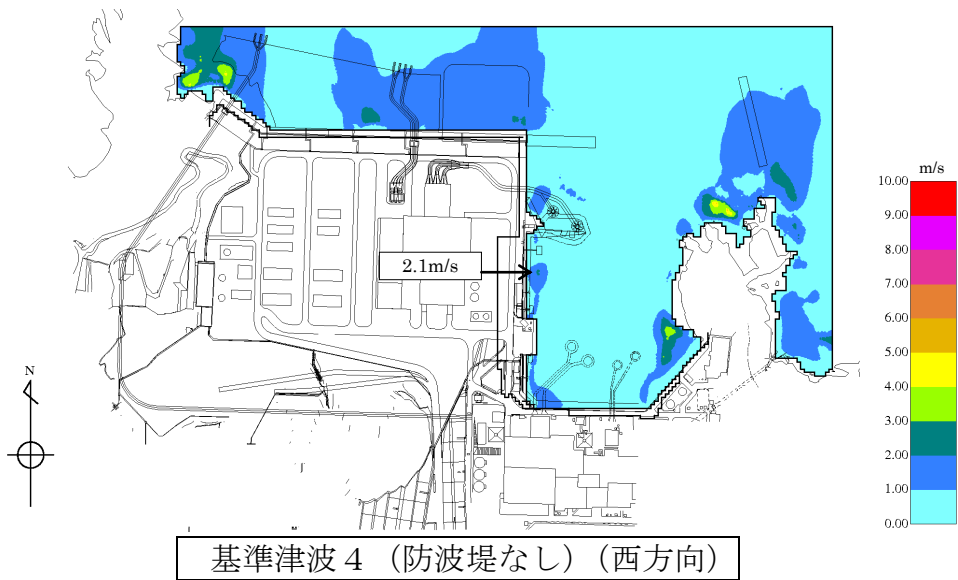
第5図 基準津波3 最大流速分布 (2 / 2)



第 6 図 基準津波 4 (防波堤あり) 最大流速分布 (1 / 2)

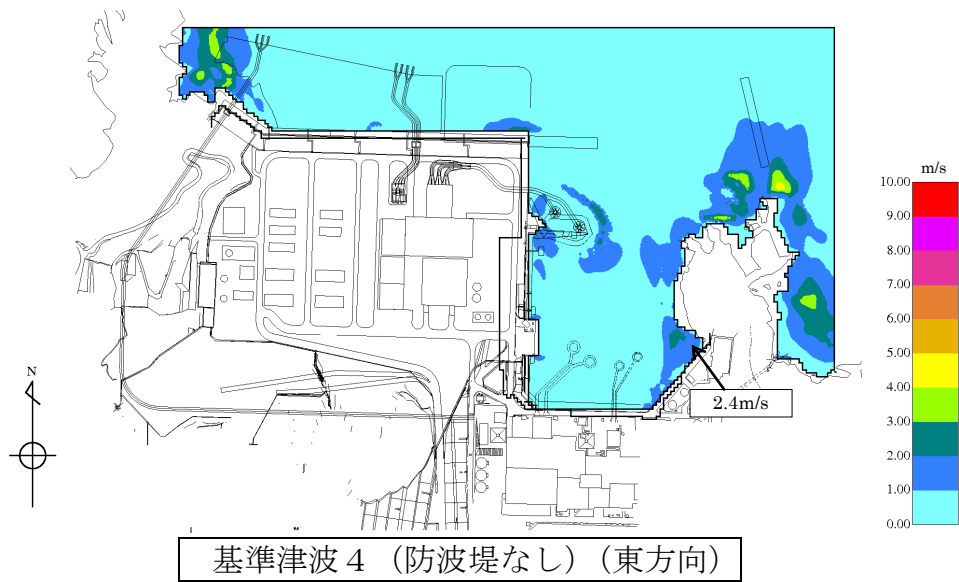
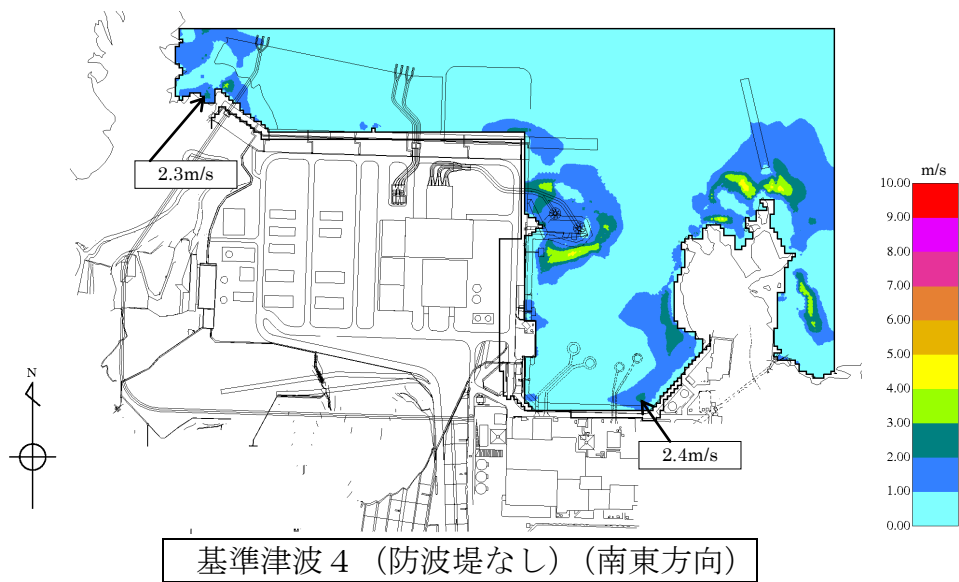


第 6 図 基準津波 4 (防波堤あり) 最大流速分布 (2 / 2)

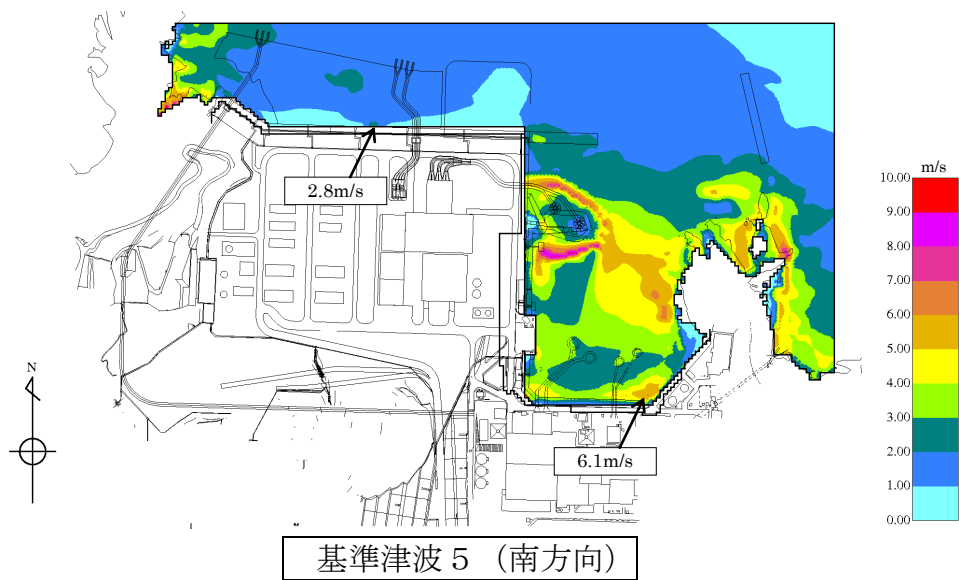
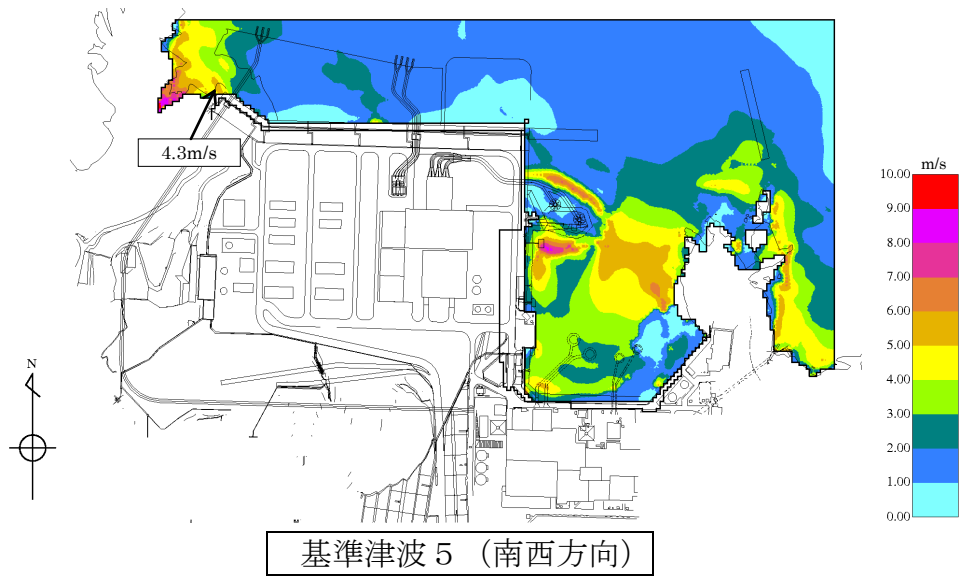
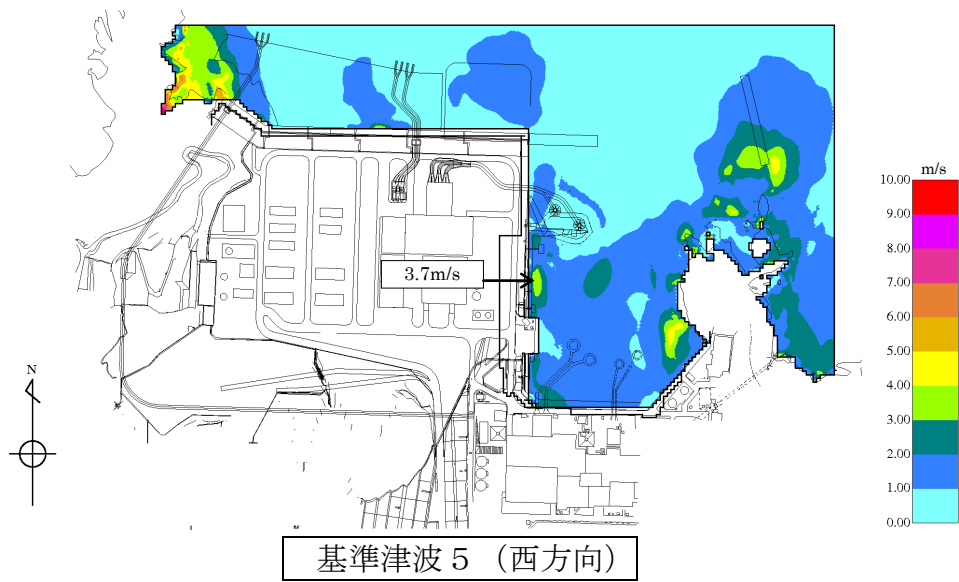


第7図 基準津波 4 (防波堤なし) 最大流速分布 (1 / 2)

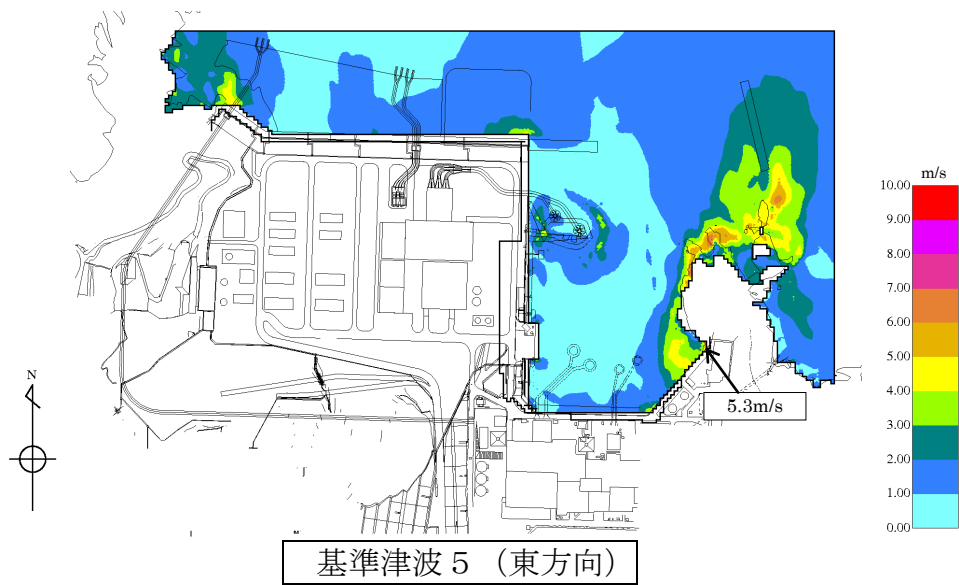
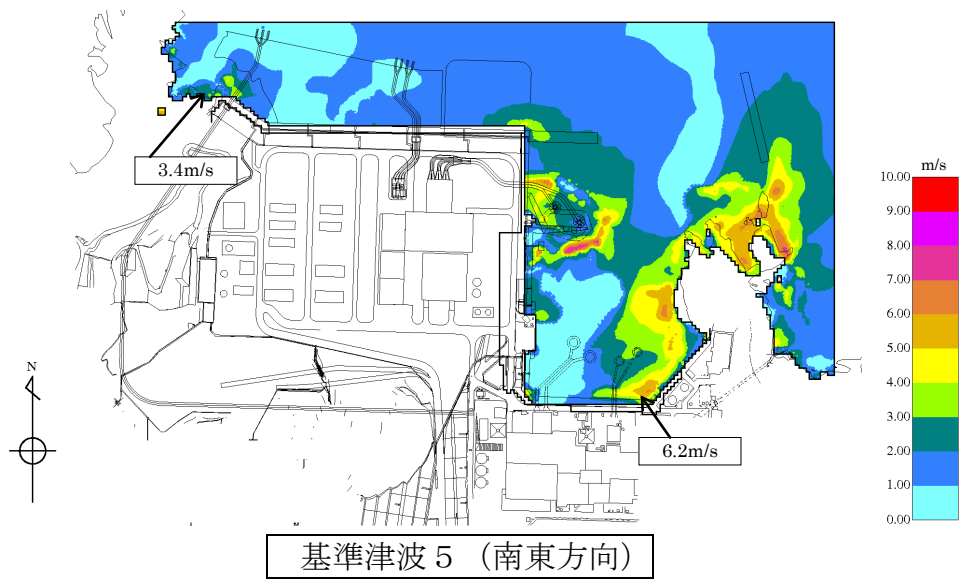




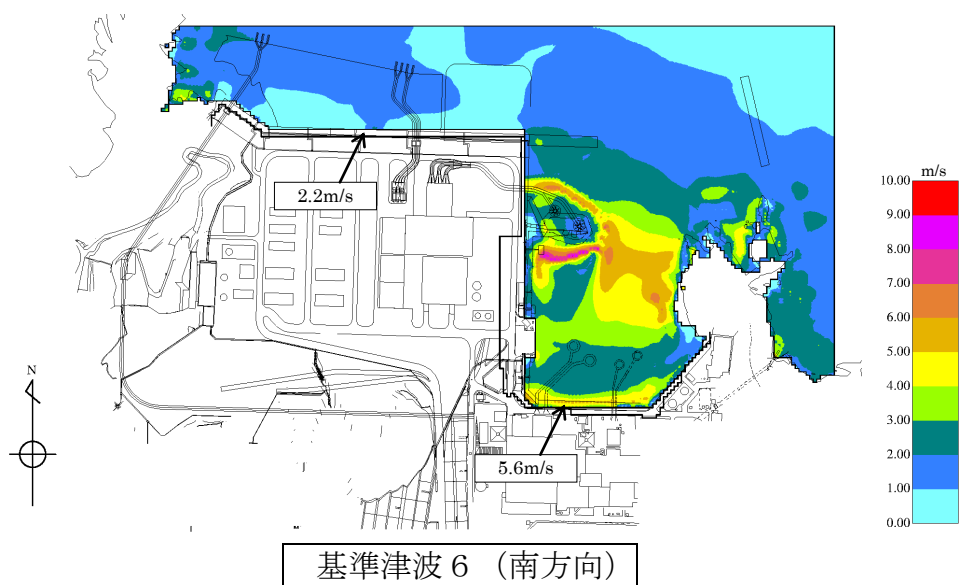
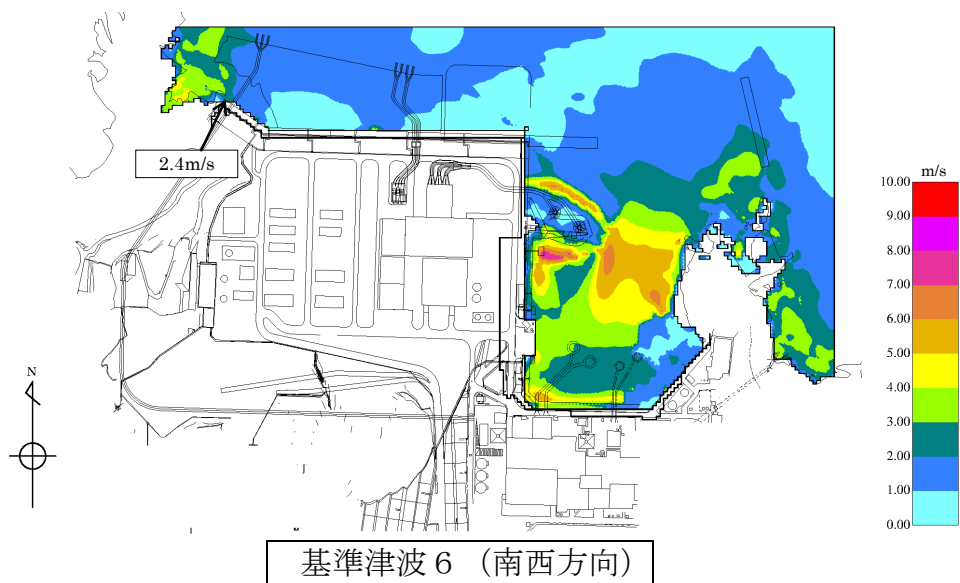
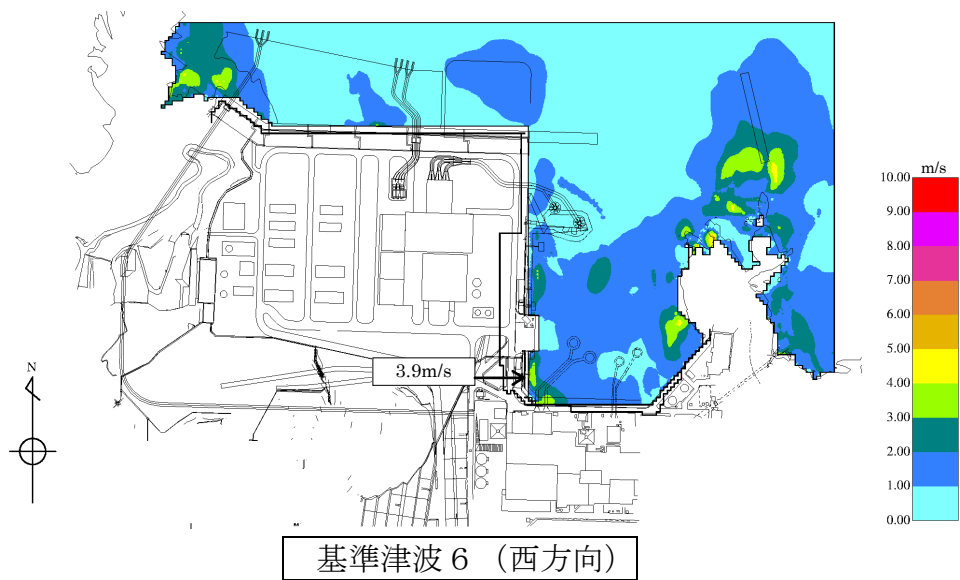
第7図 基準津波 4 (防波堤なし) 最大流速分布 (2 / 2)



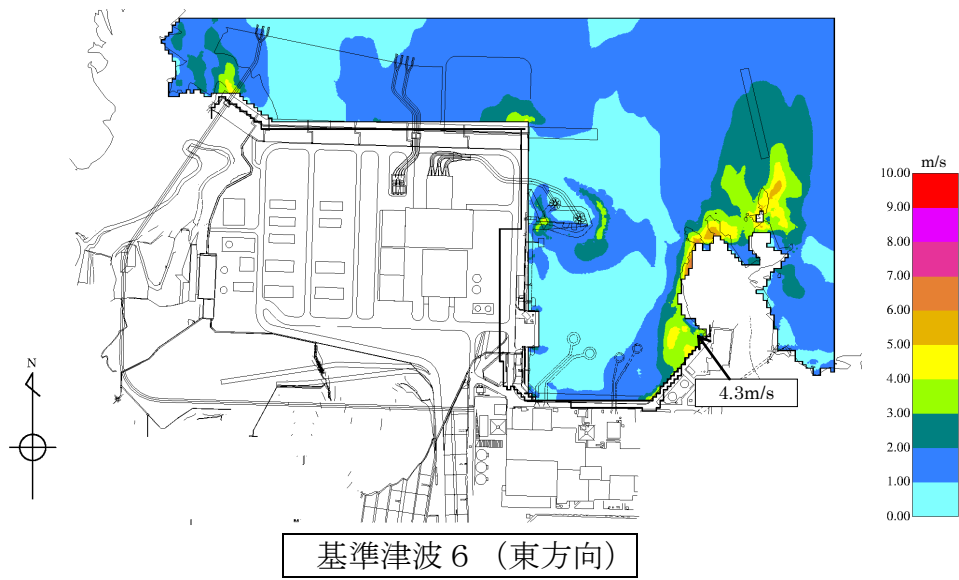
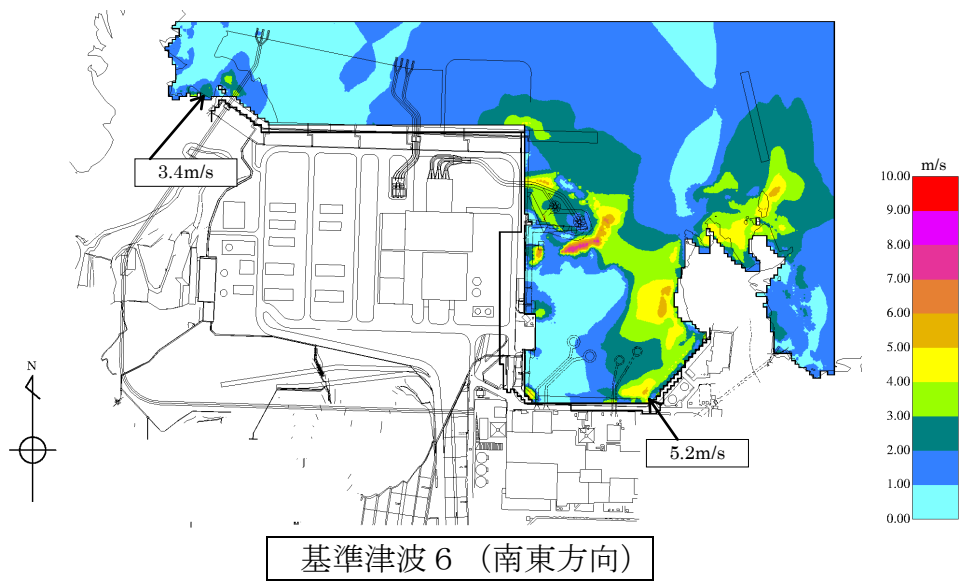
第 8 図 基準津波 5 最大流速分布 (1 / 2)



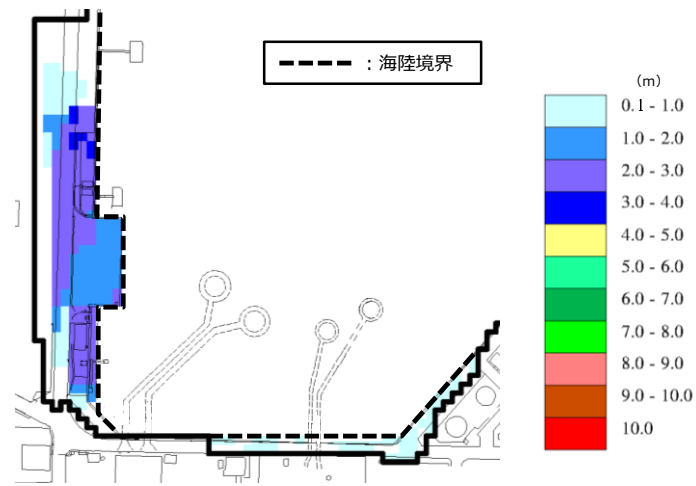
第 8 図 基準津波 5 最大流速分布 (2 / 2)



第9図 基準津波 6 最大流速分布 (1 / 2)



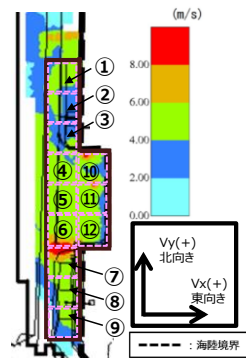
第9図 基準津波 6 最大流速分布 (2 / 2)



基準津波 1 (防波堤無し)

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



(切上げの関係で値があわない場合がある)

第 10 図 基準津波 1 (防波堤無し) における荷揚場周辺の  
最大浸水深分布及び流速

## 津波監視設備の監視に関する考え方

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。

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。

表 1 津波監視の考え方

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 2 号炉排気筒及び 3 号炉北側の防波壁上部（東側・西側）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 EL. +10.7m 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。

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。

複数箇所でも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。

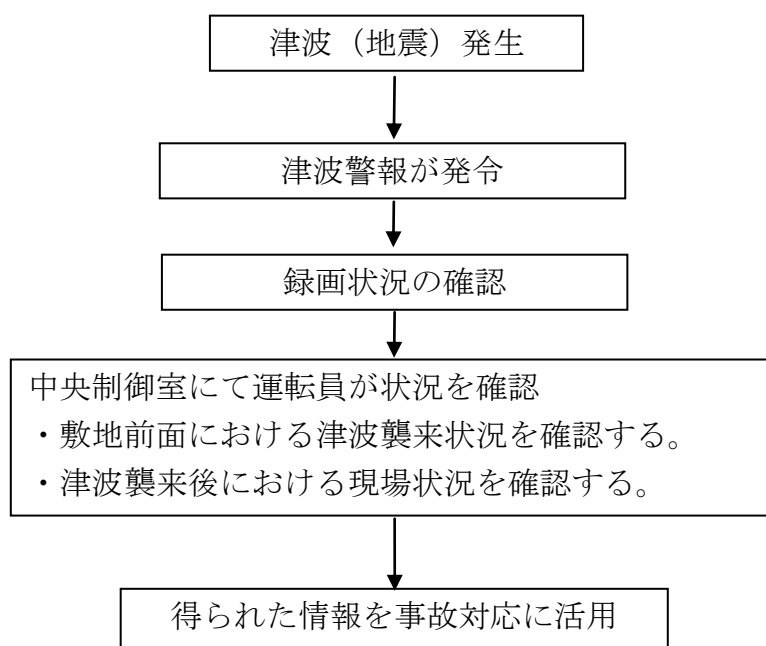


図1 津波監視カメラ運用フロー



## 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて

## 1. 概要

島根原子力発電所において設置する津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備については, 設置許可基準規則及び関連審査ガイドに記載される下記事項(第1表)を考慮したうえで荷重の組合せを設定する。

第1表 設置許可基準規則等の荷重組合せに関する要求事項

	記載箇所	記載内容	考慮する荷重
①	耐震審査ガイド <sup>※1</sup> 6.3.1 及び 6.3.2	常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力を組み合わせる。	・常時荷重 ・地震荷重
②	耐震審査ガイド <sup>※1</sup> 6.3.3	荷重の組合せに関しては, 地震と津波が同時に作用する可能性について検討し, 必要に応じて基準地震動による地震力と津波による荷重の組合せを考慮すること。	・地震荷重 ・津波荷重
③	耐津波審査ガイド <sup>※2</sup> 5.1	耐津波設計における荷重の組合せとして, 余震が考慮されていること。	・常時荷重 ・津波荷重 ・余震荷重
④	耐津波審査ガイド <sup>※2</sup> 5.4.2	漂流物の衝突による荷重の組合せを適切に考慮して設計すること。	・漂流物衝突荷重
⑤	耐津波審査ガイド <sup>※2</sup> 5.3	津波監視設備については, 地震荷重・風荷重の組合せを考慮すること。	・地震荷重 ・風荷重
⑥	設置許可基準規則 第6条	安全施設は, 想定される自然現象(地震及び津波を除く。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。 <sup>※3</sup>	・積雪荷重等

※1 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」を指す。

※2 「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」を指す。

※3 安全施設に対する要求事項であるが, 津波防護施設等の設計において準用する。

## 2. 考慮する荷重について

### (1) 常時荷重

常時作用している荷重として、自重、土圧、積載荷重及び海中施設に対する静水圧等を考慮する。なお、当該施設・設備に運転時の荷重が作用する場合は、運転時荷重を考慮する。

### (2) 地震荷重

基準地震動  $S_s$  による地震力を考慮する。

### (3) 余震荷重

余震荷重として、弾性設計用地震動  $S_{d-D}$  による地震力を考慮する（添付資料 22 参照）。なお、施設が浸水した状態で余震が発生した場合における、施設内滞留水に生じる動水圧荷重（スロッシングによる荷重等）も併せて考慮する。

### (4) 静的荷重（静水圧）

津波又は低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水により施設・設備に作用する静的荷重として、静水圧を考慮する。

### (5) 動的荷重（波力）

津波により施設・設備に作用する動的荷重として、津波の波力による荷重を考慮する。

### (6) 動的荷重（突き上げ）

津波により施設・設備に作用する動的荷重として、突き上げ荷重（経路からの津波が鉛直上向き方向に作用する場合の津波荷重）を考慮する。

### (7) 漂流物衝突荷重

漂流物の衝突荷重を考慮する（添付資料 18, 21 参照）。

### (8) その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）

各荷重は「第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止」に規定する設計基準風速の風荷重、設計基準積雪量の積雪荷重、降下火砕物による荷重を考慮する。

### 3. 荷重の組合せ

#### 3.1 設置状況等に応じて考慮する荷重について

荷重の組合せの設定に当たっては、施設・設備の設置状況や構造（形状）等を考慮し、各荷重の組合せ要否を以下のとおり整理する。

##### (1) 設置場所及び構造（形状）条件

設置場所が屋外の施設・設備については、構造（形状）も踏まえて、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）を考慮する。なお、設置場所が屋内、敷地地下及び水路部の施設・設備については、当該箇所における自然現象の影響の有無を整理したうえで、影響の無い自然現象による荷重を考慮不要と整理する。

##### (2) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない施設・設備については、津波荷重として「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

津波の直接的な影響を受ける施設・設備については、津波荷重として動的荷重を考慮し、経路からの津波が鉛直上向きに作用する施設・設備については、「動的荷重（突き上げ）」を考慮する。それ以外の施設・設備については、「動的荷重（波力）」を考慮する。なお、「動的荷重（波力）」における津波荷重は、敷地高以上は朝倉式に基づき算定し、敷地高以深については谷本式に基づき算定する。

##### (3) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定される施設・設備については、「漂流物衝突荷重」を考慮する。なお、漂流物衝突荷重は、施設・設備の設置高さに応じて、海域活断層から想定される地震による津波が到達する部位と日本海東縁部に想定される地震による津波が到達する部位とで個別に評価を行う。

##### (4) 津波の波源の活動の影響

地震に起因する津波の影響を受ける施設・設備について、以下のとおり整理する。

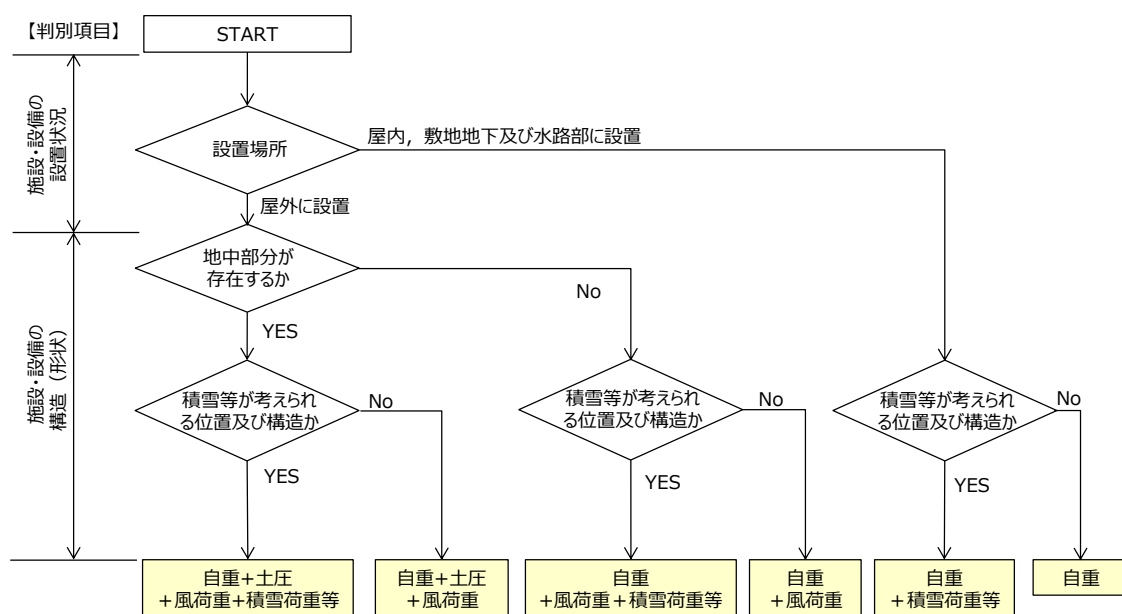
海域活断層から想定される地震による津波の影響を受ける施設・設備について、海域活断層から想定される地震による津波荷重に「余震荷重」を考慮する。

なお、日本海東縁部に想定される地震による津波の影響を受ける施設・設備については、日本海東縁部に想定される地震による「余震荷重」は敷地へ

の影響が明らかに小さいことから、「余震荷重」を考慮しない（添付資料 22 参照）。

ここで、常時荷重及びその他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）の組合せは、施設・設備の設置状況や構造（形状）等の条件を踏まえて、第 1 図のとおり分類する。

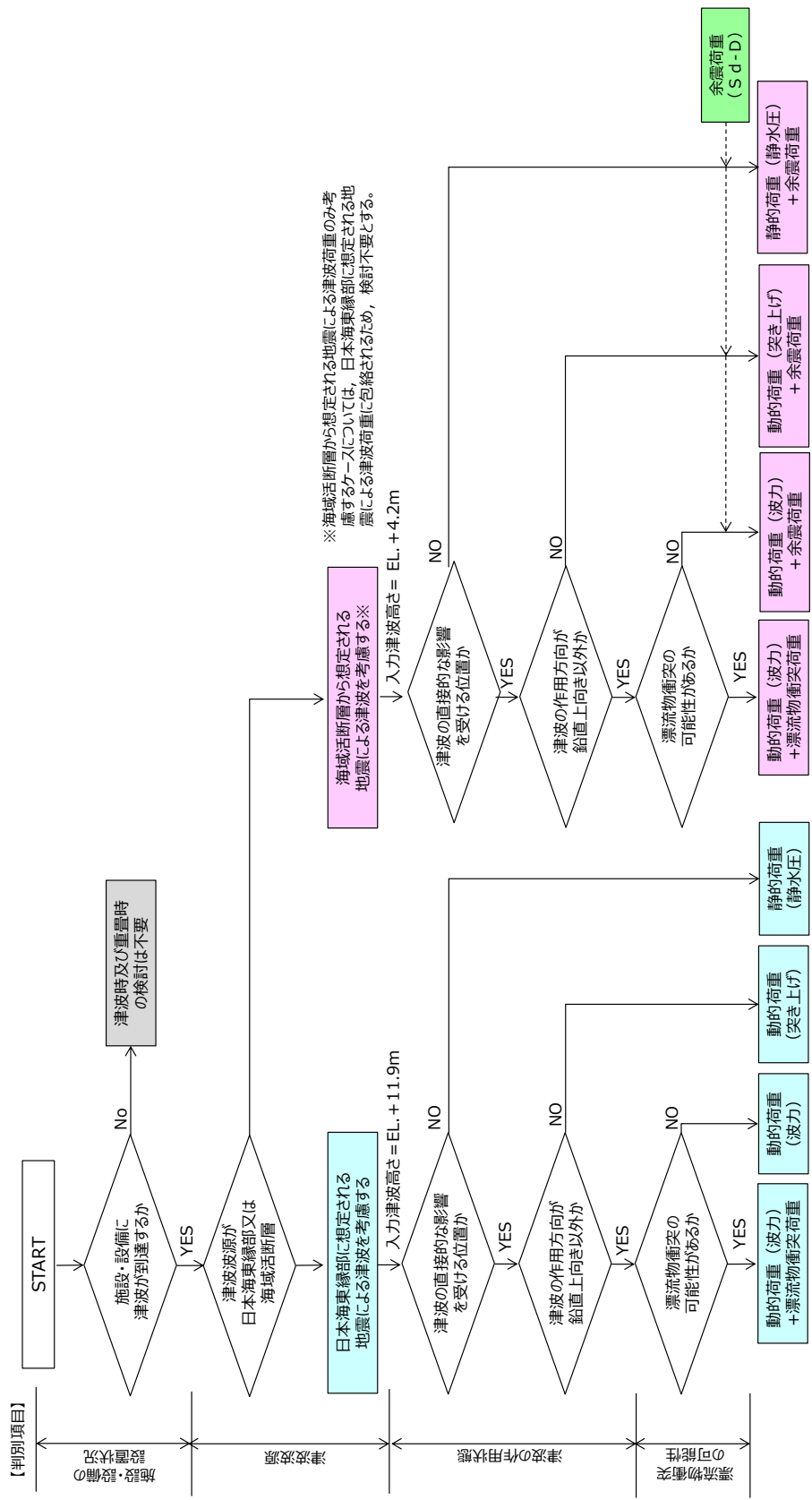
なお、地震時の検討は、全ての施設・設備において、以下で分類した常時荷重（その他自然現象による荷重含む）に地震荷重（ $S_s$ ）を組み合わせで行う。



第 1 図 常時荷重及びその他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）の組合せ選定フロー

津波時の検討は、第 1 図で分類した常時荷重及びその他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）に、施設・設備の設置状況，津波波源，津波の作用状態及び漂流物衝突の可能性を踏まえて分類した第 2 図の荷重を組み合わせで行う。ここで、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受ける施設・設備については、その部位ごとに当該波源の津波荷重に漂流物衝突荷重を組み合わせた検討又は余震荷重を組み合わせた重畳時の検討を行う。

なお、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受ける施設・設備については、静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する。



第2図 津波時及び重畳時における荷重の組合せ選定フロー

### 3.2 各施設・設備の設計において考慮する荷重の組合せ

3.1 に示す考え方を各施設・設備に展開し、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に当たって考慮する荷重の組合せを以下のとおり整理する。

#### (1) 防波壁

防波壁の設計において考慮する荷重は、防波壁の設置状況より以下のとおり整理される。

##### a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」及び「積雪荷重等」を考慮する。また、地中部に存在する部位については土圧を考慮する。

##### b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する施設であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。なお、海域活断層から想定される地震による津波においては入力津波高さ以深の防波壁の部位においても漂流物が衝突するものとして照査を実施する。

##### c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されるため、「漂流物衝突荷重」を考慮する。

##### d. 余震荷重の影響

海域活断層から想定される地震による津波が到達する防波壁（波返重力擁壁）のケーソン部等については海域活断層から想定される地震による津波に対する評価を実施する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ $S_s$ ）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋漂流物衝突荷重
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

#### (2) 防波壁通路防波扉

防波壁通路防波扉の設計において考慮する荷重は、防波壁通路防波扉の設置状況より以下のとおり整理される。

##### a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」を考慮するが、防波壁通路防波扉は薄い鋼材等で

構成されて、積雪等が考えられる構造ではないため、「積雪荷重等」は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する設備であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。

c. 漂流物の衝突の影響

漂流物の衝突が想定されるため、「漂流物衝突荷重」を考慮する。

d. 余震荷重の影響

海域活断層から想定される地震による津波の影響を受けないため、「余震荷重」は考慮不要である。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋漂流物衝突荷重

(3) 流路縮小工

1号炉取水槽流路縮小工の設計において考慮する荷重は、1号炉取水槽流路縮小工の設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、水路部（1号炉取水管端部）に設置されることから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する施設であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。なお、津波荷重（津波波力）は、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。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

d. 余震荷重の影響

1号炉取水槽流路縮小工に対しては、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受けるため、「余震荷重」を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

#### (4) 屋外排水路逆止弁

屋外排水路逆止弁の設計において考慮する荷重は、第3図～第5図に示す屋外排水路逆止弁の設置状況より以下のとおり整理される。

##### a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、敷地地下に設置されること、積雪等が考えられる構造でないことから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

##### b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるため、津波荷重として「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

##### c. 漂流物衝突の影響

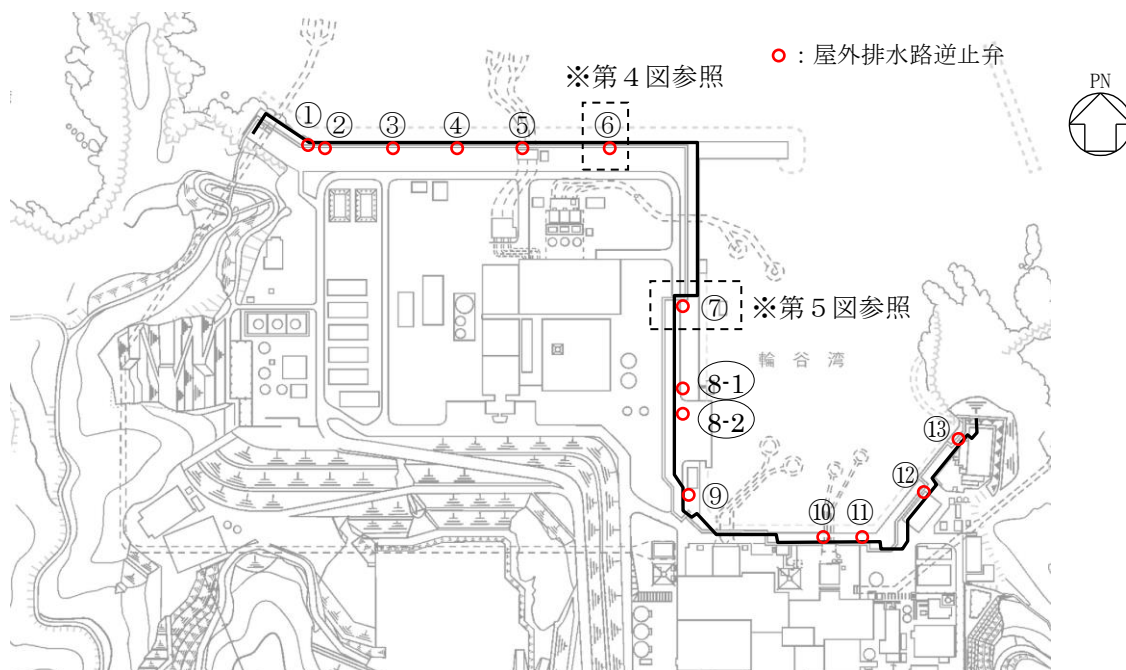
漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

##### d. 余震荷重の影響

海域活断層から想定される地震による津波の影響を受けるため、「余震荷重」を考慮する。

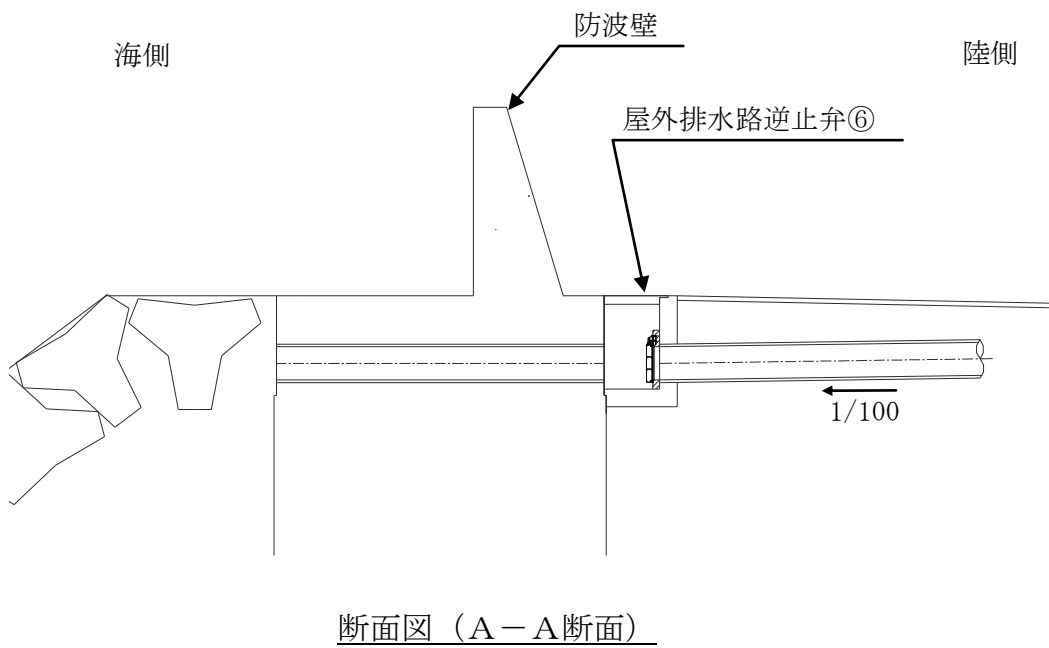
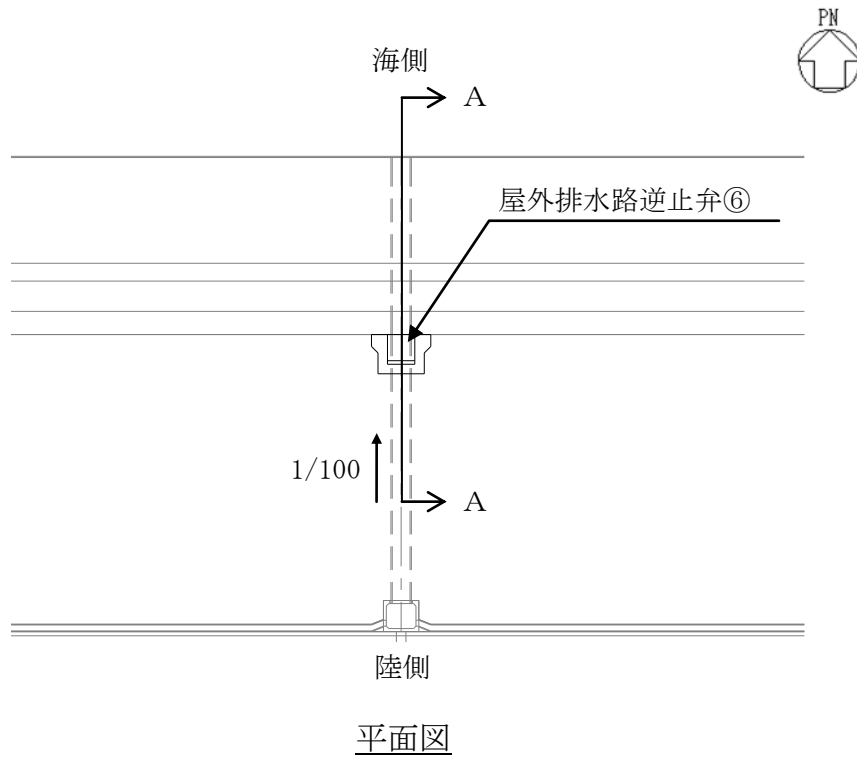
上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ $S_s$ ）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

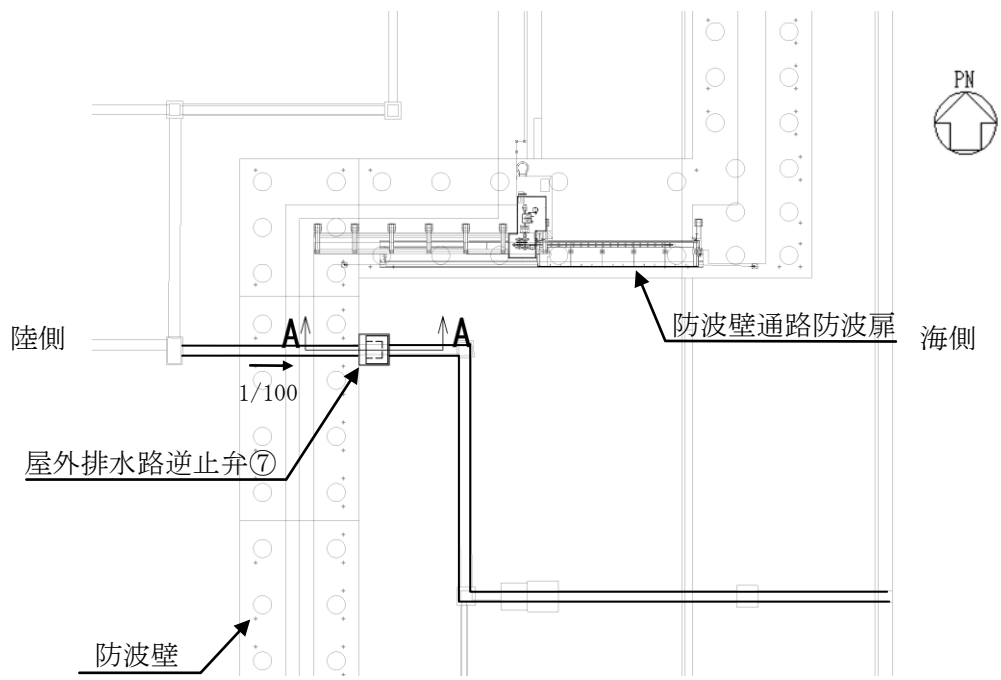


第3図 屋外排水路逆止弁位置図

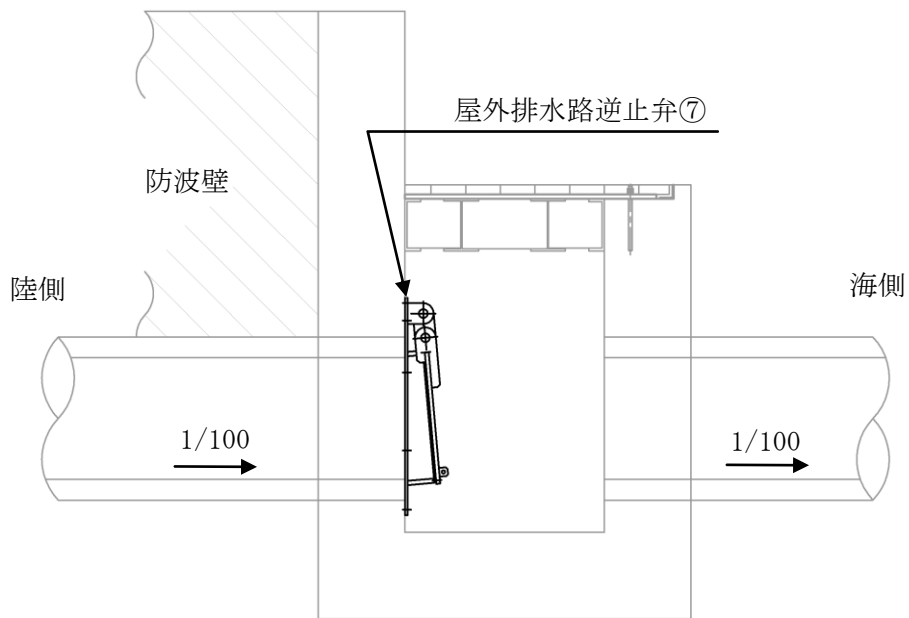




第4図 屋外排水路逆止弁⑥配置図



平面図



断面図 (A-A断面)

第5図 屋外排水路逆止弁⑦配置図

## (5) 防水壁

### a. 取水槽除じん機エリア防水壁

取水槽除じん機エリアの防水壁の設計において考慮する荷重は、取水槽除じん機エリア防水壁の設置状況より以下のとおり整理される。

#### (a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」を考慮するが、取水槽除じん機エリア防水壁は薄い鋼材等で構成されており、積雪が考えられる構造ではないため、「積雪荷重等」は考慮不要である。

#### (b) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する施設であるため、津波荷重として「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

#### (c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

#### (d) 余震荷重の影響

海域活断層から想定される地震による津波の影響を受けないため、「余震荷重」は考慮不要である。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）

### b. 復水器エリア防水壁

復水器エリア防水壁の設計において考慮する荷重は、復水器エリア防水壁の設置状況より以下のとおり整理される。

#### (a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋内に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

#### (b) 津波荷重等の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるが、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

#### (c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

#### (d) 余震荷重の影響

復水器エリア防水壁に対しては、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「余震荷重」を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

## (6) 水密扉

### a. 取水槽除じん機エリア水密扉

取水槽除じん機エリア水密扉の設計において考慮する荷重は、取水槽除じん機エリア水密扉の設置状況より以下のとおり整理される。

#### (a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」を考慮するが、取水槽除じん機エリア水密扉は薄い鋼材等で構成されており、積雪等が考えられる構造ではないため、「積雪荷重等」は考慮不要である。

#### (b) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるため、津波荷重として「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

#### (c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

#### (d) 余震荷重の影響

海域活断層から想定される地震による津波の影響を受けないため、「余震荷重」は考慮不要である。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）

### b. 復水器エリア水密扉

復水器エリア水密扉の設計において考慮する荷重は、復水器エリア水密扉の設置状況より以下のとおり整理される。

#### (a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋内に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

(b) 津波荷重等の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるが、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

(c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

(d) 余震荷重の影響

復水器エリア水密扉に対しては、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「余震荷重」を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(7) 床ドレン逆止弁

a. 取水槽床ドレン逆止弁

取水槽床ドレン逆止弁の設計において考慮する荷重は、取水槽床ドレン逆止弁の設置状況より以下のとおり整理される。

(a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「積雪荷重等」は考慮するが、敷地地下に設置されることから、「風荷重」は考慮不要である。

(b) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する設備であり、波圧が鉛直上向きに作用する設備であるため、「動的荷重（突き上げ）」を考慮する。

(c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

(d) 余震荷重の影響

取水槽床ドレン逆止弁に対しては、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受けるため、「余震荷重」を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（突き上げ）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（突き上げ）＋余震荷重

b. タービン建物床ドレン逆止弁

タービン建物床ドレン逆止弁の設計において考慮する荷重は、タービン建物床ドレン逆止弁の設置状況より以下のとおり整理される。

(a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋内に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

(b) 津波荷重等の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるが、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

(c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

(d) 余震荷重の影響

タービン建物床ドレン逆止弁に対しては、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「余震荷重」を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ $S_s$ ）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(8) 貫通部止水処置

貫通部止水処置の設計において考慮する荷重は、貫通部止水処置の設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋内又は屋外に設置する設備であるため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。屋内に設置する設備は、「風荷重」及び「積雪荷重等」は考慮不要である。屋外に設置する設備は、敷地地下に設置されることから「風荷重」は考慮不要であり、また、積雪等が考えられる構造でないことから「積雪荷重等」は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

屋内に設置する設備は、津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるが、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。屋外に設置する設備は、津波の波力の影響を受けない場所に設置する施設であるため、津波荷重と

して「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

d. 余震荷重の影響

貫通部止水処置に対しては、屋内に設置する設備は、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「余震荷重」を考慮する。屋外に設置する設備は、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受けることから、「余震荷重」を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(9) 隔離弁、ポンプ及び配管

隔離弁、ポンプ及び配管の設計において考慮する荷重は、隔離弁、ポンプ及び配管の設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋内又は屋外に設置する設備であるため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて、適切に組み合わせを考慮する。屋内に設置する設備は、「風荷重」及び「積雪荷重等」は考慮不要である。屋外に設置する設備は、敷地地下に設置されることから「風荷重」は考慮不要であり、また、積雪等が考えられる構造でないことから「積雪荷重等」は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する施設であるため、津波荷重として「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

d. 余震荷重の影響

海域活断層より想定される地震による津波が到達する部位については「余震荷重」を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(10) 津波監視カメラ

津波監視カメラの設計において考慮する荷重は、津波監視カメラの設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」及び「積雪荷重等」を考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波の影響を受けない場所に設置する設備であるため、津波荷重は考慮不要である。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）

(11) 取水槽水位計

取水槽水位計の設計において考慮する荷重は、取水槽水位計の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、敷地地下に設置されることから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」は考慮不要であり、積雪等が考えられる構造でないことから「積雪荷重等」は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する設備であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

d. 余震荷重の影響

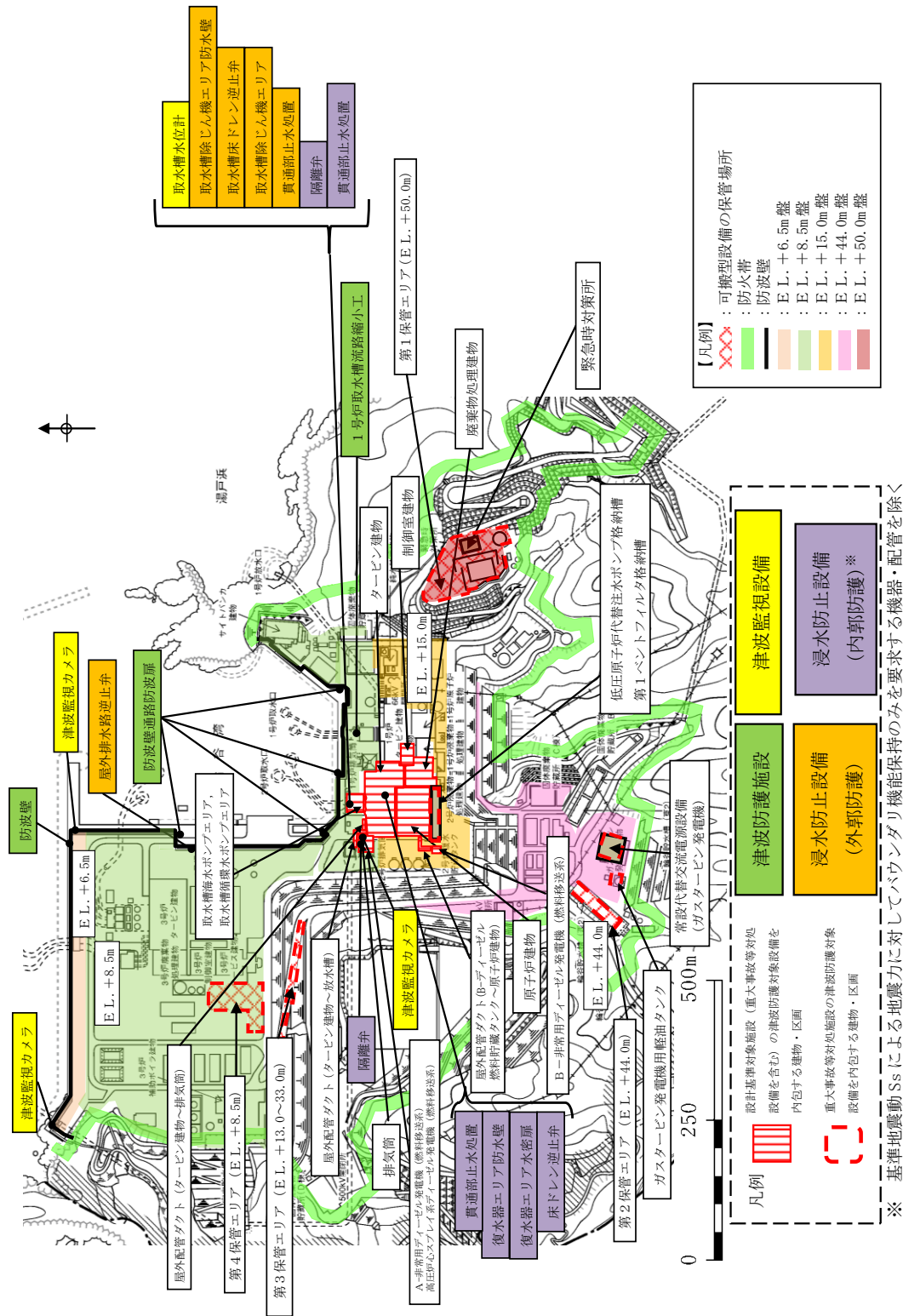
取水槽水位計に対しては、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受けるため、「余震荷重」を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（S s）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

ここで、第6図に津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の位置を示し、第2表～第5表に考慮する荷重及び荷重の組合せを示す。





第6図 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の平面図

第2表 津波防護施設で考慮する荷重及び荷重の組合せ

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		その他自然現象による荷重※1		地震荷重 (Ss)	余震荷重 ※2	津波荷重			備考		
				自重	土圧	風荷重	積雪荷重等			動的荷重	(波力)	(突きの上げ)		静水圧	漂流物衝突荷重
津波防護施設	防波壁	屋外	常時荷重+地震荷重	—	○	○	○	○	○						
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	日本海東縁部	○	○	○	○		○					
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) +漂流物衝突荷重	日本海東縁部	○	○	○	○			○			○	
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) +漂流物衝突荷重	海域活断層	○	○	○	○			○			○	
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) +余震荷重	海域活断層	○	○	○	○			○				
			常時荷重+地震荷重	—	○	○	○	○							
防波壁通路 防波扉	屋外	常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	日本海東縁部	○	○	○	○			○					
		常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) +漂流物衝突荷重	日本海東縁部	○	○	○	○				○		○		
1号炉取水槽 流路縮小工	屋外 (水路部)	常時荷重+地震荷重	—	○	○	○	○			○				津波荷重は津波時の静水圧、流水圧及び水流の摩擦による推力を考慮する	
		常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	日本海東縁部	○	○	○	○				○				
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) +余震荷重	海域活断層	○	○	○				○				

※1 その他自然現象による荷重 (風荷重, 積雪荷重等) は設備の設置状況, 構造 (形状) 等の条件を含めて適切に組み合わせを考慮する

※2 余震荷重は「海域活断層から想定される地震」による津波の影響を受ける箇所を考慮する (「参考」余震荷重の設定を参照)

第3表 浸水防止設備（外郭防護）で考慮する荷重及び荷重の組合せ

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		その他自然現象による荷重※1		地震荷重 (Ss)	余震荷重 ※2	津波荷重			備考	
				自重	土庄	風荷重	積雪荷重等			動的荷重 (波力)	動的荷重 (突き上げ)	静水圧		漂流物衝突荷重
浸水防止設備（外郭防護）	屋外排水路 逆止弁	屋外 (敷地地下)	常時荷重+地震荷重	○				○						
			常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧))	○							○			
			常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧)) +余震荷重	○						○				
	取水槽 除じん機エリア 防水壁	屋外	常時荷重+地震荷重	○				○						
			常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧))	○									○	
			常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧)) +余震荷重	○						○				
	取水槽 除じん機エリア 水密扉	屋外	常時荷重+地震荷重	○				○						
			常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧))	○										○
			常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧)) +余震荷重	○						○				
	床トレン 逆止弁	屋外 (敷地地下)	常時荷重+地震荷重	○				○						
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (突き上げ))	○										○
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (突き上げ)) +余震荷重	○						○				
貫通部 止水処置	屋外 (敷地地下)	常時荷重+地震荷重	○				○							
		常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧))	○										○	
		常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧)) +余震荷重	○						○					

※1 その他自然現象による荷重 (風荷重, 積雪荷重等) は設備の設置状況, 構造 (形状) 等の条件を含めて適切に組み合わせを考慮する

※2 余震荷重は「海域活断層から想定される地震」による津波の影響を受ける箇所を考慮する (「参考」余震荷重の設定」を参照)

第4表 浸水防止設備（内郭防護）で考慮する荷重及び荷重の組合せ

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		その他自然現象による荷重※1		地震荷重 (Ss)	余震荷重※2	津波荷重			備考	
				自重	土庄	風荷重	積雪荷重等			動的荷重	(波力)	動的荷重(突き上げ)		静水圧
浸水防止設備（内郭防護）	復水器エリア 防水壁	屋内	常時荷重+地震荷重	○				○					低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する	
			常時荷重+静的荷重（静水圧）	○								○		
			常時荷重+静的荷重（静水圧）+余震荷重	○						○				○
	復水器エリア 水密扉	屋内	常時荷重+地震荷重	○					○					低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する
			常時荷重+静的荷重（静水圧）	○									○	
			常時荷重+静的荷重（静水圧）+余震荷重	○						○			○	
	床トレシ 逆止弁	屋内	常時荷重+地震荷重	○					○					低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する
			常時荷重+静的荷重（静水圧）	○									○	
			常時荷重+静的荷重（静水圧）+余震荷重	○						○			○	
	貫通部 止水処置	屋内	常時荷重+地震荷重	○					○					低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する
			常時荷重+静的荷重（静水圧）	○									○	
			常時荷重+静的荷重（静水圧）+余震荷重	○						○			○	
隔離弁, ポンプ及び配管	屋内 (配管タクト内) 又は屋外 (敷地地下)	常時荷重+地震荷重	○					○						
		常時荷重+静的荷重（静水圧）	○									○		
		常時荷重+静的荷重（静水圧）+余震荷重	○						○			○		

※1 その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて適切に組み合わせを考慮する

※2 余震荷重は「海域活断層から想定される地震」による津波の影響を受ける箇所を考慮する（【参考】余震荷重の設定（参照））

第5表 津波監視設備で考慮する荷重及び荷重の組合せ

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	津波波源	常時		その他自然現象による荷重 ※1		地震荷重 (Ss)	余震荷重 ※2	津波荷重			備考
					自重	土庄	風荷重	積雪荷重等			動的(波力)荷重	動的(突き上げ)荷重	静水圧	
津波監視設備	津波監視カメラ	屋外	常時荷重+地震荷重	—	○	○	○	○	○					
	取水槽水位計	屋外 (敷地地下)	常時荷重+地震荷重 常時荷重+津波荷重(動的荷重(波力)) 常時荷重+津波荷重(動的荷重(波力))+余震荷重	— 日本海 東縁部 海域 活断層	○ ○ ○ ○				○ ○ ○ ○					

※1 その他自然現象による荷重(風荷重, 積雪荷重等)は設備の設置状況, 構造(形状)等の条件を含めて適切に組み合わせを考慮する

※2 余震荷重は「海域活断層から想定される地震」による津波の影響を受ける箇所を考慮する(「参考」余震荷重の設定)を参照

## 基準類における衝突荷重算定式及び衝突荷重について

## 1. はじめに

島根原子力発電所において考慮する漂流物の衝突荷重の算定に当たり、島根原子力発電所における基準津波の津波特性を平面二次元津波シミュレーションより確認し、「2.5.2 (3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」に示す取水口に対する漂流物の影響の評価プロセスより、漂流物衝突荷重の設定に考慮する漂流物を抽出するとともに、既往の衝突荷重の算定式とその根拠について整理した。

## 2. 基準類における衝突荷重算定式について

耐津波設計に係る工認審査ガイドにおいて挙げられている参考規格・基準類のうち、漂流物の衝突荷重又は衝突エネルギーについて記載されているものは、「道路橋示方書・同解説 I 共通編（平成 14 年 3 月）」と「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（平成 26 年）」であり、それぞれ以下のように適用範囲・考え方、算定式を示している。

## ①道路橋示方書・同解説 I 共通編（(社) 日本道路協会，平成 14 年 3 月）

## ○適用範囲・考え方：

橋（橋脚）に自動車，流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突荷重を算定する式である。

## ○算定式：

$$\text{衝突力 } P = 0.1 \times W \times v$$

ここに，P：衝突力（kN）

W：流送物の重量（kN）

v：表面流速（m/s）

## ②津波漂流物対策施設設計ガイドライン（沿岸技術研究センター，寒地研究センター，平成 26 年）

## ○適用範囲・考え方：

「漁港・漁場の施設の設計の手引き（全国漁港漁場協会 2003 年版）」の接岸エネルギーの算定方法に準じて設定されたものであり、漁船の他，車両・流木・コンテナにも適用されるが，支柱及び漂流物捕捉スクリーンの変形でエネルギーを吸収させることにより漂流物の進入を防ぐための津波漂流物対策施設の設計に適用される式である。

○算定式：

$$\text{船舶の衝突エネルギー} E = E_0 = W \times V^2 / (2g)$$

(船の回転により衝突エネルギーが消費される (1/4 点衝突) 場合

$$E = E' = W \times V^2 / (4g)$$

ここに、 $W = W_0 + W' = W_0 + (\pi / 4) \times (D^2 L \gamma_w)$

W：仮想重量 (kN)

$W_0$ ：排水トン数 (kN)

$W'$ ：付加重量 (kN)

D：喫水 (m)

L：横付けの場合は船の長さ，縦付けの場合は船の幅 (m)

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

これは、鋼管杭等の支柱の変形及びワイヤロープの伸びにより衝突エネルギーを吸収する考え方であり、弾性設計には適さないものである。

### 3. 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

安藤ら(2006)<sup>\*1</sup>によれば、南海地震津波による被害を想定して高知港を対象に、平面二次元津波数値シミュレーション結果に基づいた被害予測手法の検討を行い、特に漂流物の衝突による構造物の被害、道路交通網等アクセス手段の途絶について検討を行い、港湾全体における脆弱性評価手法を検討している。この中で荷役設備・海岸施設の漂流物による被害を検討するに当たって、漂流物の衝突力を算定しており、船舶に対しては道路橋示方書を採用している(表-1)。

※1 地震津波に関する脆弱性評価手法の検討，沿岸技術研究センター論文集，No.6 (2006)

表-1 各施設の許容漂流速度

		選 定 式	対象施設		
			クレーン	水門	倉庫
車両		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.8 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
コンテナ	20ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.9 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
	40ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	4.7 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
船舶	小型	衝突荷重 (道路橋示方書)	5.0m/s超	5.0m/s超	5.0m/s超
	大型	衝突荷重 (道路橋示方書)	5.0m/s超	1.8 m/s	1.8 m/s
木材		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 <sup>4)</sup>	5.0m/s超	1.7 m/s	1.7 m/s

#### 4. 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文

道路橋示方書等の基準類以外でも、漂流物による衝突力評価に対する研究が複数存在している。以下に、これらの研究概要を例示するが、木材やコンテナ等を対象とした事例が多く、船舶の衝突を考慮した事例は少ない。

##### ○適用範囲・考え方：

「平成 23 年度建築基準整備促進事業 40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」（東京大学生産技術研究所(2011)）では、「漂流物の衝突による建築物への影響の評価については、研究途上の段階であり、また、被害調査においても、被害をもたらした漂流物の詳細な情報を得ることは難しいため、既往の知見の検証は困難であった」としている。また、津波による漂流物が建築物に衝突する際の衝突力に関する研究を以下に示しているが、「対象としている漂流物は (a), (b), (d), (e)」が流木, (c), (d), (e) がコンテナである ((e) は任意の漂流物を対象としているものの実質流木とコンテナしか算定できない。)としている。

島根原子力発電所における漂流物としては、船舶を想定していることから評価式(a)～(e)については、その他の衝突荷重の算定式の適用性も踏まえて今後検討する。



○算定式(a) :

(a) 松富の評価式<sup>※2</sup>

津波による円柱形上の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_m = 1.6 \cdot C_{MA} \cdot \{ v_{A0} / (gD)^{0.5} \}^{1.2} \cdot (\sigma_f / \gamma L)^{0.4} \cdot (\gamma D^2 L)$$

ここに,  $F_m$  : 衝突力

$C_{MA}$  : 見かけの質量係数

(段波・サージでは 1.7, 定常流では 1.9)

$v_{A0}$  : 流木の衝突速度

$D$  : 流木の直径

$L$  : 流木の長さ

$\sigma_f$  : 流木の降伏応力

$\gamma$  : 流木の単位体積重量

$g$  : 重力加速度

※2 松富英夫(1999) 流木衝突力の実用的な評価式と変化特性, 土木学会論文集, No621, pp. 111-127

○算定式(b) :

(b) 池野らの評価式<sup>※3</sup>

円柱以外にも角柱, 球の形状をした木材による衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_H = S \cdot C_{MA} \cdot \{ (V_H / (g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})) \}^{2.5} \cdot (gM)$$

ここに,  $F_H$  : 漂流物の衝突力 (kN)

$S$  : 係数 (5.0)

$C_{MA}$  : 見かけの質量係数

(円柱横向き : 2.0 (2次元), 1.5 (3次元),

角柱横向き : 2.0~4.0 (2次元), 1.5 (3次元),

円柱縦向き : 2.0程度, 球 : 0.8程度)

$V_H$  : 段波速度 (m/s)

$D$  : 漂流物の代表高さ (m)

$L$  : 漂流物の代表長さ (m)

$M$  : 漂流物の質量 (t)

$g$  : 重力加速度

※3 池野正明・田中寛好(2003) 陸上遡上波と漂流物の衝突力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 721-725

○算定式(c) :

(c) 水谷らの評価式<sup>※4</sup>

津波により漂流するコンテナの衝突力を次式のとおり提案している。

$$F_m = 2 \rho_w \eta_m B_c V_x^2 + (WV_x / gdt)$$

ここに,  $F_m$  : 漂流衝突力 (kN)

$dt$  : 衝突時間 (s)

$\eta_m$  : 最大遡上水位 (m)

$\rho_w$  : 水の密度 ( $t/m^3$ )

$B_c$  : コンテナ幅 (m)

$V_x$  : コンテナの漂流速度 (m/s)

$W$  : コンテナ重量 (kN)

$g$  : 重力加速度

※4 水谷法美・高木祐介・白石和睦・宮島正悟・富田孝史 (2005) エプロン上のコンテナに作用する津波波力と漂流衝突力に関する研究, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp. 741-745

○算定式(d) :

(d) 有川らの評価式<sup>※5</sup>

コンクリート構造物に鋼構造物 (コンテナ等) が漂流衝突する際の衝突力を次式のとおり提案している。

$$F = \gamma_p \chi^{2/5} \{(5/4)m\}^{3/5} v^{6/5}$$

$$\chi = \{4\sqrt{a/3\pi}\} \{1/(k_1+k_2)\}$$

$$k = (1 - \nu^2) / (\pi E)$$

$$m = (m_1 m_2) / (m_1 + m_2)$$

ここに,  $F$  : 衝突力

$a$  : 衝突面半径の 1/2 (コンテナ衝突面の縦横長さの平均の 1/4)

$E$  : ヤング率 (コンクリート板)

$\nu$  : ポアソン比

$m$  : 質量

$v$  : 衝突速度

$\gamma_p$  : 塑性によるエネルギー減衰効果 (0.25)

$m$  や  $k$  の添え字は衝突体と被衝突体を示す。

※5 有川太郎・大坪大輔・中野史丈・下迫健一郎・石川信隆 (2007) 遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験, 海岸工学論文集, 第 54 巻, pp. 846-850

○算定式(e)：

(e) FEMA の評価式<sup>※6</sup>

漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら、以下の式を一例として示している。

$$F_i = 1.3u_{\max}\sqrt{\{km(1+c)\}}$$

ここに、 $F_i$ ：衝突力(kN)

$u_{\max}$ ：最大流速(m/s)

$m$ ：漂流物の質量

$c$ ：付加質量係数

$k$ ：漂流物の有効剛性(kN/m<sup>2</sup>)

※6 FEMA (2012) Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646.

## 5. 基準津波の特性(流向・流速)

漂流物の衝突荷重算定に用いる流速は、津波の流速に支配されることから、漂流物の漂流速度として津波の流速を用いる。

平面二次元津波シミュレーション結果より、島根原子力発電所の津波防護施設に対して、日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）及び海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）における津波高さ及び流況（流向・流速）を確認した。

日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）に対して入力津波高さはE L. +11.9m、海域活断層から想定される地震による津波（海域活断層上昇側最大ケース<sup>※</sup>）に対して入力津波高さはE L. +4.2mである。

ここで、施設護岸港湾内及び港湾外の防波壁前面における、最大流速発生時の流況確認結果を表-2に示す。

※海域活断層上昇側最大ケースの津波は、基準津波4が水位下降側の津波として策定したものであることを踏まえ、津波の到達有無を評価したうえで、津波荷重と余震荷重の組合せの要否を判断するために設定したものであり、施設護岸又は防波壁において海域活断層から想定される地震による津波の最大水位を示す。

表-2 最大流速発生時の流況

	対象箇所 <sup>※1</sup>	基準津波 <sup>※1</sup>	流向 <sup>※1</sup>	最大流速 <sup>※1</sup>	発生時刻
日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）	施設護岸港湾外防波壁前面	基準津波1（防波堤あり）	南	9.0m/s	181分27.10秒
	施設護岸港湾内防波壁前面	基準津波1（防波堤なし）	南東	9.0m/s	192分40.85秒
海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）	施設護岸港湾外防波壁前面	基準津波4（防波堤あり）	南西	3.3m/s	5分47.25秒
	施設護岸港湾内防波壁前面	基準津波4（防波堤なし）	東・南東 <sup>※2</sup>	2.4m/s	7分22.30秒

※1 5条-別添1-添付18「漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について」参照

※2 代表として流向が東のケースについて、水位分布と流向・流速ベクトル図及び流速分布図を示す。

表-2に示す各対象箇所の最大流速発生時刻近傍（最大時刻，最大時刻前後30秒）における水位分布と流向・流速ベクトル図，及び最大流速発生時刻における流速分布図を図-1～16に示す。

【基準津波1（防波堤あり）\_施設護岸港湾外防波堤前面】

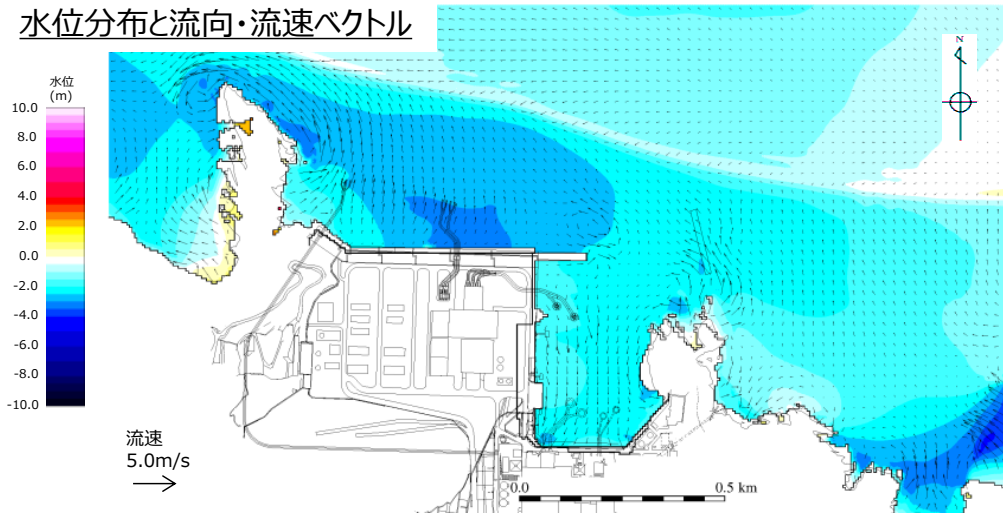


図-1 水位分布と流向・流速ベクトル(180分57.10秒：最大流速発生時刻-30秒)

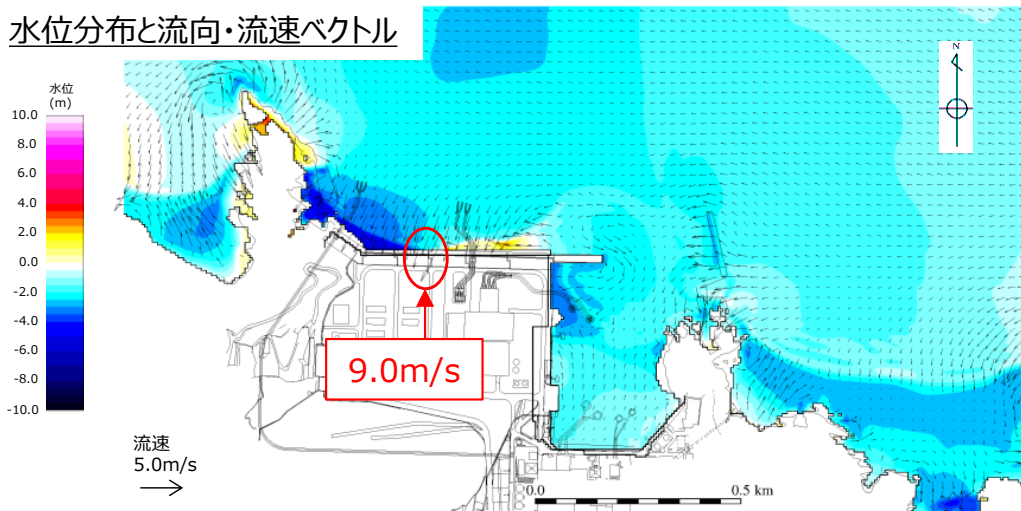


図-2 水位分布と流向・流速ベクトル(181分27.10秒：最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル

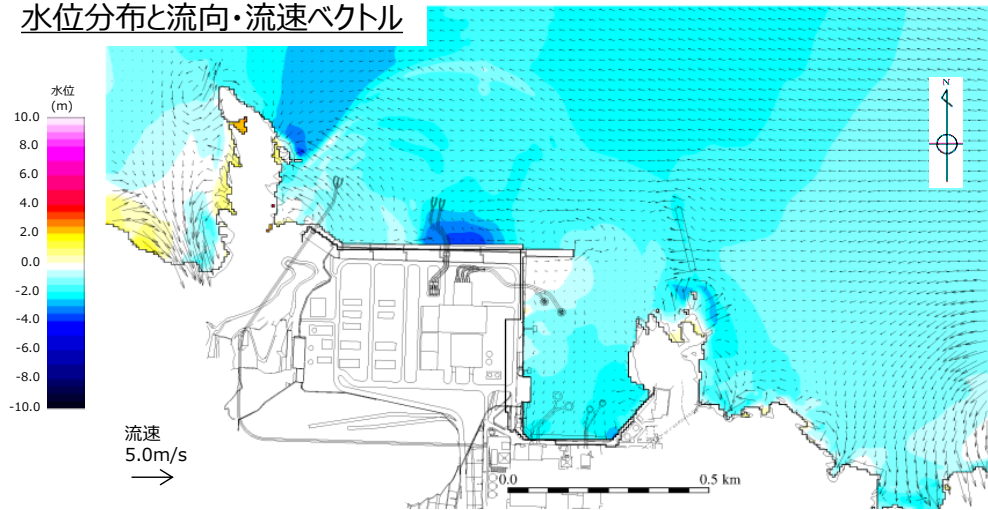


図-3 水位分布と流向・流速ベクトル(181分57.10秒：最大流速発生時刻+30秒)

流速分布

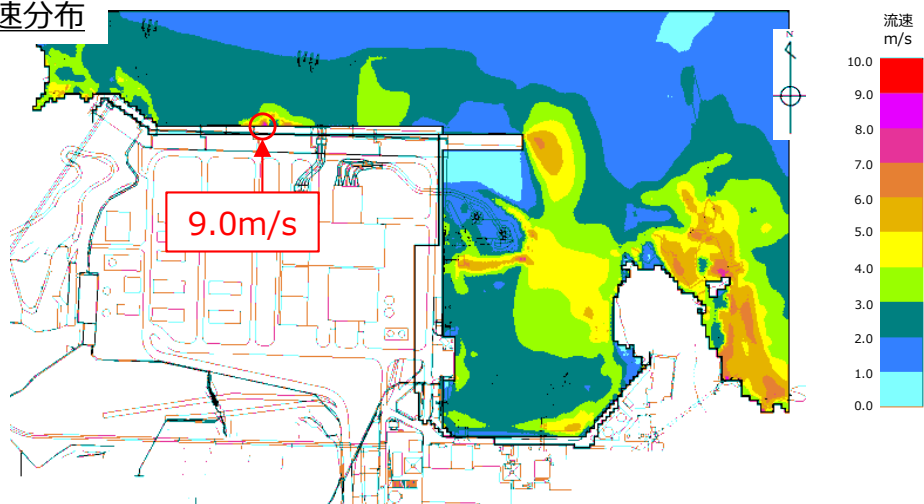


図-4 流速分布\_南方向(181分27.10秒：最大流速発生時刻)

【基準津波1(防波堤なし)\_施設護岸港湾内防波壁前面】

水位分布と流向・流速ベクトル

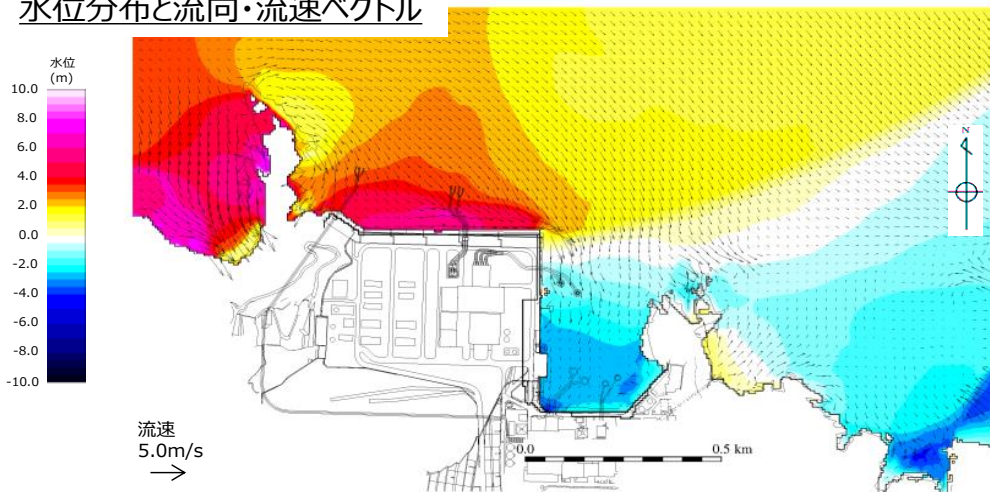
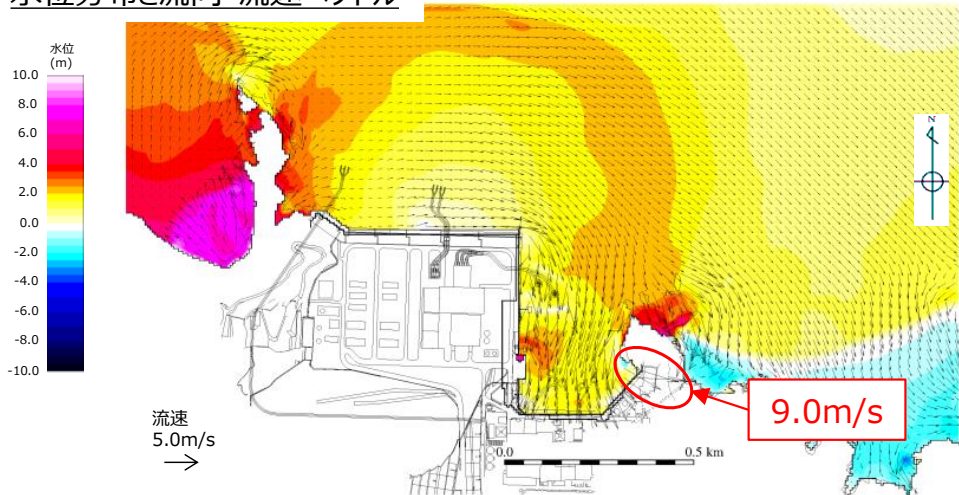


図-5 水位分布と流向・流速ベクトル(192分10.85秒：最大流速発生時刻-30秒)

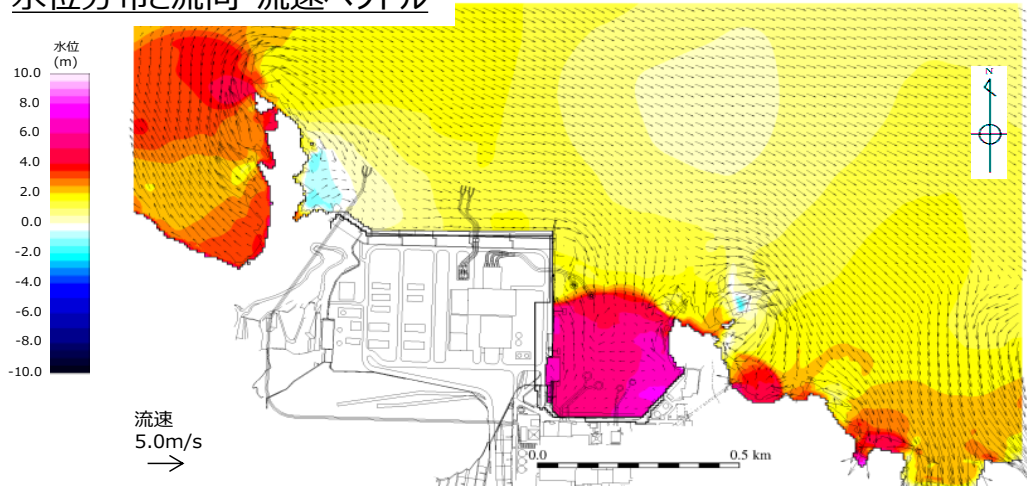


### 水位分布と流向・流速ベクトル



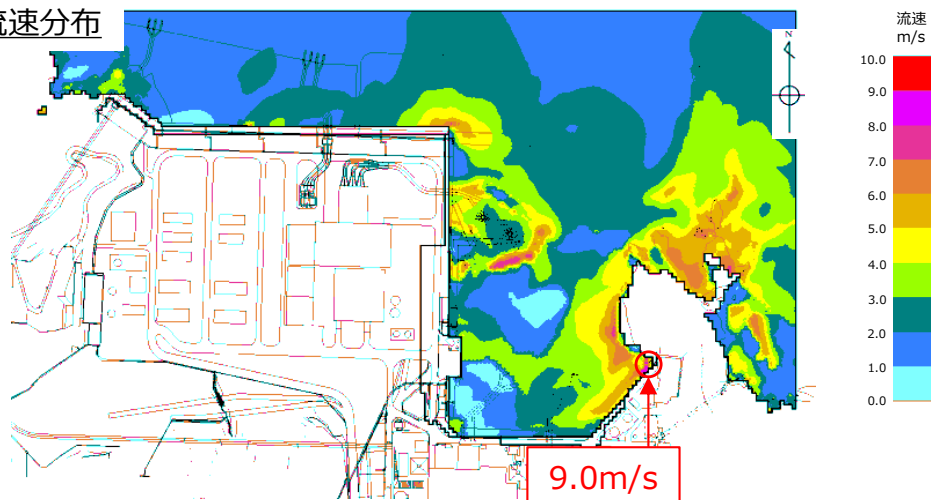
図－6 水位分布と流向・流速ベクトル(192分 40.85秒：最大流速発生時刻)

### 水位分布と流向・流速ベクトル



図－7 水位分布と流向・流速ベクトル(193分 10.85秒：最大流速発生時刻+30秒)

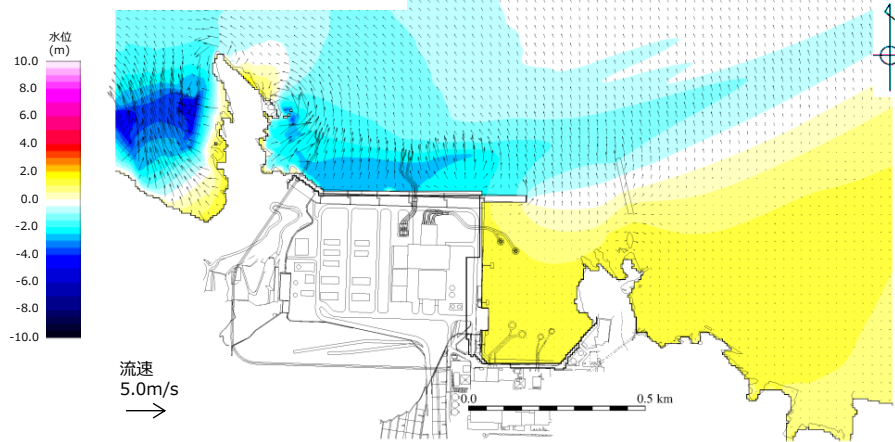
### 流速分布



図－8 流速分布\_南東方向(192分 40.85秒：最大流速発生時刻)

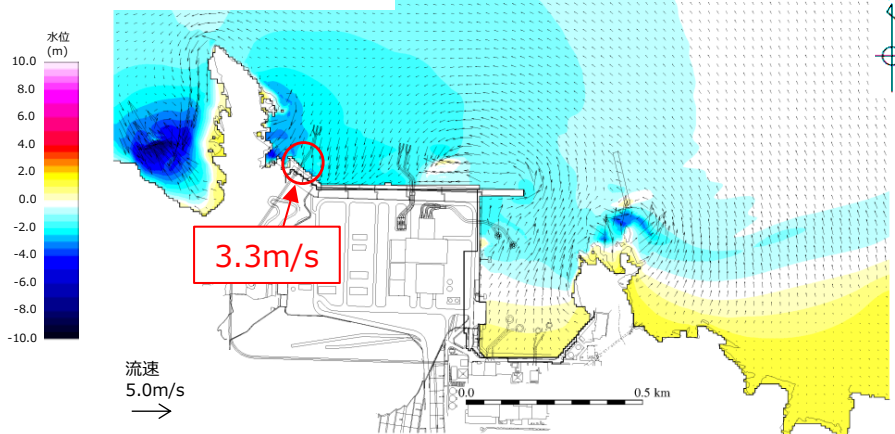
【基準津波 4(防波堤あり)\_施設護岸港湾外防波壁前面】

水位分布と流向・流速ベクトル



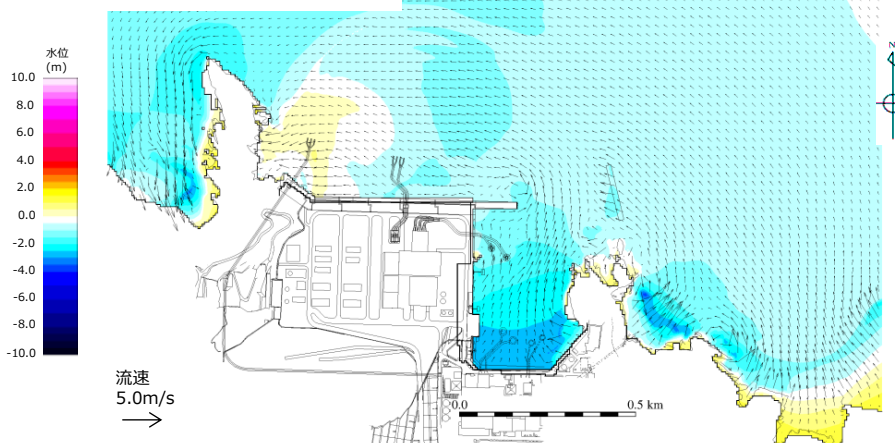
図一 9 水位分布と流向・流速ベクトル(5分 17.25 秒 : 最大流速発生時刻-30 秒)

水位分布と流向・流速ベクトル

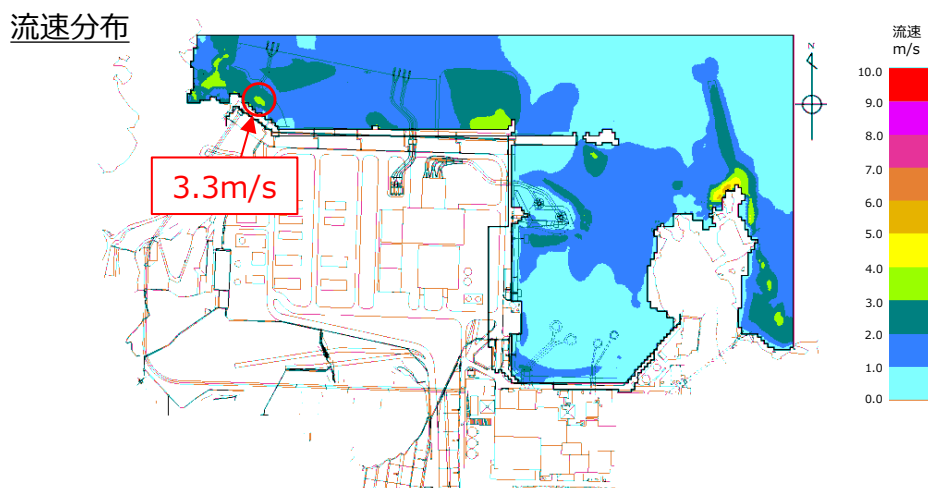


図一 1 0 水位分布と流向・流速ベクトル(5分 47.25 秒 : 最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル

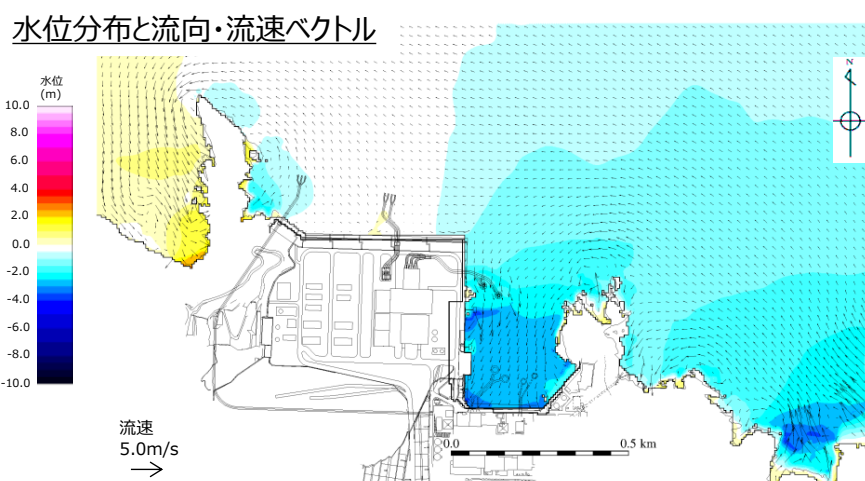


図一 1 1 水位分布と流向・流速ベクトル(6分 17.25 秒 : 最大流速発生時刻+30 秒)

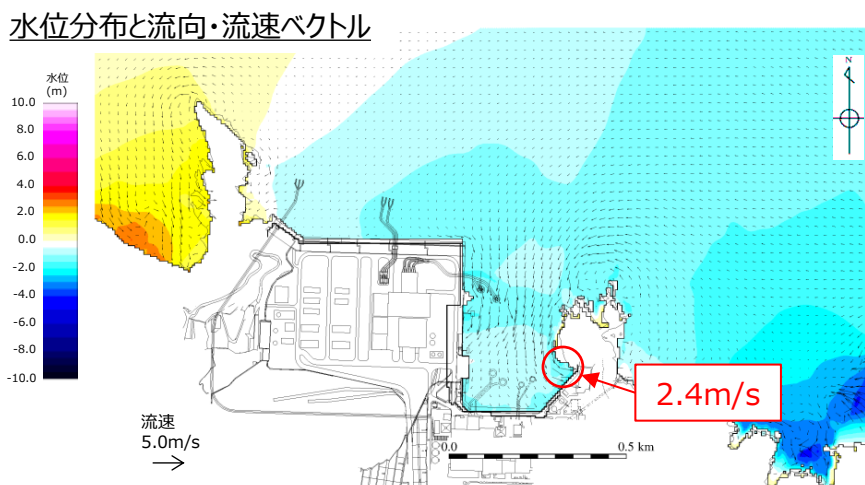


図－1 2 流速分布\_南西方向(5分 47.25秒：最大流速発生時刻)

【基準津波 4(防波堤なし)\_施設護岸港湾内防波壁前面】



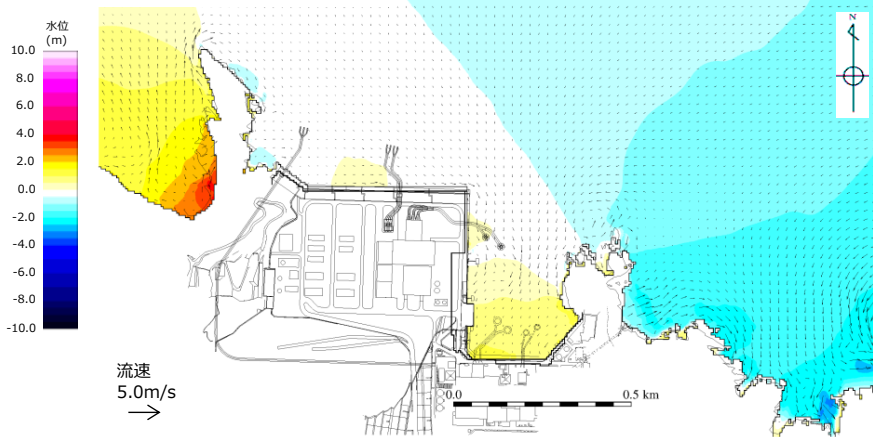
図－1 3 水位分布と流向・流速ベクトル(6分 52.30秒：最大流速発生時刻－30秒)



図－1 4 水位分布と流向・流速ベクトル(7分 22.30秒：最大流速発生時刻)

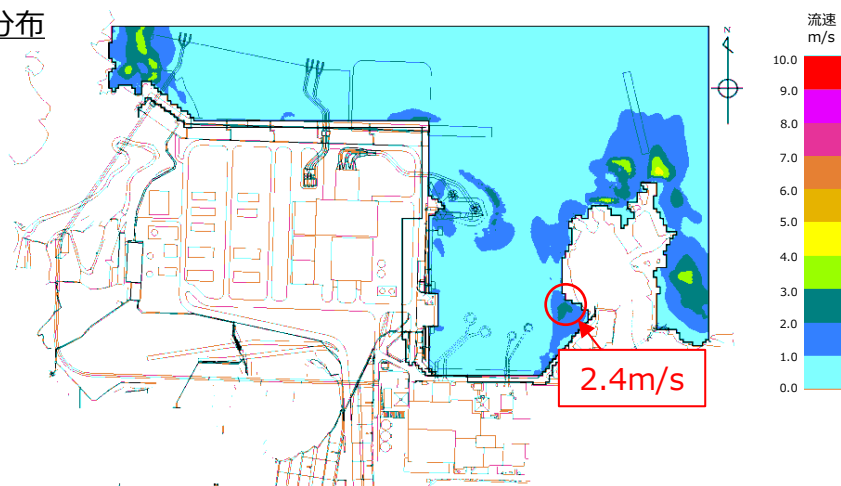


水位分布と流向・流速ベクトル



図一 1 5 水位分布と流向・流速ベクトル(7分 52.30秒：最大流速発生時刻+30秒)

流速分布

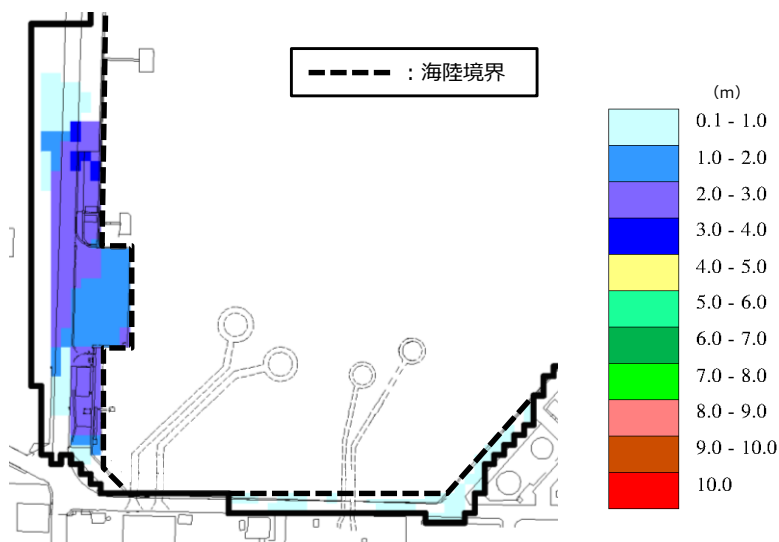


図一 1 6 流速分布\_東方向(7分 22.30秒：最大流速発生時刻)

また、日本海東縁部に想定される地震による津波（基準津波1）に対して、保守的に荷揚場周辺を沈下（防波壁前面を一律1 m沈下させる）させた場合の荷揚場付近の最大浸水深分布\*を図-17に示す。

荷揚場周辺における流速評価結果を表-3に示しており、遡上域における最大流速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）が、最大流速は11.9m/s\*が確認された。

※5条-別添1-添付31「施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速について」参照

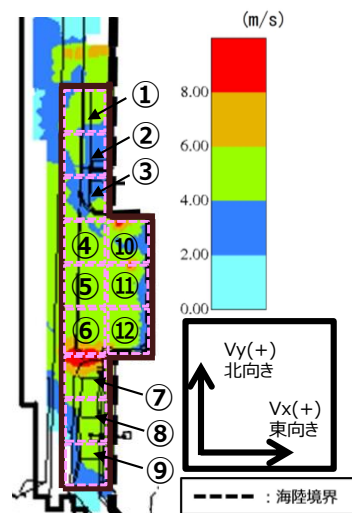


基準津波1（防波堤無し）

図-17 荷揚場付近の最大浸水深分布

表-3 荷揚場周辺における流速評価結果

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



（切上げの関係で値があわない場合がある）

## 6. 対象漂流物の配置位置及び種類等

日本海東縁部に想定される地震による津波及び海域活断層から想定される地震による津波に対する津波防護施設の評価において、基本とする設計条件として設定する対象漂流物とその配置及び船舶の操業エリアを表-4、表-5、図-18及び図-19に示す。また、津波防護施設における漂流物配置を図-20に示す。発電所沿岸で操業する漁船は71隻、発電所沖合で操業する漁船(総トン数10トン以上)は10隻である。

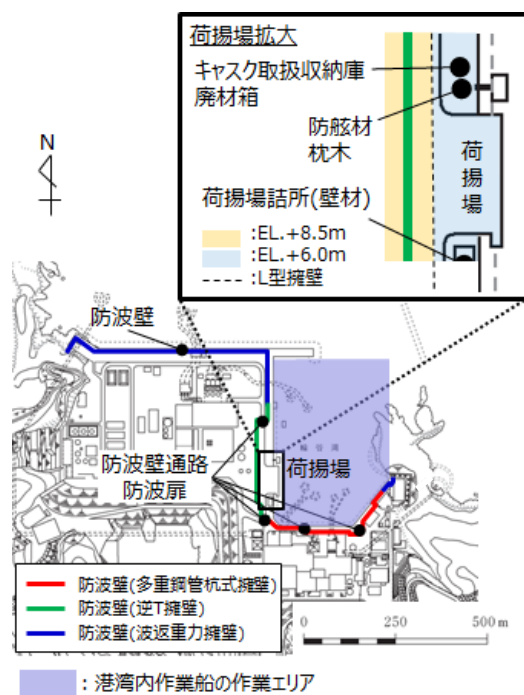
対象漂流物のうち漁船については、基本とする設計条件に加え、島根原子力発電所周辺海域で操業する漁船の漁業法の制限等を踏まえて漁船の総トン数、操業区域及び航行の不確かさを考慮し、津波防護施設の評価に総トン数19トンの漁船を対象とする。また、施設護岸から500m以遠で操業及び航行する漁船については、漂流物となった場合においても、施設護岸から500m位置における流速が1m/s程度と小さいこと等から施設護岸に到達する可能性は十分に小さいが、仮に500m以遠から津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。

漂流物の津波防護施設への到達可能性については、「2.5.2 (3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」参照。

表-4 津波防護施設に考慮する漂流物について

津波防護施設	基本とする設計条件として設定する対象漂流物		不確かさを考慮した設計条件として設定する対象漂流物(漁船)	
	日本海東縁部に想定される地震による津波	海域活断層から想定される地震による津波	日本海東縁部に想定される地震による津波	海域活断層から想定される地震による津波
輪谷湾内に面する津波防護施設 対象：波返重力擁壁(輪谷部) 逆T擁壁 多重鋼管杭式擁壁 防波壁通路防波扉	対象：キャスク取扱収納庫※1,2 3トン漁船 種類：鋼製構造物(鋼製) 船舶(FRP製) 質量：約4.3t×2基, 約9t	対象：10トン作業船※1 3トン漁船 種類：船舶(FRP製) 質量：約30t, 約9t	対象：19トン漁船 種類：船舶(FRP製) 質量：約57t	
外海に面する津波防護施設 対象：波返重力擁壁(北側)	対象：10トン漁船 種類：船舶(FRP製) 質量：約30t	対象：10トン作業船※1 10トン漁船 種類：船舶(FRP製) 質量：約30t		

※1：詳細設計段階において、キャスク取扱収納庫の撤去や作業船の変更等の対策を踏まえ、対象漂流物を選定  
 ※2：2基が隣接して設置されているため、2基分の衝突を考慮



図一 1 8 漂流物の配置（港湾内に面する津波防護施設に考慮する）

表一 5（1） 発電所沿岸で操業する漁船<sup>※1</sup>

名称	施設護岸からの距離	目的	漁港	総トン数(質量)	数量(隻)
漁船	約500m以内 <sup>※3</sup>	サザエ網・カナギ漁 <sup>※2</sup>	片句漁港	1トン未満(3t未満)	13
		サザエ網・採貝藻漁	御津漁港	1トン未満(3t未満)	18
		一本釣り漁		2トン未満(6t未満)	6
		かご漁		1トン未満(3t未満)	13
		わかめ養殖	片句漁港	1トン未満(3t未満)	7
	約500m以遠 <sup>※3</sup>	イカ釣り漁	片句漁港	5トン未満(15t未満)	7
			片句漁港	8トン未満(24t未満)	3
			片句漁港	10トン未満(30t未満)	3

※1 漂流物調査は、まとも資料別添 1 添付資料15「津波漂流物の調査要領について」に基づき実施。

※2 輪谷湾内で総トン数0.4～0.7トンの漁船が年 5 回程度操業する。

※3 施設護岸から500m程度離れた位置では流速が1m/s程度と小さいことを踏まえ、施設護岸から約500m以内と以遠の 2 つに区分した。

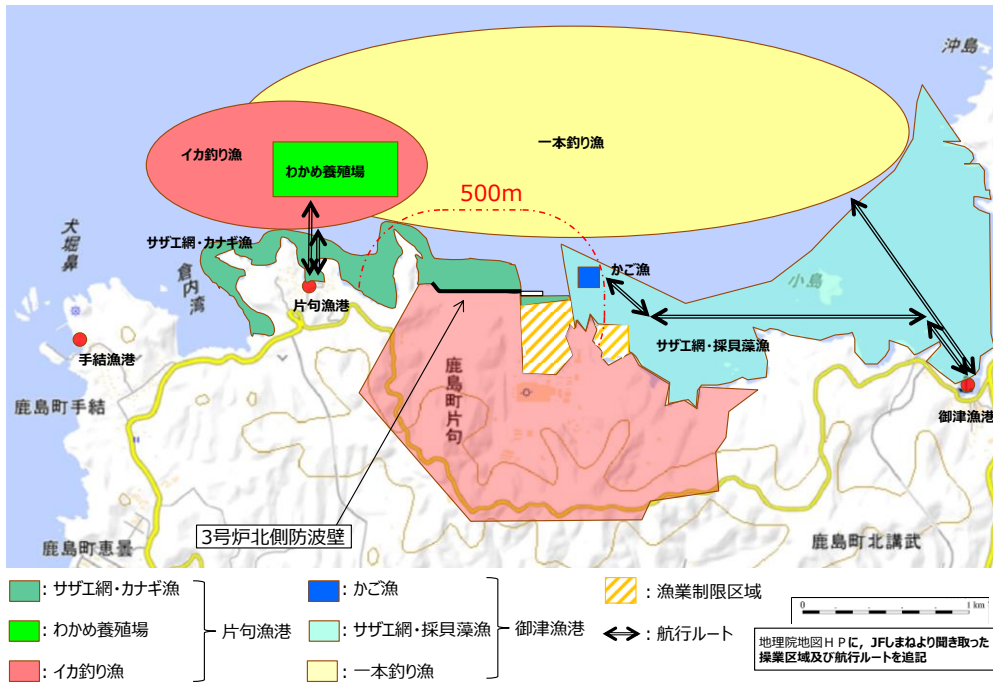


図-19 (1) 発電所沿岸で操業する漁船の操業エリア

表-5 (2) 発電所沖合で操業する漁船 (総トン数 10 トン以上) ※1

名称	目的	漁港	総トン数(質量)	数(隻)
漁船	イカ釣り漁※2	恵曇漁港	約19トン (約57t)	2
	底引き網漁	恵曇漁港	約15トン (約45t)	2
	1本釣り漁	片句漁港	約10トン (約30t)	3
	定置網漁①	恵曇漁港	約10トン (約30t)	1
			約19トン (約57t)	1
定置網漁②	御津漁港	約12トン (約36t)	1	

※1 漂流物調査は、まとめ資料別添1 添付資料15「津波漂流物の調査要領について」に基づき実施。

※2 島根県漁業調整規則に基づき、島根県知事が総トン数10トン以上の漁船によるイカ釣り漁業の操業禁止区域 (最大高潮時海岸線から10海里(約18km)内)における操業を禁止)を定めている。(漁業調整規則:漁業法等に基づき、各都道府県知事が定める規則)

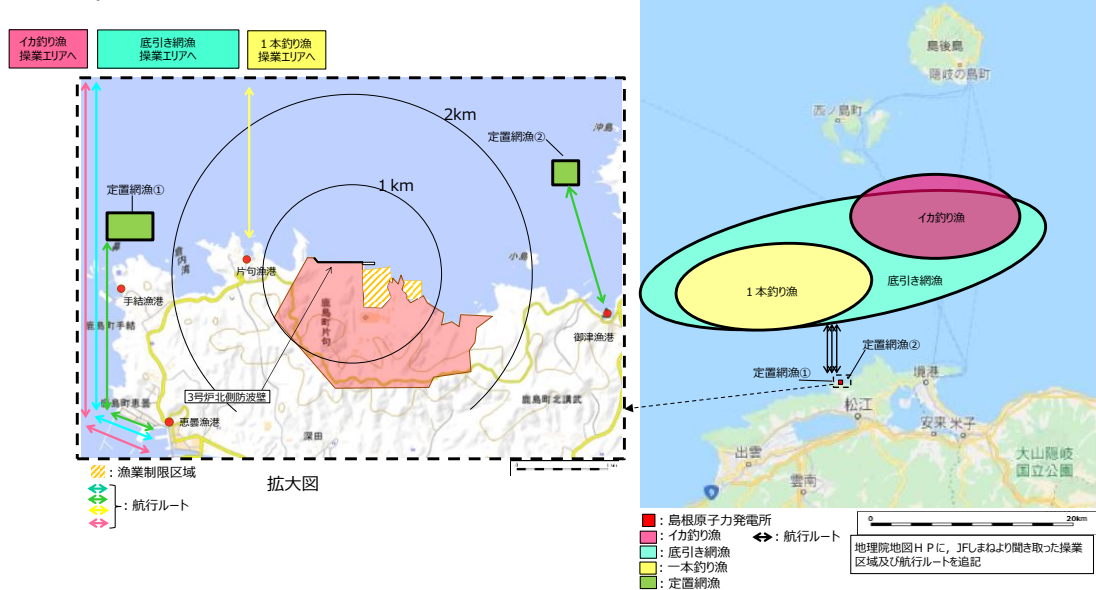
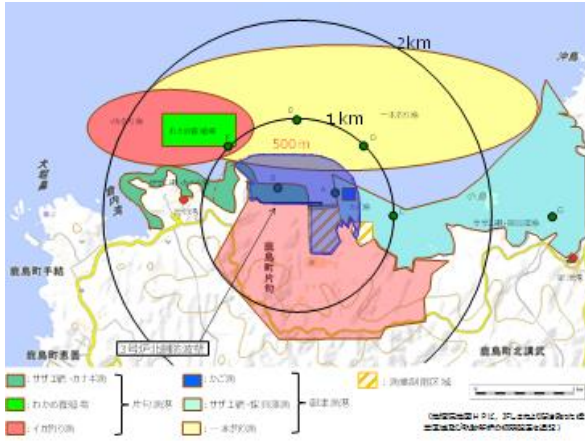
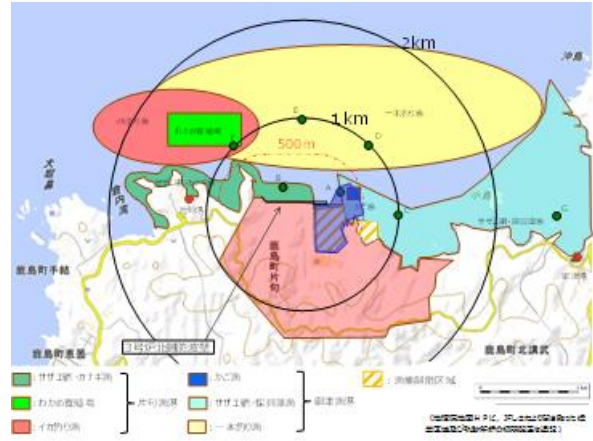


図-19 (2) 発電所沖合で操業する漁船 (総トン数 10 トン以上) の操業エリア

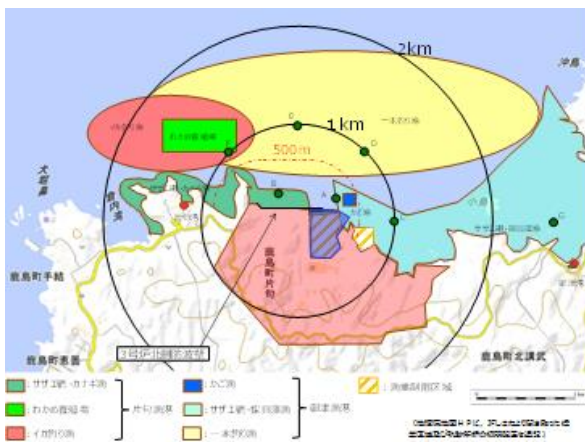




防波壁（波返重力擁壁）



防波壁（逆T擁壁）



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

■ : 津波防護施設から500mの範囲

図-20 津波防護施設における漂流物配置

## 7. 既往の漂流物荷重算定式の整理

漂流物荷重算定式は、運動量理論に基づく推定式や実験に基づく推定式等があり、対象漂流物の種類や仕様により適用性が異なるため、既往の荷重算定式を整理した。ここで、表－6に算定式のまとめ一覧を示す。

表－6 漂流物荷重算定式のまとめ

	出典	種類	概要	算定式の根拠（実験条件）
①	松富ほか (1999)	流木	津波による流木の衝突力を提案している。本式は円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。	「実験に基づく推定式」 ・見かけの質量係数に関する水路実験 ・衝突荷重に関する空中での実験 水理模型実験及び空中衝突実験において、流木(植生林ではない丸太)を被衝突体の前面(2.5m以内)に設置した状態で衝突させている。
②	池野・田中 (2003)	流木	円柱以外にも角柱,球の形状をした木材による衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/100の模型実験)受圧板を陸上構造物と想定し,衝突体を受圧板前面80cm(現地換算80m)離れた位置に設置した状態で衝突させた実験である。模型縮尺(1/100)を考慮した場合,現地換算で直径2.6~8mの仮定となる。
③	道路橋示方書 (2002)	流木等	橋(橋脚)に自動車,流木あるいは船舶等が衝突する場合の衝突力を定めている。	漂流物が流下(漂流)してきた場合に,表面流速(津波流速)を与えることで漂流流速に対する荷重を算定できる。
④	津波漂流物対策施設設計ガイドライン (2014)	漁船等	漁船の仮想重量と漂流物流速から衝突エネルギーを提案している。	「漁港・漁場の施設の設計の手引」(2003)に記載されている,接岸エネルギーの算定式に対し,接岸速度を漂流物速度とすることで,衝突エネルギーを算定。
⑤	FEMA (2012)	流木・コンテナ	漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら,一例として評価式を示している。	「運動方程式に基づく衝突力方程式」非減衰系の振動方程式に基づいており,衝突体及び被衝突体の両方とも完全弾性体としている。
⑥	水谷ほか (2005)	コンテナ	津波により漂流するコンテナの衝突力を提案している。	「実験に基づく推定式」(縮尺1/75の模型実験)使用コンテナ:長さを20ftと40ft,コンテナ重量:0.2N~1.3N程度遡上流速:1.0m/s以下,材質:アクリル
⑦	有川ほか (2007)	流木・コンテナ	コンクリート構造物に鋼製構造物(コンテナ等)が漂流衝突する際の衝突力を提案している。	「接触理論に基づく推定式」(縮尺1/5の模型実験)使用コンテナ:長さ1.21m,高さ0.52m,幅0.49m衝突速度:1.0~2.5m/s程度,材質:鋼製

## 8. 詳細設計段階における漂流物衝突荷重の設定方針

漂流物衝突荷重（以下、衝突荷重）については、漂流物が津波と遭遇する位置や漂流物の種類・仕様が衝突荷重の大きさに関係することから、詳細設計段階において以下のとおり検討する。

- ・津波防護施設の評価において、基本とする設計条件として設定する対象漂流物は、漂流物評価結果及び対策等を踏まえて決定する。
- ・衝突荷重の算定に当たっては、漂流物の位置、種類、仕様、ソリトン分裂波・砕波の発生の有無等に応じて、既往の衝突荷重の算定式や非線形構造解析を適切に選定する。
- ・衝突荷重の主な影響因子として、「対象漂流物、衝突速度、衝突位置、荷重組合せ」を抽出した。衝突荷重の評価に当たっては、表－7のとおり設計上の考慮を行う。

表－7 詳細設計段階における設計上の考慮

影響因子	詳細設計段階における設計上の考慮
対象漂流物	・対象漂流物のうち漁船については、基本とする設計条件に加え、島根原子力発電所周辺海域で操業する漁船の漁業法の制限等を踏まえた漁船の総トン数、操業区域及び航行の不確かさを考慮して、総トン数19トンの漁船を対象とする（表－4参照）。
衝突速度	・衝突荷重算定に用いる衝突速度は、津波防護施設に対する直交方向の最大流速より設定する。日本海東縁部に想定される地震による津波では、最大流速（0.4m/s～9.0m/s）から最大値9.0m/sを抽出し、全線にわたり安全側に10.0m/sとする。なお、荷揚場周辺においては、遡上する津波の継続時間や流向等を考慮して11.9m/sを用いる。また、海域活断層から想定される地震による津波では、最大流速（0.1m/s～3.3m/s）から最大値3.3m/sを抽出し、全線にわたり安全側に4.0m/sとする（表－2,3参照参照）。
衝突位置（標高）	・衝突荷重が作用する位置は、津波防護施設全線において安全側に最大津波高さ（入力津波高さに高潮ハザードの裕度を加えた高さ含む）を用いる。なお、海域活断層から想定される地震による津波においては、入力津波高さ以上の防波壁の部位においても漂流物が衝突するものとして照査する。
荷重組合せ	・不確かさを考慮した漂流物についても、最大津波流速と津波高さを組合せて衝突荷重を算定する。 ・衝突荷重と津波荷重の最大荷重が同時に作用する組合せとする。

- ・施設護岸から500m以遠で操業及び航行する漁船については、漂流物となった場合においても施設護岸に到達する可能性は十分に小さいが、仮に500m以遠から津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。
- ・衝突荷重の影響を踏まえ、津波防護施設の各部位の照査の結果、津波防護施設本体の性能目標を維持することを確認し、維持できない場合は漂流物対策を講じる。

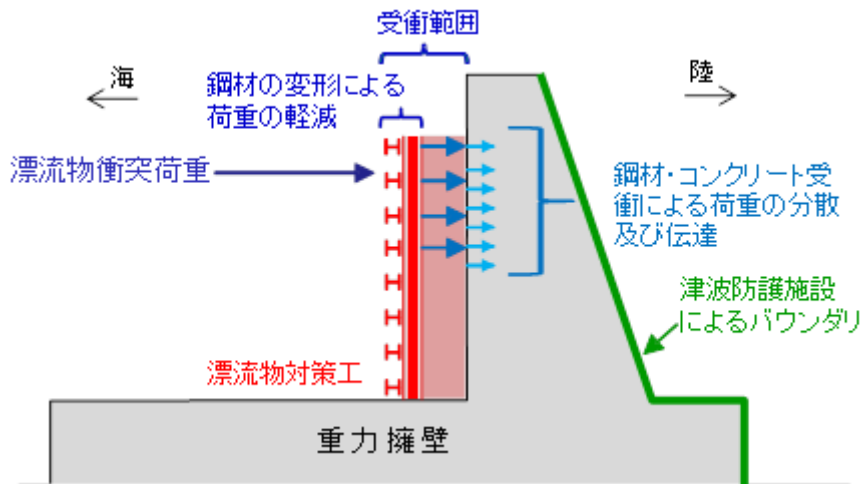
漂流物対策工を設置する場合は、漂流物衝突荷重を受け持つこと、又は漂流物衝突荷重を軽減・分散させること等が可能な構造とする。

漂流物対策工に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムを表－8、図－21に示しており、漂流物対策工は、漂流物衝突荷重を踏まえて、各部材を適切に組み合わせて漂流物対策工の仕様を決定する。

表－8 漂流物対策工に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズム

期待する効果	効果を発揮するためのメカニズム	部材（材質）
・漂流物の衝突荷重を軽減する。	・漂流物が衝突した際に、変形することにより衝突エネルギーを吸収する。	鋼材
・漂流物衝突荷重を受け持つ、又は分散して伝達する。	・漂流物対策工を構成する部材が、漂流物の衝突荷重を受衝することで、漂流物対策工のみで衝突荷重を受け持つ、又は漂流物対策工の構成部材により分散した荷重を背後の津波防護施設本体に伝達する。	鋼材 コンクリート
・漂流物衝突による津波防護施設の局所的な損傷を防止する。	・漂流物を漂流物対策工が受衝することで、津波防護施設まで到達・貫入しない。	鋼材 コンクリート





図－２１ 防波壁（波返重力擁壁）の漂流物対策工における荷重図（例）

漂流物対策工の役割及び設計方針概要を以下に示す。

- ・津波防護施設本体の性能目標である「おおむね弾性状態に留まること」を確保するため、漂流物対策工に表－８に記載の効果を期待することとし、漂流物対策工を津波防護施設の一部として位置づける。
- ・鋼材の性能目標として鋼材が破断しないこと、またコンクリートの性能目標としてコンクリート全体がせん断破壊しないこととする。
- ・検討ケースは、荷重の組合せを考慮し、表－９のとおり実施する。

表－９ 漂流物対策工の検討ケース

検討ケース	荷重の組合せ※
地震時	常時荷重＋地震荷重
津波時	常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重 (海域活断層から想定される地震による津波においては入力津波高さ以上の防波壁の部位においても漂流物が衝突するものとして照査を実施する。)
重畳時 (津波＋余震時)	常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 (海域活断層から想定される地震による津波が到達する防波壁（波返重力擁壁）のケーソン等については、海域活断層から想定される地震による津波に対する評価を実施する)

※その他自然現象(風, 積雪等)による荷重は設備の設置状況, 構造(形状)等の条件を含めて適切に組み合わせを考慮する

- ・漂流物対策工は防波壁の擁壁と一体構造とし、詳細設計段階において、津波防護施設本体の性能目標を維持できるよう、漂流物衝突荷重を踏まえて漂流物対策工の仕様を決定する。
- ・漂流物対策工の仕様においては、構成する部材を適切に配置して軽量化することで、津波防護施設に作用する地震時慣性力の低減を図る。また、津波防護施設本体への影響が懸念される場合は、適切な補強対策（地盤改良、擁壁の増厚等）を講じる。

漂流物衝突時の漂流物対策工の非線形性を考慮するために、3次元FEMモデル等による非線形構造解析を実施する。

3次元FEMモデルによる漂流物衝突評価の適用性について、審査実績を有する先行サイト（伊方3号炉、美浜3号炉）における衝突評価との比較を行った結果、表-10に示すとおり、解析手法及び衝突物の質量等に有意な差異はないことから、適用性があると判断する。

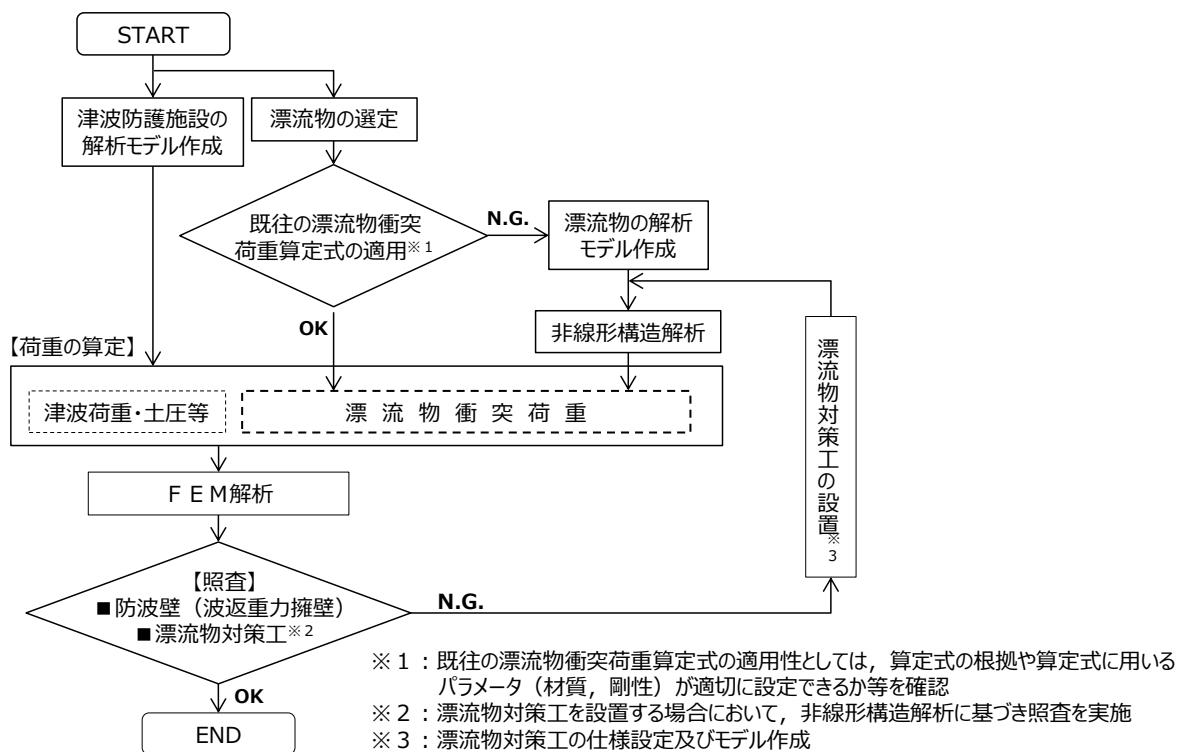
表-10 先行サイトとの比較結果

項目	島根2号炉 漂流物対策工	伊方3号炉 重油タンク	美浜3号炉 海水ポンプエリア 止水壁	先行サイトと島根2号炉との差異 及び島根2号炉への適用性	
				先行サイトと島根2号炉との差異	適用性
対象とする事象	津波時における 漂流物衝突検討	竜巻時における飛来 物衝突検討	地震時における移動 式クレーンブーム折損 による衝突検討	事象は異なるものの、衝突荷重による影響検討のため、差異はない。	○
解析手法	非線形構造解析	非線形構造解析 (LS-DYNA)	非線形構造解析 (LS-DYNA)	同様な解析手法を用いるため、差異はない。	○
被衝突物	津波防護施設 及び漂流物対策工 (鋼製及びコンクリート)	重油タンク (鋼製)	止水壁架構 (鋼製)	被衝突物の材質が一部異なるものの、使用する解析手法は、鋼材だけでなくコンクリートにも適用性があることから、島根2号炉への適用性はあると判断する。	○
衝突物	船舶 (FRP)	鋼製材 (SS400)	クレーンブーム (WEL- TEN950RE)	衝突物の材質は異なるものの、使用する解析手法は、鋼材だけでなく樹脂にも適用性があることから、島根2号炉への適用性はあると判断する。	○
衝突物の質量	約30t	135kg	36.2t	審査実績を有する衝突物の質量の範囲内に収まっており、島根2号炉への適用性はあると判断する。	○
衝突物の速度	10m/s	57m/s,38m/s	約30m/s	審査実績を有する衝突物の速度の範囲内に収まっており、島根2号炉への適用性はあると判断する。	○

※先行サイトの情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

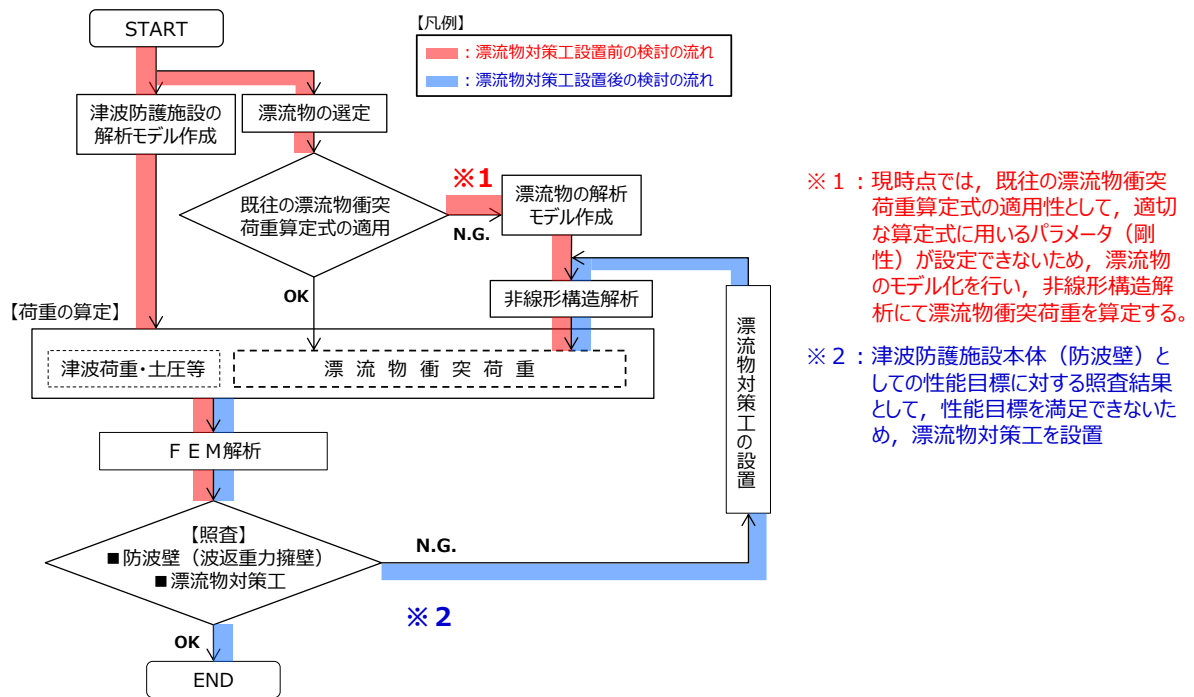
漂流物衝突荷重は、対象となる漂流物の位置・仕様及び必要に応じ対策等を踏まえて、既往の漂流物衝突荷重の算定式、又は非線形構造解析を適切に選定して算出し、津波時における静的解析により津波防護施設の照査を実施する。津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における津波時の検討フロー（例）を図－22に示す。

なお、漂流物対策工は、基準地震動  $S_s$  に対して、構造強度を有することを確認する。



図－22 津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における津波時の検討フロー（例）

津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における漂流物対策工の設計例として、不確かさを考慮した総トン数 19 トンの漁船に対しては、漂流物対策工が必要となると考えており、検討の流れを図－23に示す。



図－23 （例）津波防護施設（防波壁:波返重力擁壁）における漂流物対策工に係る検討の流れ

## 9. 漂流物衝突荷重の設定方針のまとめ

津波防護施設の評価において、外海に面する津波防護施設に対しては作業船（総トン数 10 トン）及び漁船（総トン数 10 トン）を、輪谷湾内に面する津波防護施設に対しては、入力津波高さを考慮し、荷揚場設備（キャスク取扱収納庫約 4.3t×2 基）、作業船（総トン数 10 トン）及び漁船（総トン数 3 トン）を基本とする設計条件として設定する対象漂流物とする。

なお、対象漂流物のうち漁船については、基本とする設計条件に加え、島根原子力発電所周辺海域で操業する漁船の漁業法の制限等を踏まえて漁船の総トン数、操業区域及び航行の不確かさを考慮し、総トン数 19 トンの漁船を対象とする。

日本海東縁部に想定される地震による津波の津波特性として、施設護岸港湾内及び港湾外の防波壁前面で最大流速 9.0m/s（流向:南東・南）が確認されたことから、津波防護施設における津波による漂流物衝突荷重の評価には、安全側に流速 10.0m/s を用いる。また、荷揚場周辺の遡上時に最大流速 11.9m/s が確認されたことから、遡上する津波の継続時間や流向等を考慮し、最大流速が発生する荷揚場周辺の津波防護施設における漂流物衝突荷重の評価には、流速 11.9m/s を用いる。

海域活断層から想定される地震による津波の津波特性として、施設護岸港湾内の防波壁前面で最大流速 2.4m/s（流向:東・南東）、港湾外の防波壁前面で最大流速 3.3m/s（流向:南西）となることを確認した。以上より、津波防護施設における津波による漂流物衝突荷重の評価には、安全側に流速 4.0m/s を用いる。

漂流物衝突荷重について、道路橋示方書を含む既往の算定式とその根拠について整理した。漂流物衝突荷重は、詳細設計段階において、対象となる漂流物の位置・仕様及び必要に応じ対策等を踏まえて、既往の漂流物衝突荷重の算定式、又は非線形構造解析（漂流物衝突評価）にて算定し、津波時における静的解析により津波防護施設の照査を実施する。

漂流物衝突荷重の影響を踏まえ、津波防護施設の各部位の照査の結果、津波防護施設本体の性能目標を維持することを確認し、津波防護施設本体の性能目標を維持できない場合は漂流物対策を講じる。

津波防護施設における詳細設計段階では、漂流物衝突荷重の算定に当たり、漂流物衝突荷重の主な影響因子（対象漂流物、衝突速度、衝突位置、荷重組合せ）に対して、設計上の考慮を行う。

また、施設護岸から 500m 以遠で操業及び航行する漁船については、漂流物となった場合においても施設護岸から 500m 位置における流速が 1m/s 程度と小さいこと等から施設護岸に到達する可能性は十分に小さいが、仮に 500m 以遠から津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。

漂流物調査範囲内の人工構造物（漁船を含む）については、基準適合性維持の観点から漂流物調査を定期的（1 回／定期事業者検査）に実施するとともに、津波防護施設への影響評価を実施し、必要に応じて対策を実施する。

## 漂流物対策工の構造形式の検討について

## 1. はじめに

漂流物対策工は、基準適合状態の維持の観点から、操業する漁船の将来的な変更の不確かさについて裕度を持たせることとしているが、漂流物衝突荷重の増大により、必要とする漂流物対策工（防波壁の擁壁と一体型構造）の規模が大きくなった場合には、津波防護施設の地震時の安全性への影響が懸念される。特に、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）については、杭基礎構造であることから地震時の安全性の裕度が小さくなる可能性がある。

したがって、詳細設計段階において検討する漂流物対策工の構造形式について、新たな構造形式として、漂流物対策工を防波壁の前面に設置する構造（防波壁の擁壁と分離型構造）の採用について検討する。

## 2. 漂流物対策工（分離型構造）の検討経緯及び理由

## (1) 漂流物対策工（分離型構造）の検討経緯

漂流物対策工（分離型構造）の検討経緯を以下に示す。

- ・漂流物衝突荷重については、既往の漂流物衝突荷重の算定式、又は非線形構造解析を適切に選定して算出することとしている。ただし、詳細設計段階において算出する漂流物衝突荷重が大きくなった場合、津波防護施設本体の性能目標の維持のため、漂流物対策工（一体型構造）の規模が大きくなる。
- ・漂流物対策工（一体型構造）は防波壁の擁壁と一体化することから、地震時において、防波壁の擁壁の安全性へ影響を与える。
- ・防波壁（逆T擁壁）及び防波壁（波返重力擁壁）については、その構造から漂流物対策工による地震時の影響が小さいと想定される。一方、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）については、突出長の長い杭基礎構造であるため、漂流物対策工の設置により上部工重量が大きくなるため、地震時において安全性の裕度が小さくなる可能性がある。

## (2) 漂流物対策工（分離型構造）の検討理由

詳細設計段階で考慮する漂流物衝突荷重により、漂流物対策工（一体型構造）の規模が大きくなり、津波防護施設本体の地震時の安全性の裕度が小さくなる場合に備えて、漂流物対策工（分離型構造）を追加検討し、津波防護施設の地震時の安全性向上を図る。

漂流物対策工（分離型構造）のうち支柱のみの構造においては、支障物が存在する区間の設置ができないため、支柱及びワイヤロープによる構造を検討することとする。

漂流物対策工の仕様（例）を図-1に、防波壁の擁壁と分離型構造の漂流物対策工の配置イメージ（例）を図-2に、漂流物対策工の一体型構造及び分離型構造における構造形式の比較結果を表-1に示す。

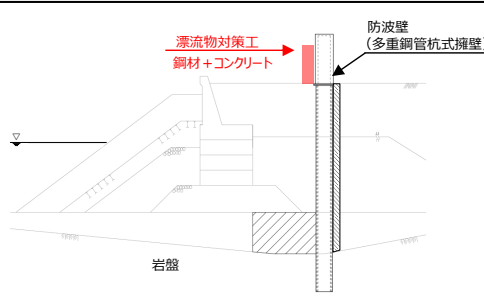
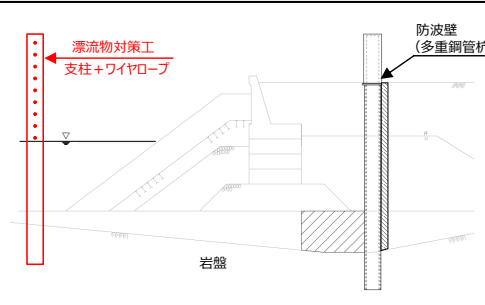
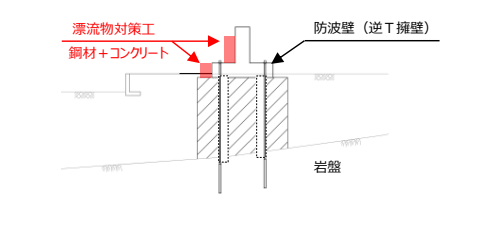
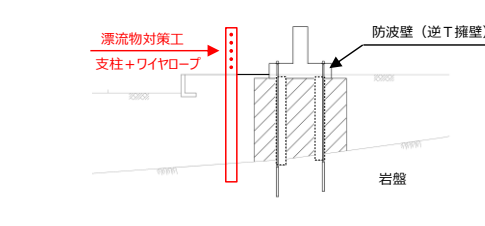
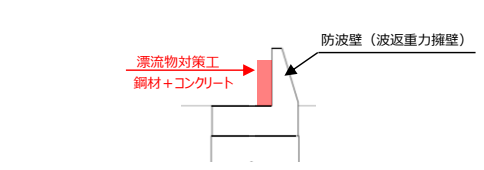
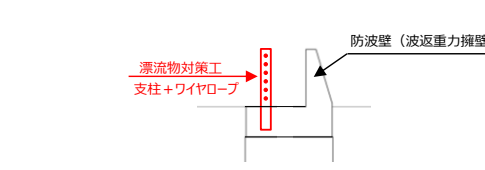
	防波壁の擁壁と一体型構造	防波壁の擁壁と分離型構造
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)		
防波壁 (逆T擁壁)		
防波壁 (波返重力擁壁)		

図-1 漂流物対策工の仕様（例）

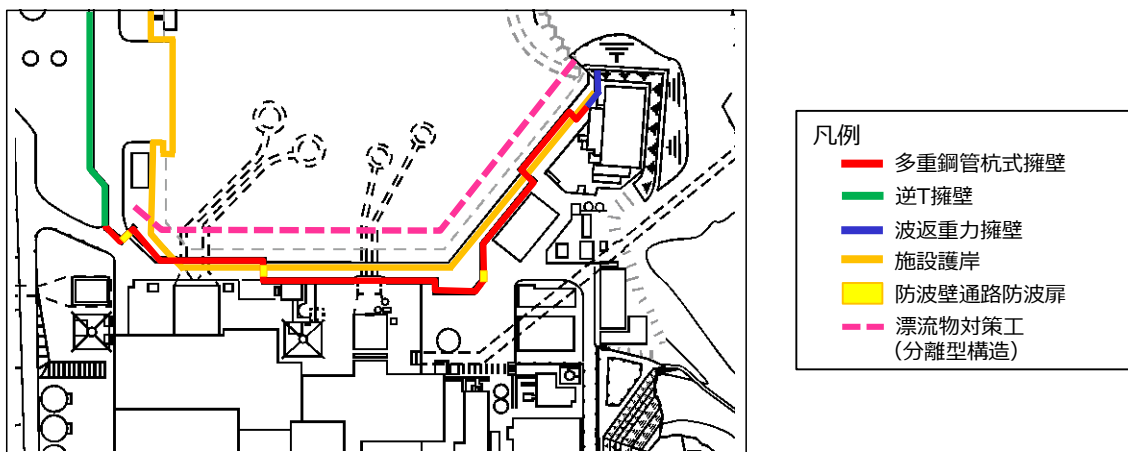


図-2 漂流物対策工（分離型構造）の配置イメージ（例）

表－1 漂流物対策工の構造形式比較結果（一体型構造及び分離型構造）

構造形式	防波壁の擁壁と一体型構造	防波壁の擁壁と分離型構造	
目的	・津波防護施設本体の津波時の安全性を向上する	・津波防護施設と分離することで、一体型構造に比べ、津波防護施設の地震時の安全性向上を図る ・津波防護施設本体の津波時の安全性を向上する	
期待する効果	・漂流物衝突荷重を軽減・分散して、津波防護施設に荷重を伝達する	・漂流物衝突荷重を受け持ち、津波防護施設に荷重を伝達しない	
仕様(例)	鋼材+コンクリート	支柱	支柱+ワイヤロープ
メリット	・漂流物衝突荷重を軽減・分散して伝達するため、津波防護施設の津波時の安全性が向上する	・防波壁の擁壁と分離させるため、地震時の安全性に影響がない ・漂流物衝突荷重を受け持つため、津波防護施設の津波時の安全性が向上する	・防波壁の擁壁と分離させるため、地震時の安全性に影響がない ・漂流物衝突荷重を受け持つため、津波防護施設の津波時の安全性が向上する ・ワイヤロープとすることで支柱間隔を広げられるため、支障物（取水管等）が存在する区間にも設置可能
デメリット	・漂流物対策工の規模が大きくなった場合、津波防護施設の地震時の安全性に影響がある	・支障物（取水管等）が存在する区間では、設置間隔が対象漂流物より大きくなるため、設置困難	・ワイヤロープの腐食対策が必要
評価	○	△	○
	・漂流物対策工を設置した津波防護施設の構造成立性は確認済 ・漂流物対策工は、一体化させることにより、構造成立性の見通しあり ・津波防護施設への地震時の影響が大きくなる場合は、漂流物対策工の軽量化や地盤改良等により対応可能	・津波防護施設の構造成立性に影響はない ・漂流物対策工は、支障物のない範囲において設置が可能 ・漂流物対策工は、減災を目的として一般産業施設において同形式の実績を有する	・津波防護施設の構造成立性に影響はない ・漂流物対策工は、支障物がある範囲においても設置が可能 ・漂流物対策工は、減災を目的として一般産業施設において同形式の実績を有する



### 3. 漂流物対策工（分離型構造）の設計方針概要

#### (1) 漂流物対策工（分離型構造）の設計方針

漂流物対策工（分離型構造）を津波防護施設に設置する場合は、「津波防護施設の一部」として位置付け、防波壁の前面に設置することで津波防護施設と基礎が異なる場合は、「津波防護施設への影響防止装置」として位置付ける。

漂流物対策工（分離型構造）の設計方針を以下に示す。

- ・津波防護施設本体の性能目標の維持に影響を及ぼすおそれのある漂流物が防波壁へ衝突することを防止するため、漂流物対策工（分離型構造）を設置する。
- ・漂流物対策工（分離型構造）は、基準地震動  $S_s$  による地震動に対して、構造全体として変形能力について十分な余裕を有するとともに、設備の機能が保持できるように設計する。
- ・漂流物対策工（分離型構造）は、津波（漂流物を含む）、余震及びその他自然現象（風、積雪等）を考慮し、これらの自然現象による荷重を適切に組み合わせる。

#### (2) 漂流物対策工（分離型構造）の効果等

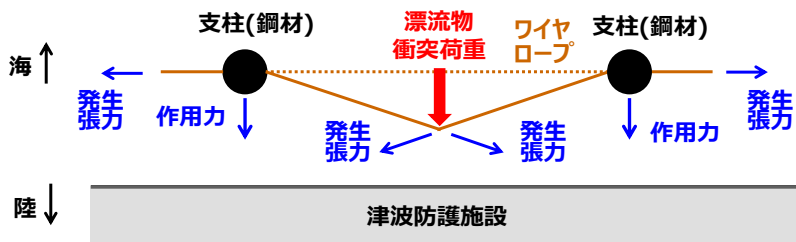
漂流物対策工（分離型構造）に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムを表-2に、漂流物対策工（分離型構造）における漂流物衝突荷重の荷重伝達イメージ（例）を図-3に示す。

漂流物対策工を構成する部材の性能目標として、鋼材（ワイヤロープ含む）においては破断しないこと、コンクリートにおいてはコンクリート全体がせん断破壊しないこととする。

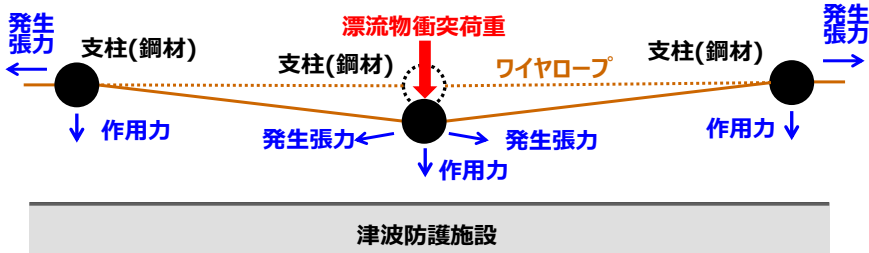
表-2 期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズム

期待する効果	効果を発揮するためのメカニズム	部材（材質）
・漂流物衝突荷重を受け持つ	・漂流物対策工を構成する部材が、漂流物の衝突荷重を受衝することで、漂流物対策工のみで衝突荷重を受け持つ。	・鋼材（ワイヤロープ含む） ・コンクリート
・漂流物衝突による津波防護施設の局所的な損傷を防止する	・漂流物を漂流物対策工が受衝することで、津波防護施設まで到達・貫入しない。	・鋼材（ワイヤロープ含む） ・コンクリート

【漂流物がワイヤロープに衝突する場合】



【漂流物が支柱に衝突する場合】



図－3 漂流物衝突荷重の荷重伝達イメージ（例）

(3) 漂流物対策工（分離型構造）における荷重の組合せ

漂流物対策工（分離型構造）における荷重の組合せを表－3に示す。

表－3 漂流物対策工（分離型構造）における荷重の組合せ

検討ケース	荷重の組合せ※
地震時	常時荷重＋地震荷重
津波時	常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重 (海域活断層から想定される地震による津波においては入力津波高さ以上の漂流物対策工においても漂流物が衝突するものとして照査を実施する。)
重畳時 (津波＋余震時)	常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 (海域活断層から想定される地震による津波が到達する漂流物対策工については、海域活断層から想定される地震による津波に対する評価を実施する)

※その他自然現象(風, 積雪等)による荷重は設備の設置状況, 構造(形状)等の条件を含めて適切に組み合わせを考慮する

#### 4. 漂流物対策工（分離型構造）の設置許可基準規則への適合性について

##### (1) 設置許可基準規則への適合性の確認方法

漂流物対策工(分離型構造)の設置許可基準規則への適合性の確認方法として、同構造形式(支柱及びワイヤロープ)における設計・施工実績及び実用発電用原子炉における新規制基準適合性審査実績について確認を行う。

##### (2) 設置許可基準規則への適合性の確認結果

漂流物対策工(分離型構造)において、同構造形式における設計・施工実績及び実用発電用原子炉における新規制基準適合性審査実績を確認した。結果として、一般産業施設において減災を目的とした、同構造形式の実績はあるが、実用発電用原子炉に関する新規制基準適合性審査実績を有していないことを確認した。以下に、一般産業施設における実績例を示す。

#### 【実績例1】 えりも港の漂流物対策工

えりも港：漂流物対策工の設計条件

条件	内容
対象地震	十勝沖・釧路沖地震(M8.1前後)
対象漂流物	漁船(総トン数5~20トン),普通自動車
構造形式	鋼管杭(支柱)+ワイヤロープ
施設延長	50.0m
ワイヤー設置間隔	0.7m間隔(高さ方向)
支柱高さ	D.L.+5.90m
衝突速度	0.8m/s(普通自動車のみ)



出典：津波漂流物対策施設設計ガイドライン(平成26年3月)  
：港湾・漁港における津波漂流物対策に関する研究

えりも港：漂流物対策工の設置状況

#### 【実績例2】 釧路港の漂流物対策工

釧路港：漂流物対策工の設計条件

条件	内容
対象地震	根室沖・釧路沖地震(M8.3前後)
対象漂流物	漁船(総トン数5,10トン),普通自動車
構造形式	鋼管杭(支柱)+ワイヤロープ
施設延長	137.0m
ワイヤー設置間隔	0.55m間隔(高さ方向)
支柱高さ	G.L.+2.10m
衝突速度	4.5m/s



出典：津波漂流物対策施設設計ガイドライン(平成26年3月)

釧路港：漂流物対策工の設置状況

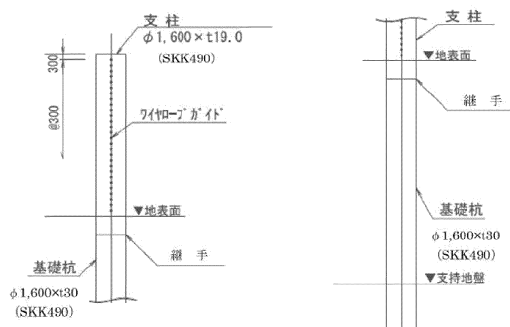
※適用事例に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に整理したものです。

### 【実績例3】核燃料サイクル工学研究所再処理施設における津波漂流物防護柵

核燃料サイクル工学研究所再処理施設において、支柱及びワイヤロープにより構成された津波漂流物防護柵の設計例がある。

津波漂流物防護柵の設計条件

条件	内容
対象津波	設計津波
対象漂流物(最大)	環水タンク 約14トン
構造形式	鋼管杭(支柱)+ワイヤロープ
施設延長	約220m
ワイヤ設置間隔	0.3m間隔 (高さ方向)
支柱高さ	T.P.+14.0m
衝突速度	5.6m/s



漂流物防護柵の標準構造

出典：第55回東海再処理施設安全監視チーム会合（令和3年1月28日）  
資料4 漂流物の影響防止施設として設ける津波漂流物防護柵について  
（再処理施設に関する設計及び工事の計画）

※適用事例に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に整理したものです。

以上のことから、実用発電用原子炉における新規制基準適合性の審査実績を有しておらず、同構造形式の評価方法及び基準の適用には十分な適用性・妥当性の確認が必要となるため、漂流物対策工（分離型構造）の採用を取り止めることとし、漂流物対策工（一体型構造）による検討を行う。

なお、漂流物対策工（分離型構造）については、津波防護施設への漂流物衝突荷重を軽減することが可能であることから、将来の自主的な津波防護施設の安全性向上方策の一つとして、検討を継続する。

## 5. 漂流物対策工（一体型構造）における構造成立性の見通しについて

### （1）構造成立性の検討内容

漂流物対策工（一体型構造）について、詳細設計段階において仕様を決定するが、漂流物対策工（一体型構造）の仕様（例）を用いて漂流物対策工（一体型構造）を設置する防波壁の構造成立性を見通しを確認する。

構造成立性の確認に当たっては、漂流物対策工（一体型構造）を設置することにより地震時の影響が最も大きい防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における地震時の構造成立性を確認する。

また、津波時の構造成立性においては、漂流物対策工（一体型構造）を設置して防波壁への荷重を分散させることで、漂流物衝突荷重が小さくなるため、津波時の構造成立性評価は省略する。

### （2）構造成立性の検討方針

漂流物対策工（一体型構造）の構造成立性の検討方針として、添付資料 25「防波壁の設計方針及び構造成立性評価結果について」で示した、地盤改良部断面（①-②断面）の地震時における鋼管杭の発生曲げモーメントに、漂流物対策工に生じる慣性力による発生曲げモーメントを足し合わせて照査する。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における漂流物対策工（一体型構造）の荷重イメージを図-4に示す。

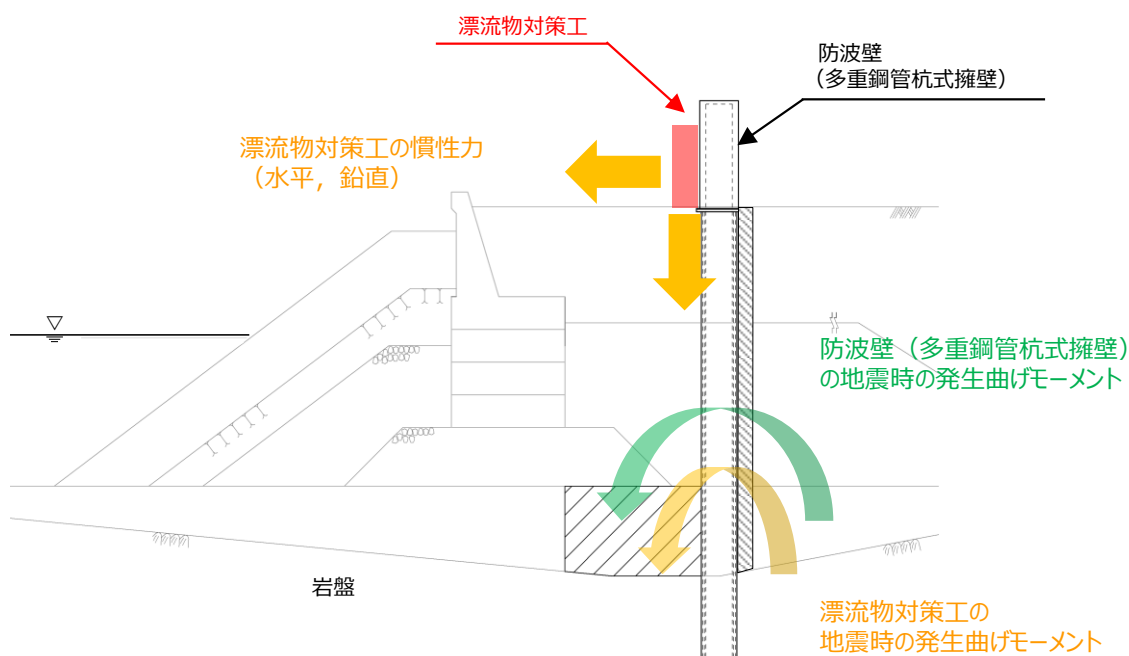


図-4 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における漂流物対策工（一体型構造）の荷重イメージ

(3) 構造成立性の検討結果

漂流物対策工（一体型構造）を設置する防波壁（多重鋼管杭式擁壁）において、構造成立する見通しを確認した。

照査項目及び許容限界を表－4に、照査結果を表－5に示す。

表－4 照査項目及び許容限界

評価部位	検討ケース	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
鋼管杭	地震時	曲げ	(曲げ)降伏モーメント	道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（平成14年3月）

表－5 漂流物対策工（一体型構造）設置時の照査結果

ケース	評価部位	照査部位	照査項目	地震動	発生曲げモーメント M(kN・m)	降伏モーメント M <sub>v</sub> (kN・m)	安全率 M <sub>v</sub> /M	判定 (> 1.0)
地盤改良部断面 (②－②断面)前面有り 漂流物対策工有り	鋼管杭	地中部※2 【4重管構造】	曲げ	S s-D	19,511	23,692	1.21	OK
地盤改良部断面 (②－②断面)前面有り 漂流物対策工なし※1					15,402	23,692	1.53	OK

※1 添付資料25「防波壁の設計方針及び構造成立性評価結果について」の結果を記載。

※2 地中部【4重管構造】は、照査値が最も大きくなる外側から2つ目の鋼管杭φ2000(SKK490)の数値を示す。

耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて

1. 規制基準における要求事項等

- ・サイトの地学的背景を踏まえ、余震の発生の可能性を検討すること。
- ・余震発生の可能性に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮すること。

2. 検討方針

余震による荷重については、本震発生後の余震及び誘発地震を検討し、耐津波設計において津波荷重と組み合わせる適切な余震荷重を設定する。なお、本検討においては、本震の震源域において発生する地震を余震とし、本震の震源域の外で発生する地震を誘発地震として整理し、図1の流れで検討を実施した。

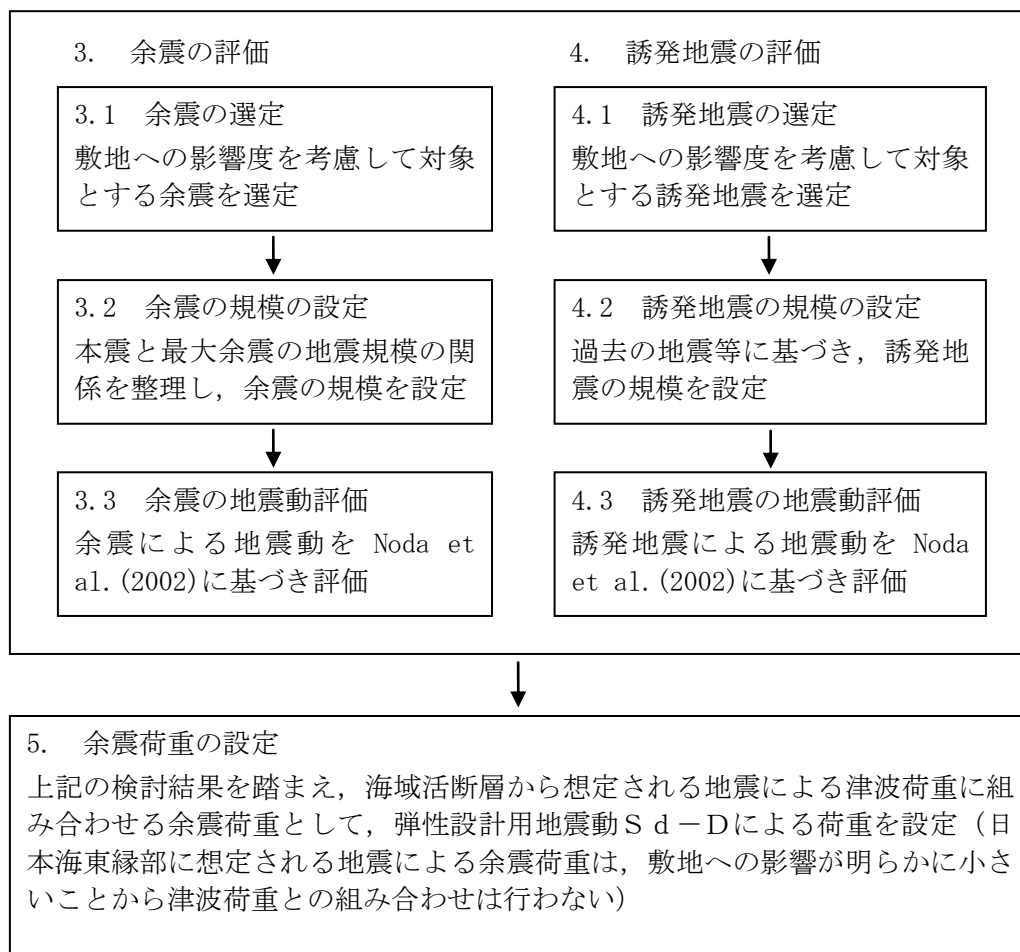


図1 余震荷重の検討フロー

### 3. 余震の評価

#### 3.1 余震の選定

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある余震による地震動を評価するにあたり、敷地への影響度を考慮して対象とする余震を選定する。島根原子力発電所における基準津波は、図2に示す「日本海東縁部に想定される地震による基準津波1, 2, 3, 5及び6」及び「海域活断層から想定される地震による基準津波4」である。このうち、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波1, 2, 3, 5及び6」の波源位置は、敷地から600km以上の距離にあり、その波源の活動に伴う余震については、敷地への影響が明らかに小さい。一方、「海域活断層から想定される地震による基準津波4」の波源位置は、敷地からの断層最短距離が約8kmと比較的近く、その波源の活動に伴う余震については、敷地への影響が考えられる。

以上のことから、「海域活断層から想定される地震による基準津波4」の波源の活動に伴う余震を選定する。

#### 3.2 余震の規模の設定

余震の規模は、過去の地震データにおける本震規模と最大余震の規模の関係を整理することにより想定する。検討対象とした地震は、津波荷重と組み合わせる余震荷重を評価するという観点から、地震調査研究推進本部の地震データによる本震のマグニチュードが7.0以上とし、かつ、余震を考慮する基準津波4の波源の活動に伴い発生する津波の最大水位変化を生起する時間帯は、最大でも地震発生から約10分以内であることを考慮し、本震と最大余震との時間間隔が1時間程度以内の地震とした。対象とした地震の諸元及び震央分布を表1及び図3に示す。地震調査研究推進本部の地震データについて、本震のマグニチュード $M_0$ と最大余震のマグニチュード $M_1$ の関係から本震と余震のマグニチュードの差 $D_1$ は、図4のとおり、 $D_1 = M_0 - M_1 = 1.2$ として評価できる。余震の規模を想定する際は、データ数が少ないことから、保守的に標準偏差を考慮し $D_1 = 0.9$ として余震の規模を想定する。

#### 3.3 余震の地震動評価

基準津波4の波源の活動に伴い発生する可能性がある余震による地震動を評価するにあたり、表2及び図5に示す波源の諸元及び震源モデルを設定し、上記の関係式に基づき余震の規模を設定した上で、Noda et al. (2002)により応答スペクトルを評価した。その評価結果と弾性設計用地震動 $S_d - D$ の応答スペクトルを比較して図6に示す。同図より、基準津波4の波源の活動に伴う余震の地震動評価結果は、弾性設計用地震動 $S_d - D$ を下回っている。



#### 4. 誘発地震の評価

##### 4.1 誘発地震の選定

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある誘発地震による地震動を評価するにあたり、敷地への影響度を考慮して対象とする誘発地震を選定する。

過去に発生した誘発地震について、2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）を対象に、余震活動の領域内の地震を除いた本震発生後24時間以内に発生したM6.5以上の内陸地殻内地震を確認すると、本震発生から約13時間後に長野県北部の地震（M6.7）が誘発地震として発生しており、それぞれの地震の震央位置は、図7に示すとおり約400km離れた位置関係になっている。

図8に示す国土地理院による2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）の発生後（2011年2月下旬～3月下旬）の地殻変動によると、誘発地震の長野県北部の地震（M6.7）の震央位置周辺に比べて、敷地周辺ではほとんど地殻変動は見られない。また、遠田（2011）において、2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）の発生後の応力変化を検討し、近畿地方の変化量は概ね0.1bar以下と小さく、地震活動に目立った変化は見られないことから、「近畿の活断層への影響はごくわずか」としており、近畿地方よりもさらに西方の敷地周辺の活断層への影響もごくわずかと考えられる。なお、日本海東縁部の地震の本震のマグニチュードが7.0以上の3地震（1964年新潟地震：本震M7.5 最大余震6.1、1983年日本海中部地震：本震M7.7 最大余震6.1、1993年北海道南西沖地震：本震M7.8 最大余震6.0）については、余震を含めたとしてもM6.5未満の地震しか発生していない。

基準津波のうち、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波1、2、3、5及び6」の波源は2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）より規模が小さく、その位置は図7に示すとおり敷地から600km以上の距離にあり、2011年東北地方太平洋沖地震とその誘発地震の位置関係よりも更に離れていることから、上記の地殻変動や応力変化を考慮すると、その波源の活動に伴う誘発地震が敷地周辺で発生することは考えられない。

一方、「海域活断層から想定される地震による基準津波4」の波源位置は、図7に示すとおり、敷地からの断層最短距離が約8kmと比較的近いことから、その波源の活動に伴う誘発地震が敷地周辺で発生することは考えられる。

以上のことから、「海域活断層から想定される地震による基準津波4」の波源の活動に伴う誘発地震を選定する。

#### 4.2 誘発地震の規模の設定

2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)では誘発地震の長野県北部の地震(M6.7)が発生したのは本震発生から約13時間後である。誘発地震を考慮する基準津波4の継続時間のうち最大水位変化を生起する時間帯(最大でも地震発生から約10分以内)においてM6.8以上の誘発地震が発生することは考えにくい。保守的に基準地震動の評価において検討用地震に選定されなかった孤立した短い活断層による地震を対象とし、誘発地震の規模をM6.8に設定する。

#### 4.3 誘発地震の地震動評価

基準津波4の波源の活動に伴う誘発地震について、表3及び図9に示す孤立した短い活断層による地震を対象にM6.8の震源モデルを設定し、Noda et al. (2002)により応答スペクトルを評価した。その評価結果と弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-Dの応答スペクトルを比較して図10に示す。同図より、基準津波4の波源の活動に伴う誘発地震の地震動評価結果は、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-Dを下回っている。

#### 5. 余震荷重の設定

以上の検討結果から、基準津波1, 2, 3, 5及び6の波源である「日本海東縁部に想定される地震」については、その余震及び誘発地震の敷地への影響が明らかに小さいことから、津波荷重に組み合わせる余震荷重を設定しない。また、基準津波4の波源である「海域活断層から想定される地震」については、その余震及び誘発地震の地震動評価結果を、全ての周期帯において弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-Dが十分に上回ることから、保守的にS<sub>d</sub>-Dによる荷重を海域活断層から想定される地震による津波荷重に組み合わせる余震荷重として設定する。

## 【参考文献】

- Noda, S. • K. Yashiro • K. Takahashi • M. Takemura • S. Ohno • M. Tohdo • T. Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18 Istanbul, pp.399-408
- 地震調査研究推進本部 (2016) : 大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方, 平成 28 年 8 月 19 日
- 国土地理院 (2011) : 平成 23 年 3 月の地殻変動について
- 遠田晋次 (2011) : 東北地方太平洋沖地震にともなう静的応力変化, <http://www1.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/events/110311tohoku/toda/index.html>
- 活断層研究会編 (1991) : [新編] 日本の活断層分布図と資料, 東京大学出版会

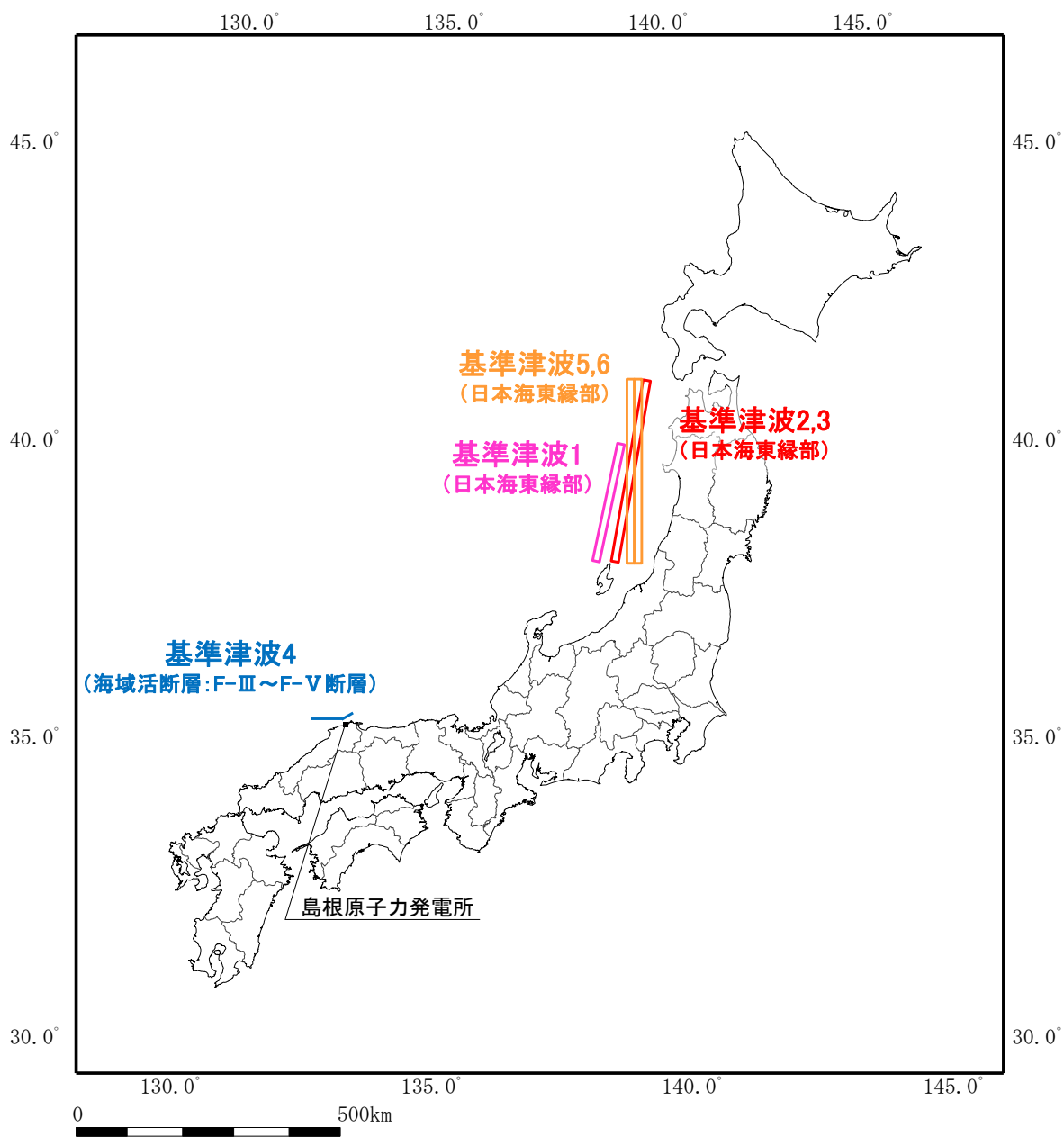


図2 島根原子力発電所と標準津波の波源

表1 過去の地震における本震と最大余震の関係 (M7.0 以上)

No.	発生年月日	震源	最大余震		
			本震 マグニチュード M0	マグニチュード M1	本震との 時間間隔
1	2003/9/26	十勝沖	8.0	7.1	1:18
2	2004/11/29	釧路沖	7.1	6.0	0:04
3	2006/11/15	千島列島東方	7.9	6.7 <sup>※1</sup>	1:12
4	2008/6/14	岩手宮城内陸地震	7.2	5.7	0:37
5	2008/9/11	十勝沖	7.1	5.7	0:12
6	2011/3/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	7.6 <sup>※1</sup>	0:29
7	2012/12/7	三陸沖	7.3	6.6	0:13
8	2016/4/16	熊本地震	7.3	5.9	0:21

※1：気象庁による最新の震源情報を参照

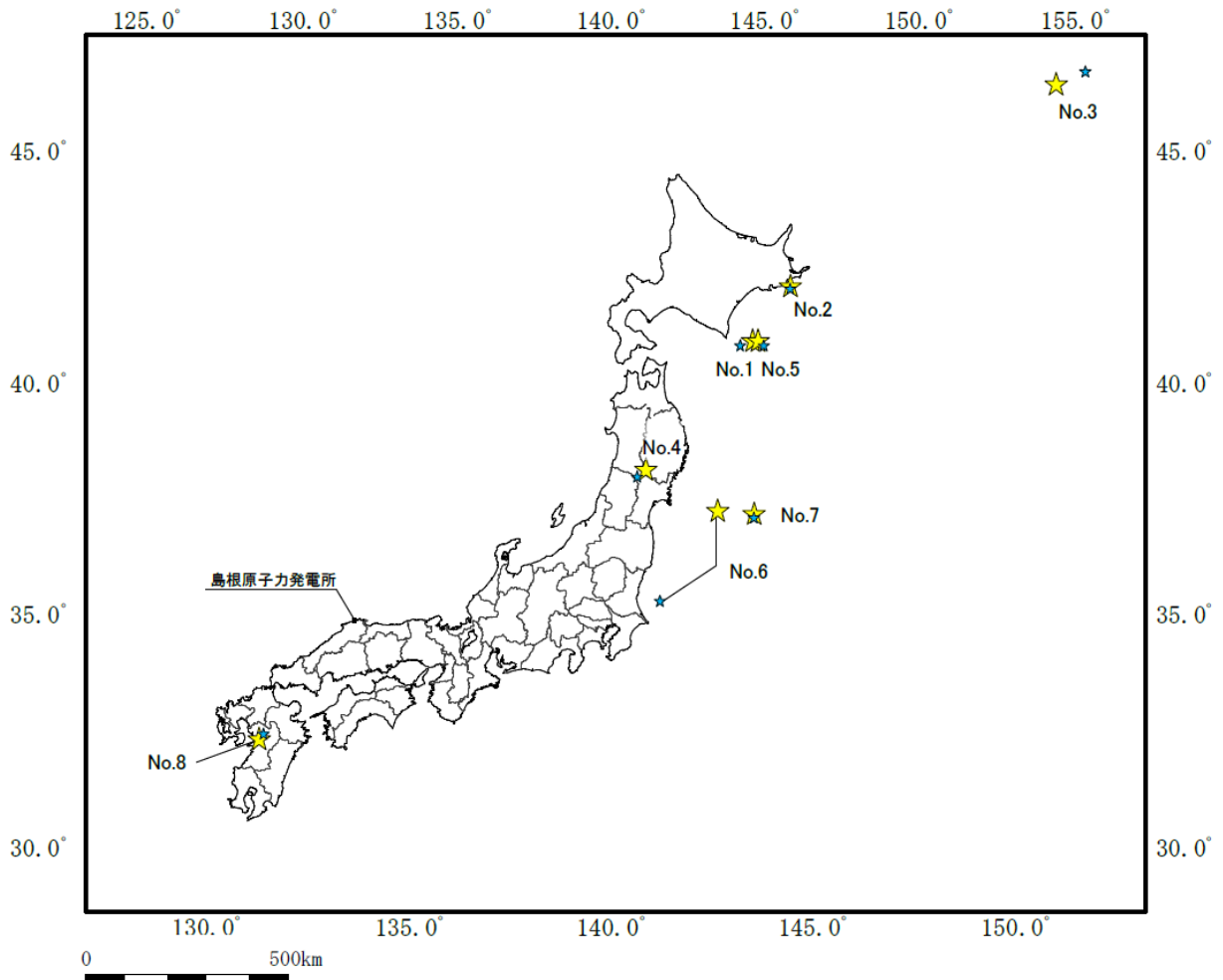


図3 余震の地震規模の評価に用いた地震の震央分布 [本震 (★), 余震 (★)]

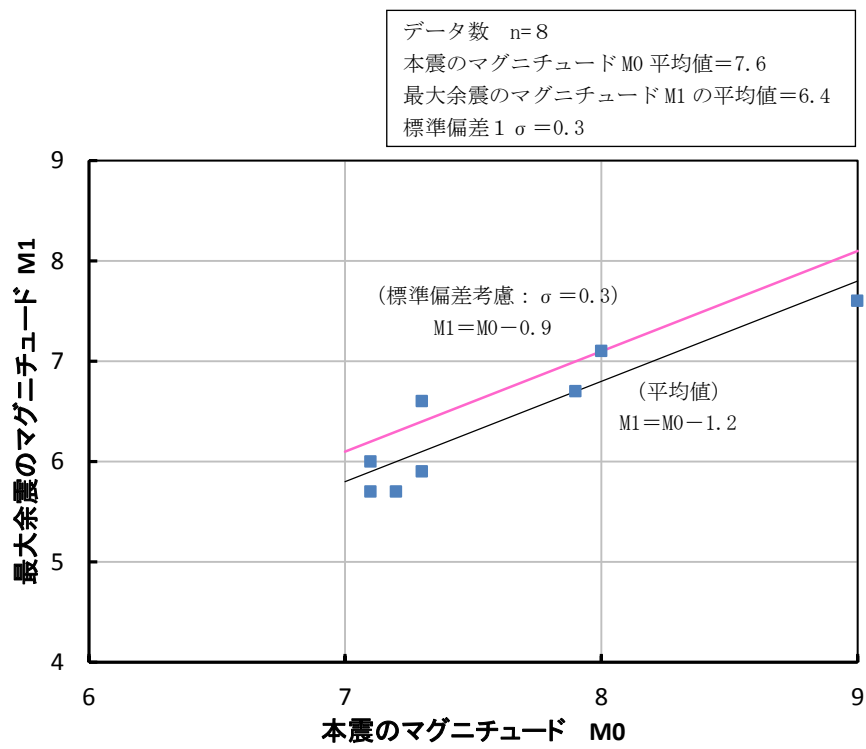


図4 本震と最大余震の地震規模の関係 (M7.0 以上)

表2 設定した余震の震源諸元

項目	設定値
本震のマグニチュード	7.6
余震のマグニチュード <sup>※1</sup>	6.7
等価震源距離 <sup>※2</sup> (km)	17.3

※1：本震と余震のマグニチュードの差D1を0.9として、余震のマグニチュードを評価  
 ※2：図5に示す震源モデルに対し、Noda et al. (2002)に基づき等価震源距離を評価

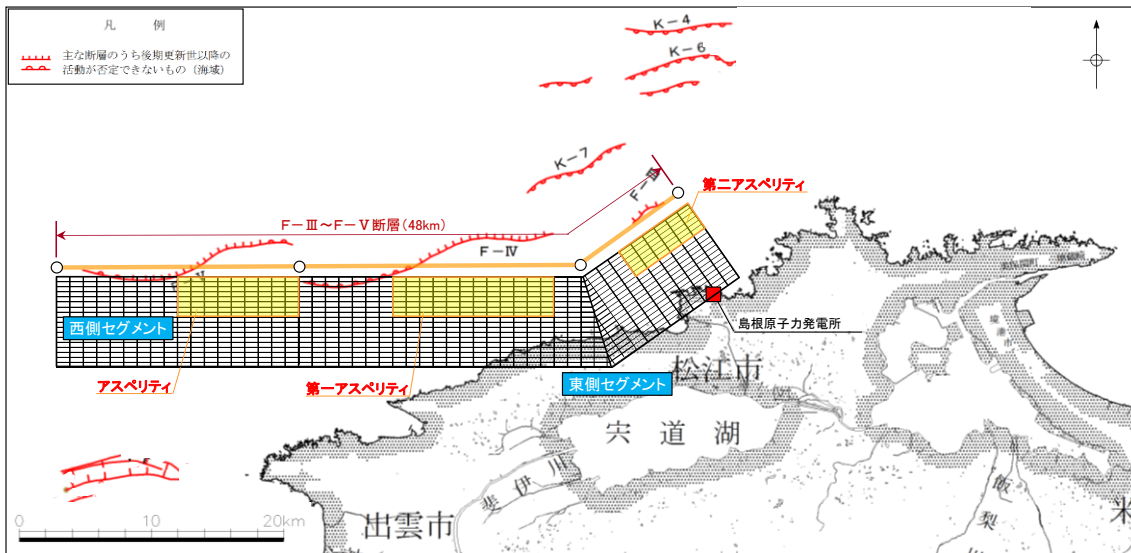


図5 基準津波4の波源に対する震源モデル

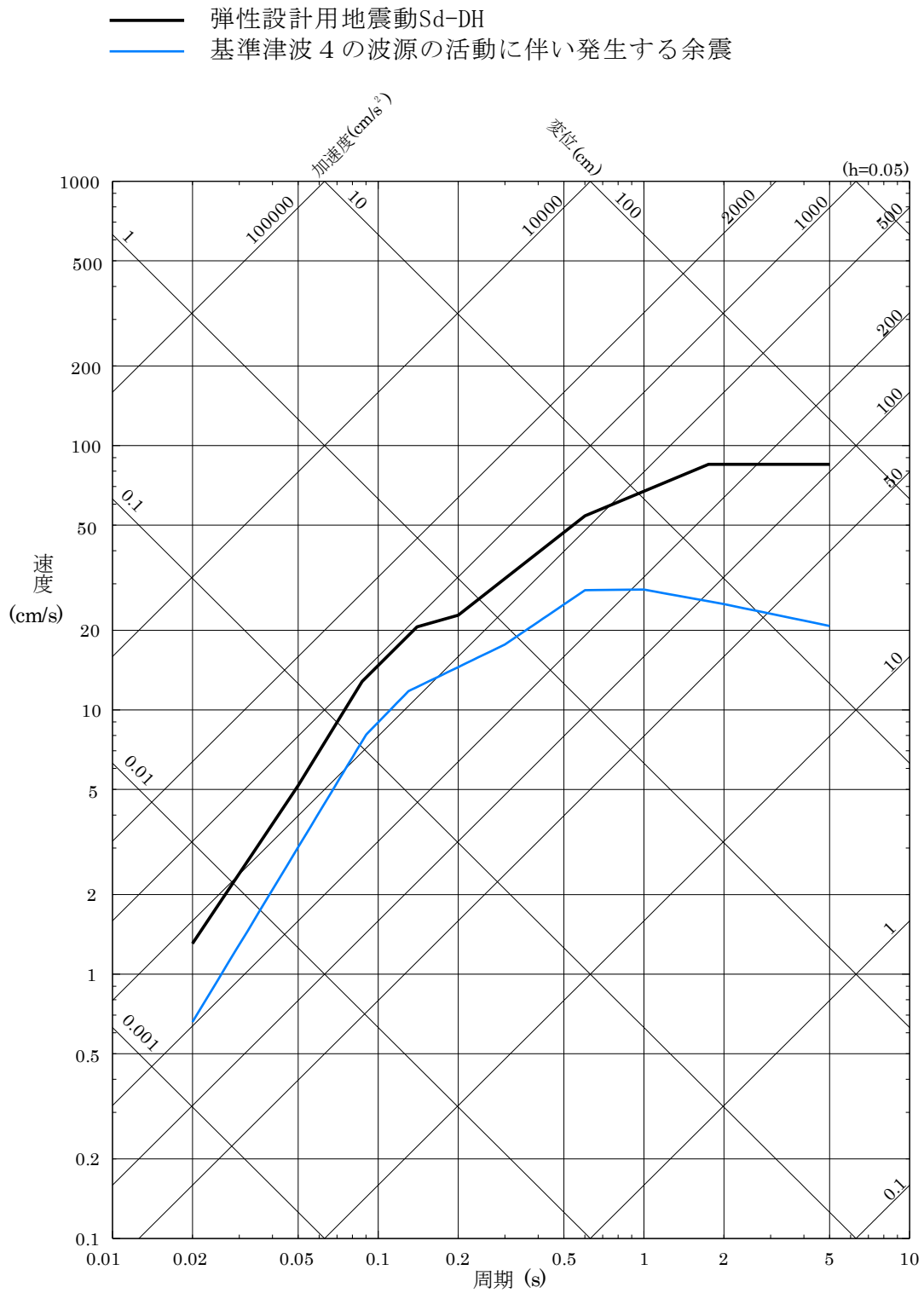


図6 (1) 基準津波4の波源の活動に伴い発生する余震と弾性設計用地震動Sd-Dの比較 (水平方向)



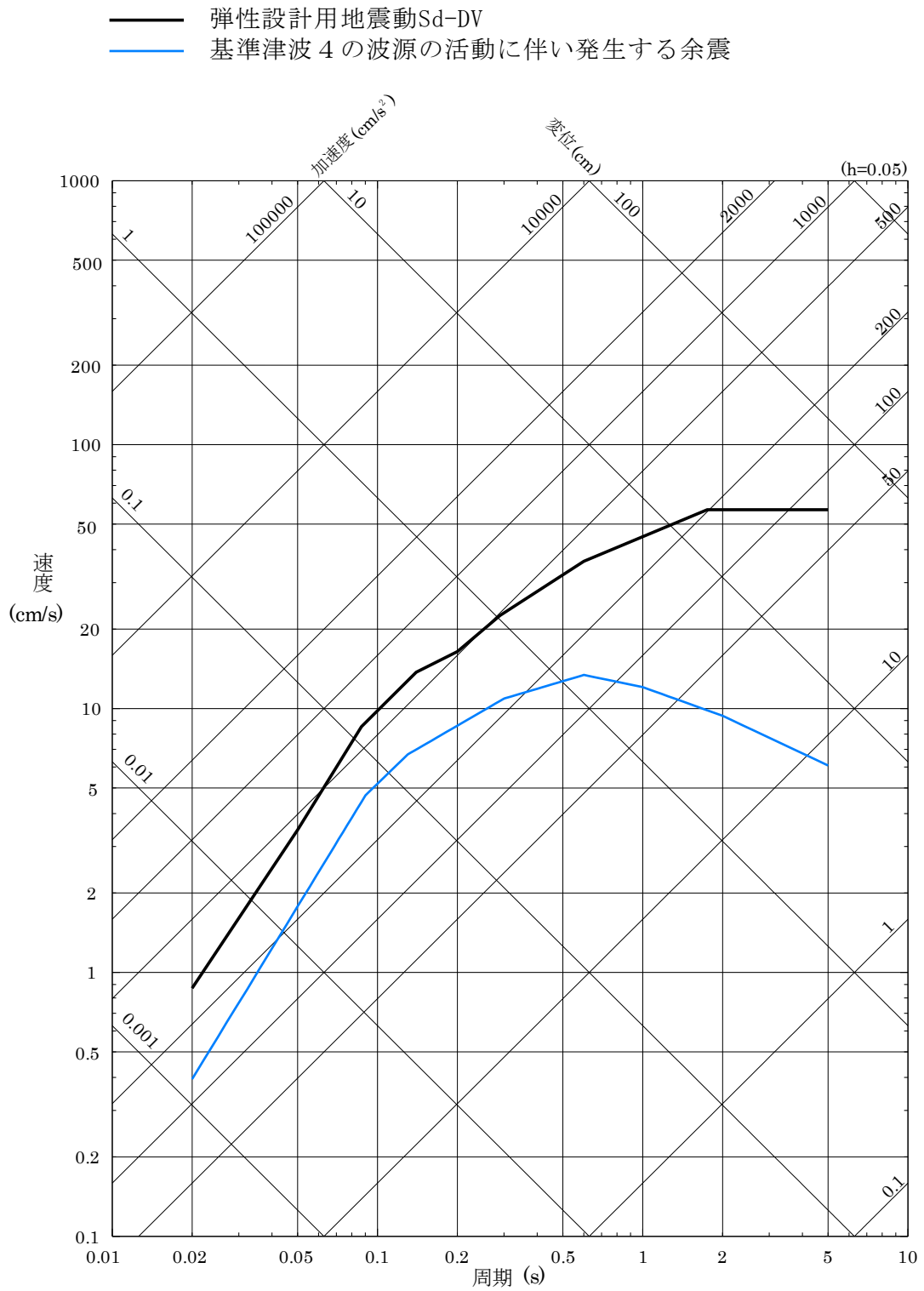


図6 (2) 基準津波4の波源の活動に伴い発生する余震と弾性設計用地震動Sd-DVの比較 (鉛直方向)

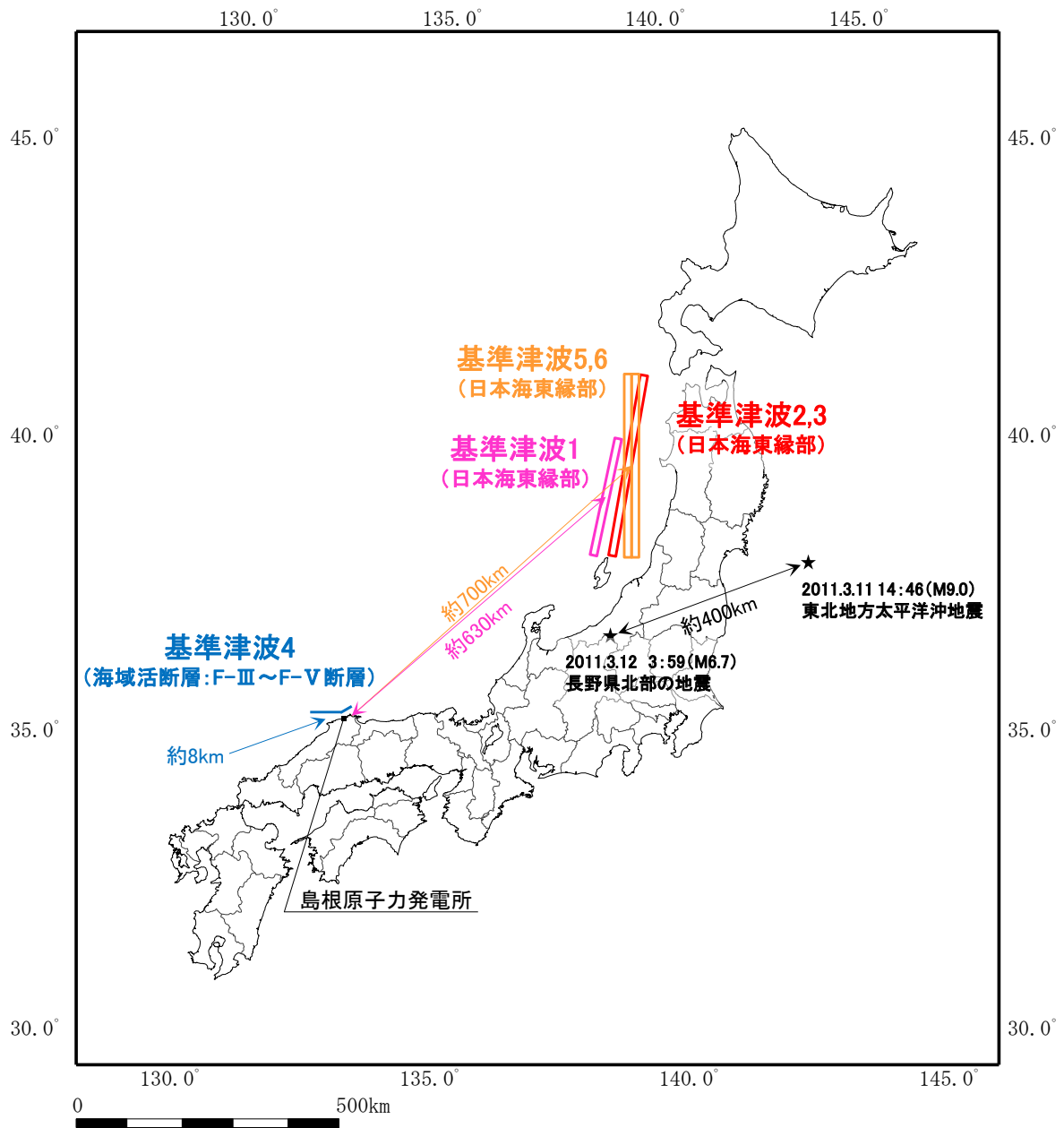
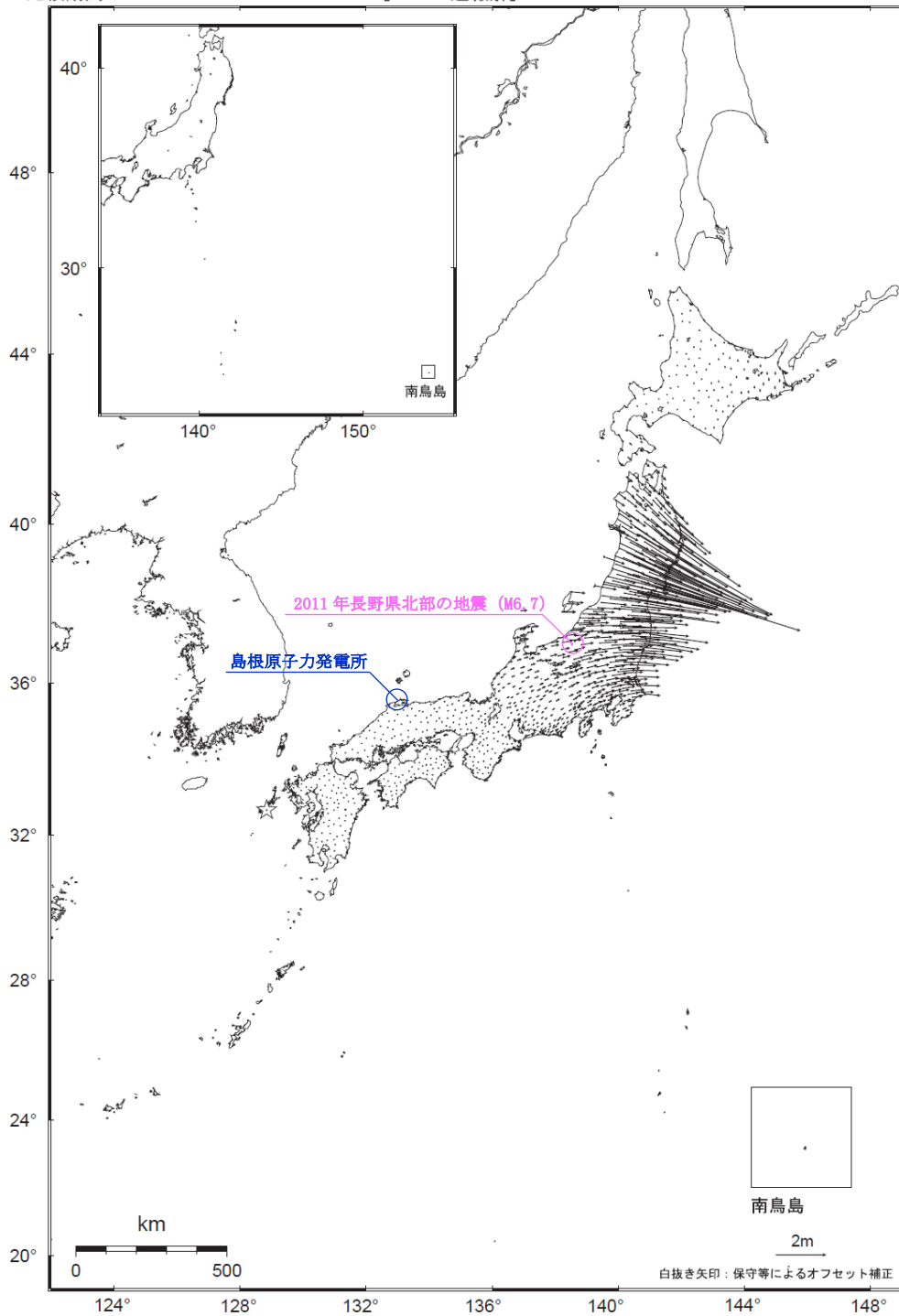


図7 2011年東北地方太平洋沖地震と2011年長野県北部の地震の震源位置及び島根原子力発電所と基準津波の波源の位置関係

全国の地殻変動（水平）－1ヶ月－

基準期間：2011.02.22～2011.02.28 [F3：最終解]

比較期間：2011.03.25～2011.03.31 [R3：速報解]



☆ 固定局：福江（950462）

・3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動が見られません。

※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1 (92110) が変動したため、2011/3/11以降のQ3、R3解析においては固定点を与論 (950495) へ変更している。

[国土地理院（2011）に一部加筆]

図8 2011年2月下旬から2011年3月下旬の1ヶ月間の地殻変動

表3 設定した誘発地震の震源諸元

No.	断層名	マグニチュード M	等価震源距離 Xeq (km)
1	た と 田の戸断層	6.8	16.0
2	おおふなやまひがし 大船山東断層	6.8	16.1
3	ぶつきょうざんきた 仏経山北断層	6.8	26.2
4	ひがしまち しんたばた 東来待-新田畑断層	6.8	20.2
5	やない 柳井断層	6.8	18.3
6	みとやきた 三刀屋北断層	6.8	32.1
7	はんば いしはら 半場-石原断層	6.8	25.7
8	ふべ 布部断層	6.8	32.1
9	ひがしいんべ 東忌部断層	6.8	17.3
10	さんのうじ 山王寺断層	6.8	22.2
11	おおい 大井断層	6.8	16.0

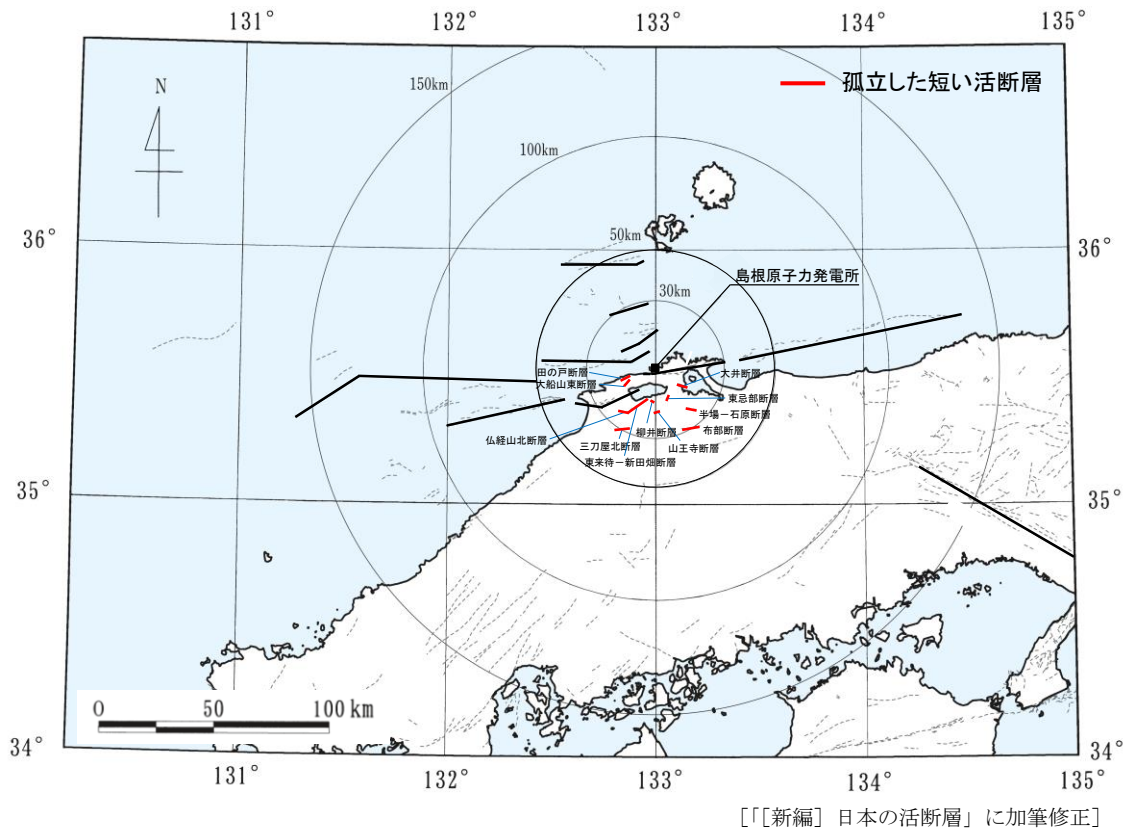


図9 誘発地震として考慮する孤立した短い活断層の分布

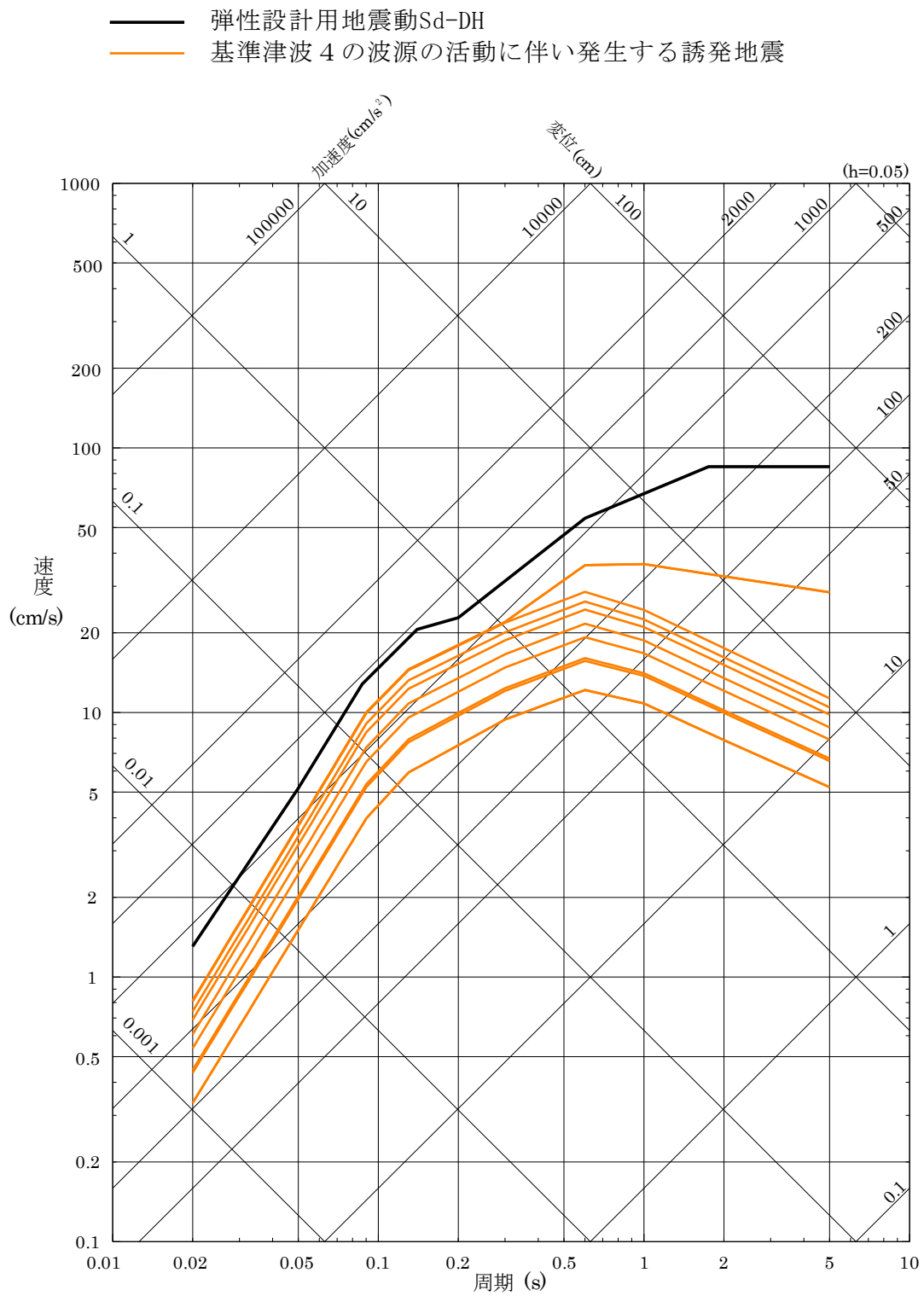


図 10 ( 1 ) 基準津波 4 の波源の活動に伴い発生する誘発地震と弾性設計用地震動 S d - D の比較 ( 水平方向 )

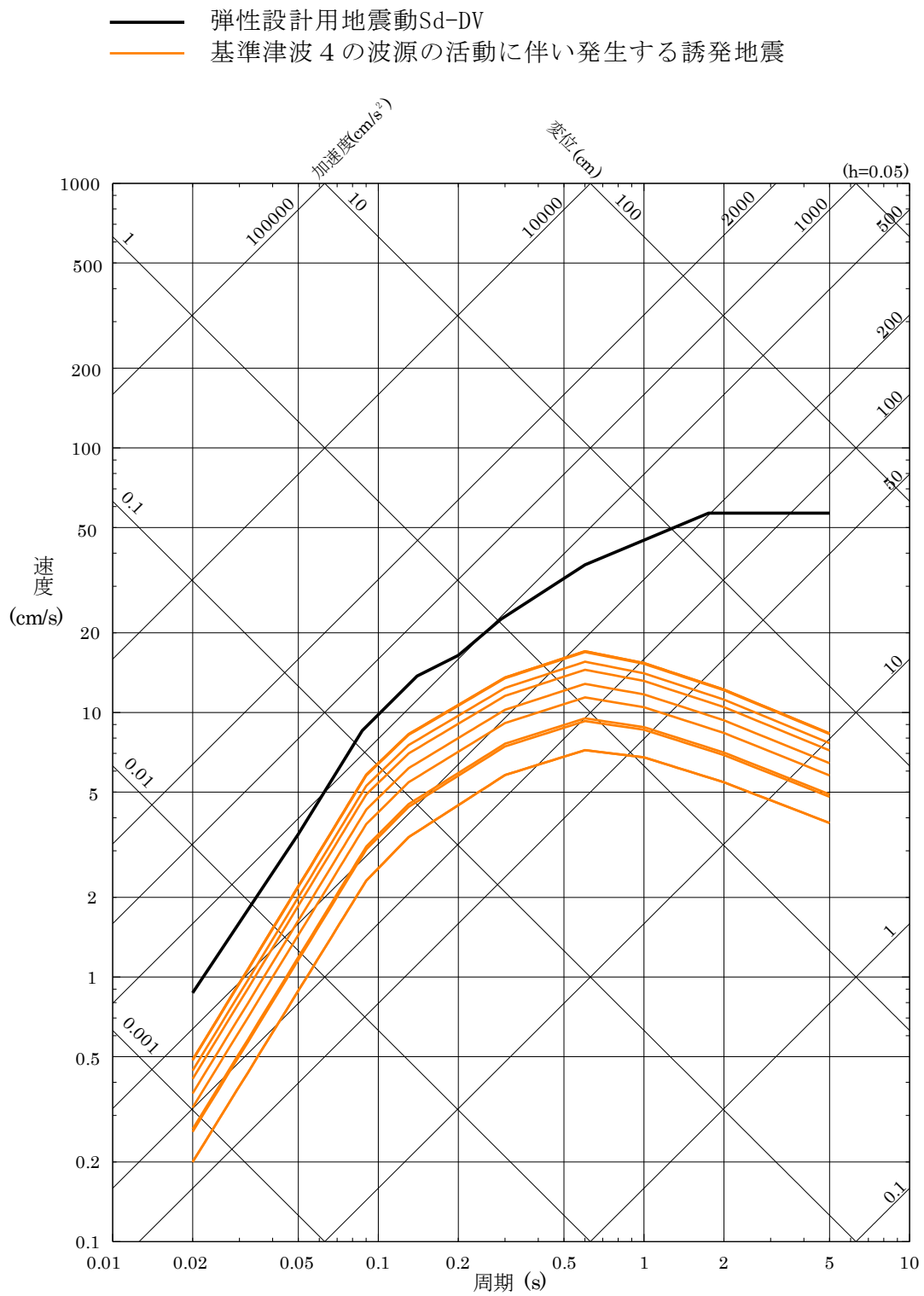


図 10 (2) 基準津波 4 の波源の活動に伴い発生する誘発地震と弾性設計用地震動 S d - D の比較 (鉛直方向)

## 荷重の組合せに関する津波と地震の組合せの方針について

## 1. 津波と地震の組合せについて

第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）において自然現象の組合せは、発生頻度及び最大荷重の継続時間を考慮して検討するとしており、基準津波と基準地震動を独立事象として扱う場合は、それぞれの発生頻度が十分小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。それ以外の組合せについて、以下に示す。

## 2. 基準津波と地震の組合せについて

基準津波と当該津波の波源を震源とする本震は、伝播速度が異なり同時に敷地に到達することはないため、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する必要はない。

基準津波（海域活断層）と当該津波の波源を震源とする余震は、同時に敷地に到達することを想定し、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する。

一方、基準津波（日本海東縁部）と当該津波の波源を震源とする余震については、当該津波の波源が敷地から遠く、余震の敷地への影響が明らかに小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。さらに、当該津波については、仮に余震以外のその他の地震として、頻度が高く年に1回程度発生する地震動レベルの小さい地震を独立事象として想定したとしても、当該津波の発生頻度及び最大荷重継続時間（120分と設定：別紙2参照）を踏まえると、当該津波の最大荷重継続時間内に余震以外のその他の地震が発生する頻度は、表1のとおり、 $2.3 \times 10^{-8}$ /年であり十分小さい\*ことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。

また、基準津波以外の津波は、阿部（1989）の予測式に基づく津波の予測高さによると、表2に示すとおり、基準津波（海域活断層）の波源の断層であるF-Ⅲ～F-Ⅴ断層に比べて水位が低く敷地に与える影響は小さいため、余震荷重との組合せを考慮しない。

\*JEAG4601において組み合わせるべき荷重としては、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が $10^{-7}$ /炉年以下となるものは組合せが不要と記載されている

### 3. 基準地震動と津波の組合せについて

基準地震動の震源（海域活断層）からの本震と当該本震に伴う津波は、伝播速度が異なり同時に敷地に到達することはないことから、組合せを考慮する必要はない。

基準地震動の震源については、他の海域の活断層よりも敷地に近い位置に存在し、仮に誘発地震に伴う津波の発生を考慮した場合においても、基準地震動が敷地に到達すると同時に当該津波が敷地に到達することはないことから、組合せを考慮する必要はない。

#### 【参考文献】

- ・阿部勝征(1989)：地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測，東京大学地震研究所彙報，Vol. 64，pp. 51-69
- ・国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）：日本海における大規模地震に関する調査検討会，最終報告書（H26. 9）



表1 地震及び津波の最大荷重継続時間と発生頻度

荷重の種類	最大荷重 継続時間 (年)	発生頻度 (/年)
地震 (基準地震動)	$10^{-5} \times 1$	$5 \times 10^{-4} \times 3$
津波 (基準津波)	$2.3 \times 10^{-4} \times 2$	$10^{-4} \sim 10^{-5} \times 4$

※1  $10^{-5} = 5 \text{分} / (365 \text{日} \times 24 \text{時間} \times 60 \text{分})$  として算出

※2  $2.3 \times 10^{-4} = 120 \text{分} / (365 \text{日} \times 24 \text{時間} \times 60 \text{分})$  として算出  
(別紙2参照)

※3 JEAG4601に記載されている基準地震動 $S_2$ の発生確率を読み替えて適用

※4 ハザード評価結果

(基準津波の最大荷重継続時間内に余震以外のその他の地震が発生する頻度)

基準津波の 発生頻度	×	基準津波の 最大荷重継続時間	×	余震以外のその他の地震の 発生頻度 (想定)
$10^{-4} / \text{年}$		$2.3 \times 10^{-4} \text{年}$		$1 / \text{年}$
$= 2.3 \times 10^{-8} / \text{年}$				

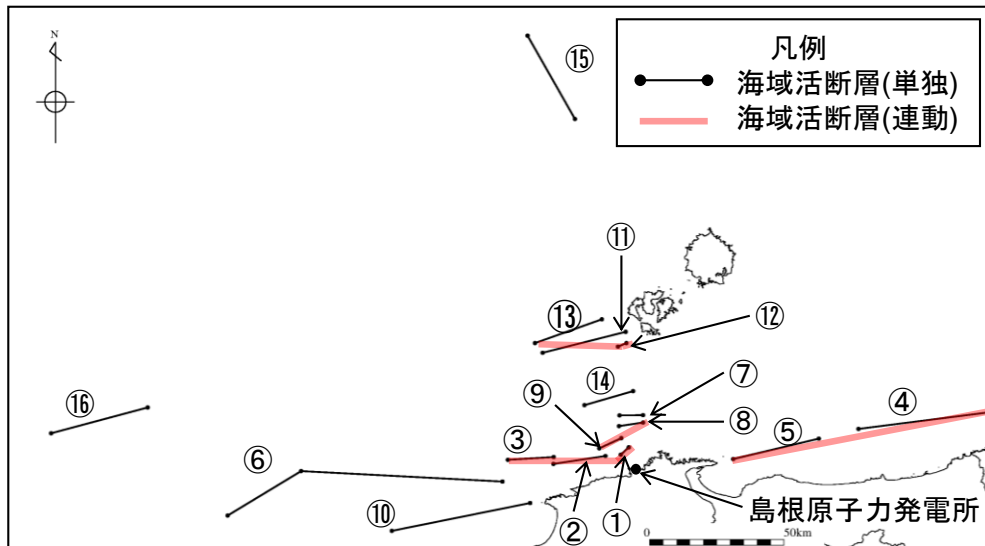


図1 敷地周辺海域の主な活断層の分布

表2 阿部(1989)の予測式に基づく敷地周辺海域の  
主な活断層による津波の予測高<sup>※1</sup>

No.	断層(図1の番号) <sup>※2</sup>	断層長さ L(km)	津波の 伝播距離 Δ(km)	Mw	予測高 H(m)
1	F-Ⅲ~F-Ⅴ断層 (①+②+③) [基準津波の波源の断層]	48.0	24	7.3	3.6
2	鳥取沖東部断層~ 鳥取沖西部断層(④+⑤)	98	84	7.7	2.7
3	F57断層(⑥)	108	103	7.7	2.2
4	K-4~K-7撓曲 (⑦+⑧+⑨)	19.0	12.9	6.7	1.8
5	大田沖断層(⑩)	53	67	7.3	1.4
6	K-1撓曲+K-2撓曲 +F <sub>K0</sub> 断層(⑪+⑫+⑬)	36	50	7.1	1.2
7	F <sub>k-1</sub> 断層(⑭)	19.0	28.4	6.7	0.8
8	隠岐北西方北部断層(⑮)	36	149	7.1	0.4
9	見島北方沖西部断層(⑯)	38	201	7.1	0.3

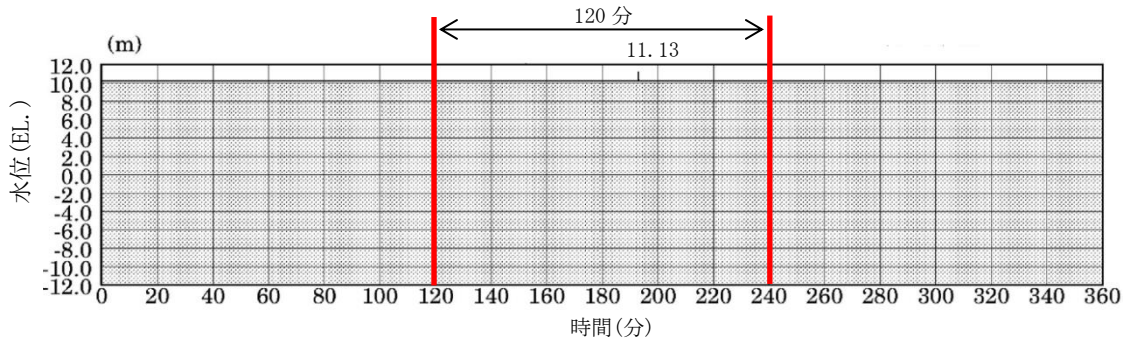
※1 数値は、第771回審査会合資料1-2 44頁から引用

※2 日本海の九州から北海道までの津波波源のうち、日本海東縁部の断層以外で国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)により島根県に与える影響が大きいとされている断層(上表のNo.1~3)及びその他の敷地周辺海域の活断層(上表のNo.4~9)について評価

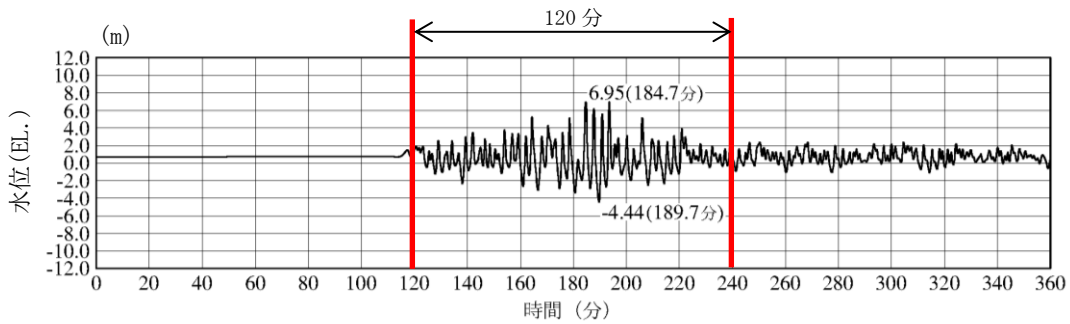
## 基準津波の最大荷重継続時間について

「1.6 設計または評価に用いる入力津波」において確認している、各施設に対する入力津波の時刻歴波形を図 1 に示す。なお、「海域活断層から想定される地震による基準津波 4」は、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波 1, 2, 3, 5 及び 6」と比べ、その津波の継続時間が短いことから、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波 1, 2, 3, 5 及び 6」の時刻歴波形のうち、各施設に対して最も水位が高くなる入力津波の時刻歴波形を示している。

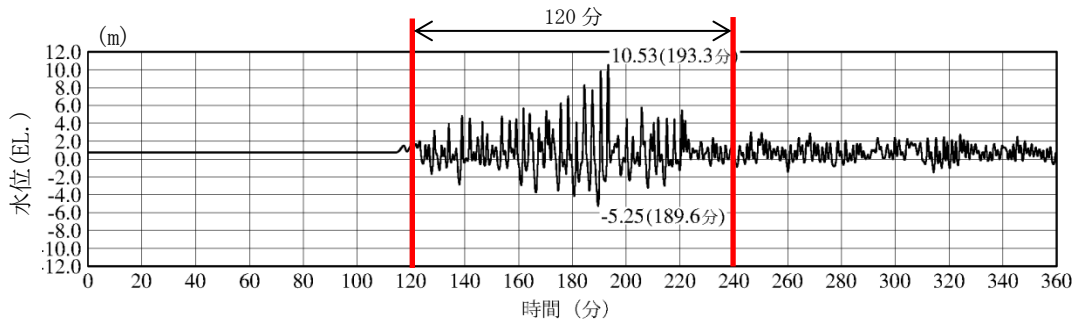
図 1 のとおり、入力津波が最大水位となるのは短時間であることから、津波による最大荷重継続時間も短時間となる。ただし、最大ではないものの比較的高い水位が発生していることから、高い水位が発生する範囲を余裕を持って包含する時間として、津波の最大荷重継続時間を 120 分と設定している。



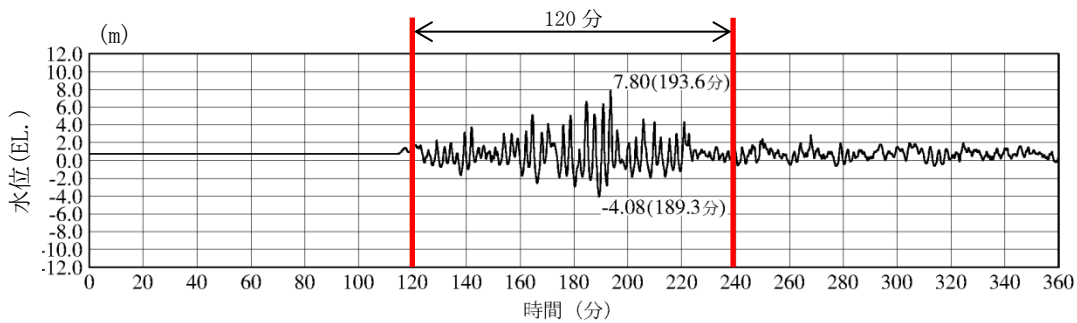
※最大水位上昇量 11.13m+朔望平均満潮位 0.58m+潮位のばらつき 0.14m≒EL. +11.9m  
 施設護岸又は防波壁 (入力津波 1, 防波堤無し)



1号炉取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

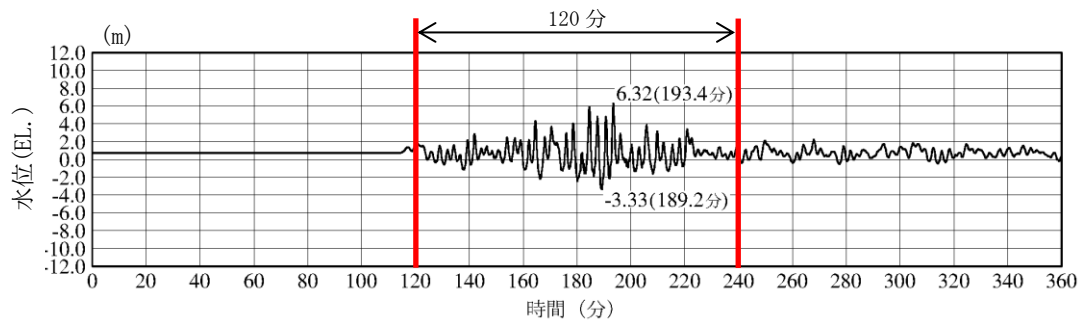


2号炉取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

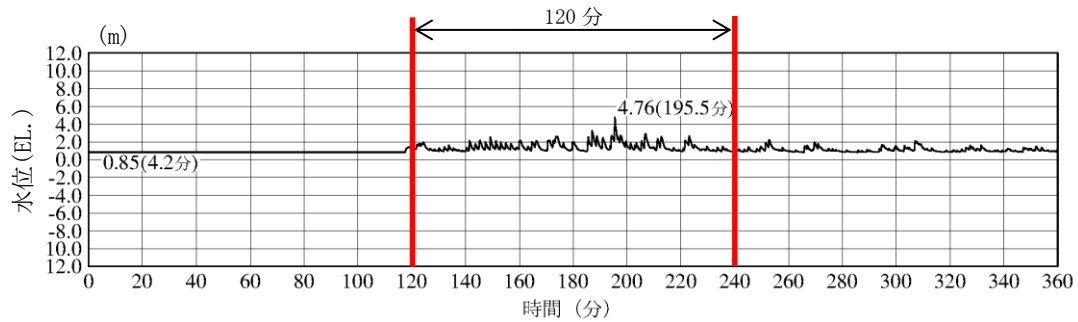


3号炉取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

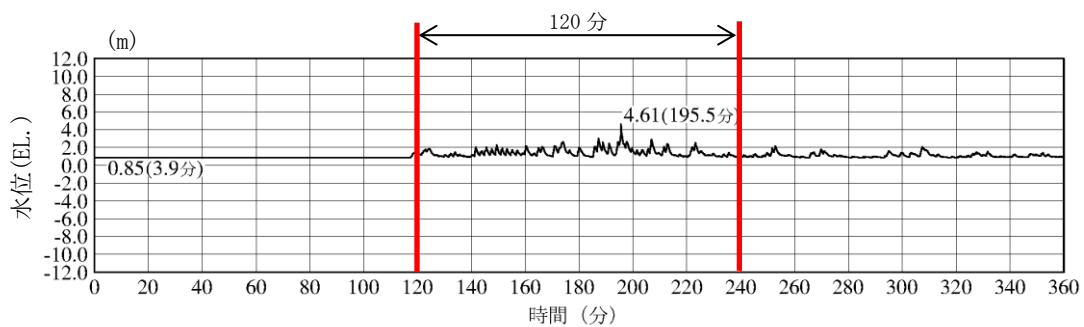
図1 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (1 / 4)



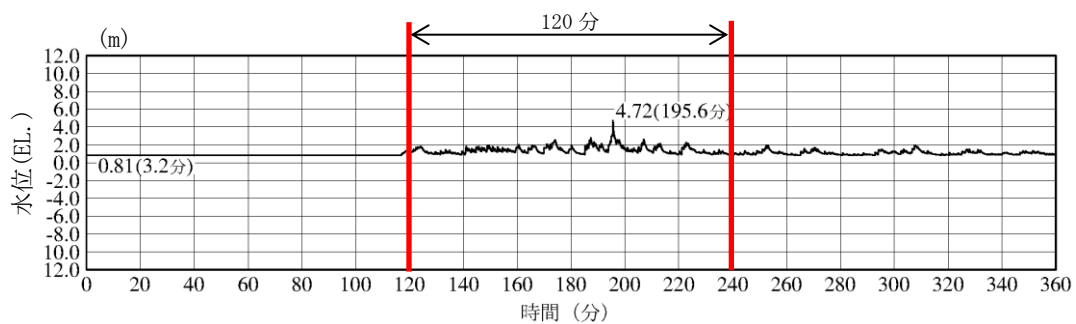
3号炉取水路点検口 (入力津波 1, 防波堤無し)



1号炉放水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

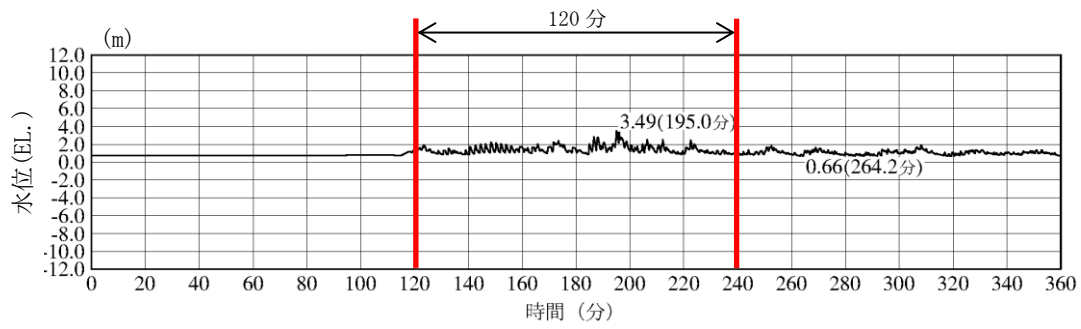


1号炉冷却水排水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

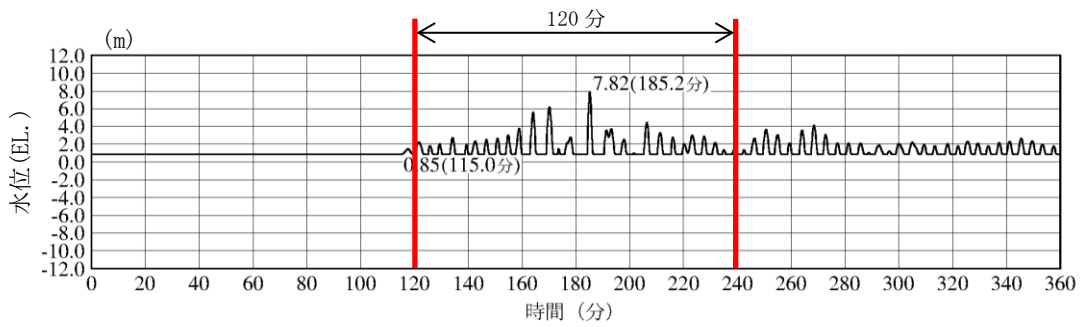


1号炉マンホール (入力津波 1, 防波堤有り)

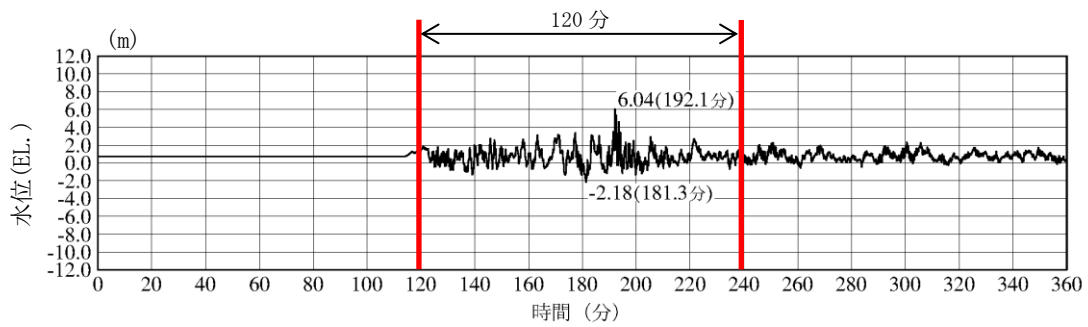
図1 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (2 / 4)



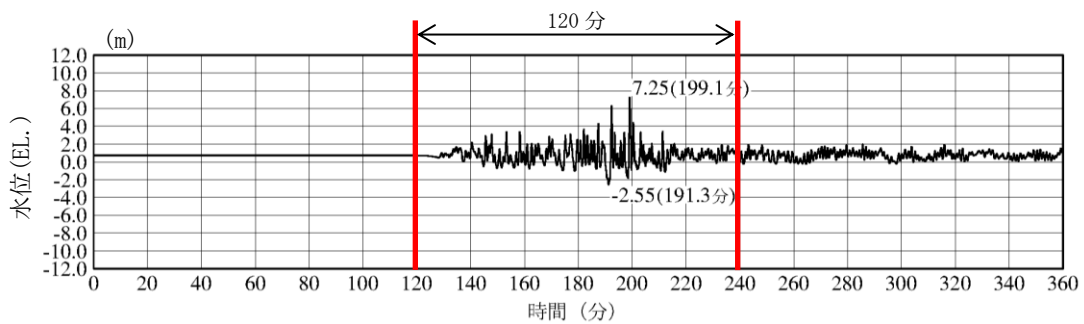
1号炉放水接合槽 (入力津波 1, 防波堤有り)



2号炉放水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

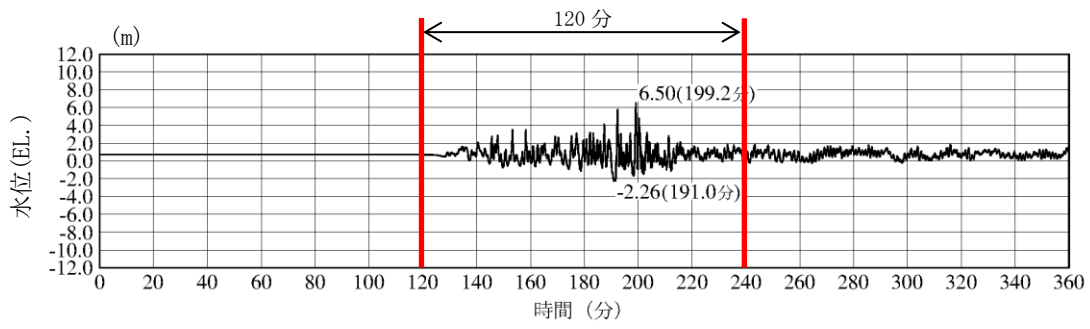


2号炉放水接合槽 (入力津波 1, 防波堤無し)



3号炉放水槽 (入力津波 5, 防波堤無し)

図1 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (3 / 4)



3号炉放水接合槽 (入力津波5, 防波堤無し)

図1 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (4 / 4)

## 荷重の組合せに関する津波と地震の組合せの方針について

## 1. 津波と地震の組合せについて

第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）において自然現象の組合せは、発生頻度及び最大荷重の継続時間を考慮して検討するとしており、基準津波と基準地震動を独立事象として扱う場合は、それぞれの発生頻度が十分小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。それ以外の組合せについて、以下に示す。

## 2. 基準津波と地震の組合せについて

基準津波と当該津波の波源を震源とする本震は、伝播速度が異なり同時に敷地に到達することはないため、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する必要はない。

基準津波（海域活断層）と当該津波の波源を震源とする余震は、同時に敷地に到達することを想定し、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する。

一方、基準津波（日本海東縁部）と当該津波の波源を震源とする余震については、当該津波の波源が敷地から遠く、余震の敷地への影響が明らかに小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。さらに、当該津波については、仮に余震以外のその他の地震として、頻度が高く年に1回程度発生する地震動レベルの小さい地震を独立事象として想定したとしても、当該津波の発生頻度及び最大荷重継続時間（120分と設定：別紙2参照）を踏まえると、当該津波の最大荷重継続時間内に余震以外のその他の地震が発生する頻度は、表1のとおり、 $2.3 \times 10^{-8}$  / 年であり十分小さい\*ことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。

また、基準津波以外の津波は、阿部（1989）の予測式に基づく津波の予測高さによると、表2に示すとおり、基準津波（海域活断層）の波源の断層であるF-Ⅲ～F-V断層に比べて水位が低く敷地に与える影響は小さいため、余震荷重との組合せを考慮しない。

\*JEAG4601において組み合わせるべき荷重としては、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が $10^{-7}$  / 炉年以下となるものは組合せが不要と記載されている



### 3. 基準地震動と津波の組合せについて

基準地震動の震源（海域活断層）からの本震と当該本震に伴う津波は、伝播速度が異なり同時に敷地に到達することはないことから、組合せを考慮する必要はない。

基準地震動の震源については、他の海域の活断層よりも敷地に近い位置に存在し、仮に誘発地震に伴う津波の発生を考慮した場合においても、基準地震動が敷地に到達すると同時に当該津波が敷地に到達することはないことから、組合せを考慮する必要はない。

#### 【参考文献】

- ・阿部勝征(1989)：地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測，東京大学地震研究所彙報，Vol. 64，pp. 51-69
- ・国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）：日本海における大規模地震に関する調査検討会，最終報告書（H26. 9）

表1 地震及び津波の最大荷重継続時間と発生頻度

荷重の種類	最大荷重 継続時間 (年)	発生頻度 (/年)
地震 (基準地震動)	$10^{-5} \text{※1}$	$5 \times 10^{-4} \text{※3}$
津波 (基準津波)	$2.3 \times 10^{-4} \text{※2}$	$10^{-4} \sim 10^{-5} \text{※4}$

※1  $10^{-5} = 5 \text{分} / (365 \text{日} \times 24 \text{時間} \times 60 \text{分})$  として算出

※2  $2.3 \times 10^{-4} = 120 \text{分} / (365 \text{日} \times 24 \text{時間} \times 60 \text{分})$  として算出  
(別紙2参照)

※3 JEAG4601に記載されている基準地震動 $S_2$ の発生確率を読み替えて適用

※4 ハザード評価結果

(基準津波の最大荷重継続時間内に余震以外のその他の地震が発生する頻度)

基準津波の 発生頻度	×	基準津波の 最大荷重継続時間	×	余震以外のその他の地震の 発生頻度 (想定)
$10^{-4} / \text{年}$		$2.3 \times 10^{-4} \text{年}$		$1 / \text{年}$
$= 2.3 \times 10^{-8} / \text{年}$				

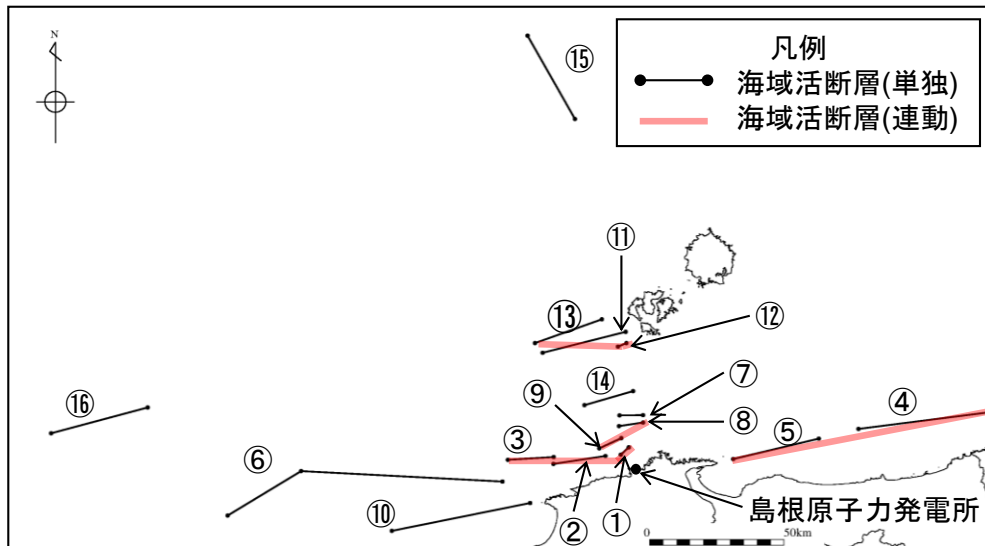


図1 敷地周辺海域の主な活断層の分布

表2 阿部(1989)の予測式に基づく敷地周辺海域の  
主な活断層による津波の予測高<sup>※1</sup>

No.	断層(図1の番号) <sup>※2</sup>	断層長さ L(km)	津波の 伝播距離 Δ(km)	Mw	予測高 H(m)
1	F-Ⅲ~F-V断層 (①+②+③) [基準津波の波源の断層]	48.0	24	7.3	3.6
2	鳥取沖東部断層~ 鳥取沖西部断層(④+⑤)	98	84	7.7	2.7
3	F57断層(⑥)	108	103	7.7	2.2
4	K-4~K-7撓曲 (⑦+⑧+⑨)	19.0	12.9	6.7	1.8
5	大田沖断層(⑩)	53	67	7.3	1.4
6	K-1撓曲+K-2撓曲 +F <sub>K0</sub> 断層(⑪+⑫+⑬)	36	50	7.1	1.2
7	F <sub>k-1</sub> 断層(⑭)	19.0	28.4	6.7	0.8
8	隠岐北西方北部断層(⑮)	36	149	7.1	0.4
9	見島北方沖西部断層(⑯)	38	201	7.1	0.3

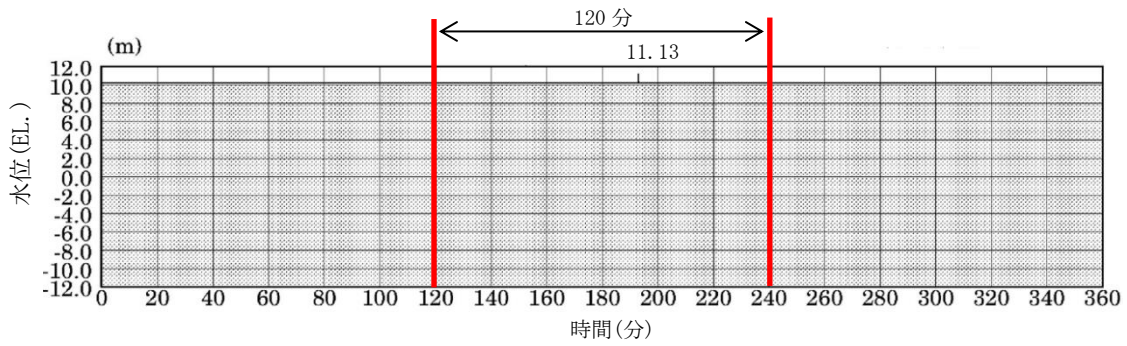
※1 数値は、第771回審査会合資料1-2 44頁から引用

※2 日本海の九州から北海道までの津波波源のうち、日本海東縁部の断層以外で国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)により島根県に与える影響が大きいとされている断層(上表のNo.1~3)及びその他の敷地周辺海域の活断層(上表のNo.4~9)について評価

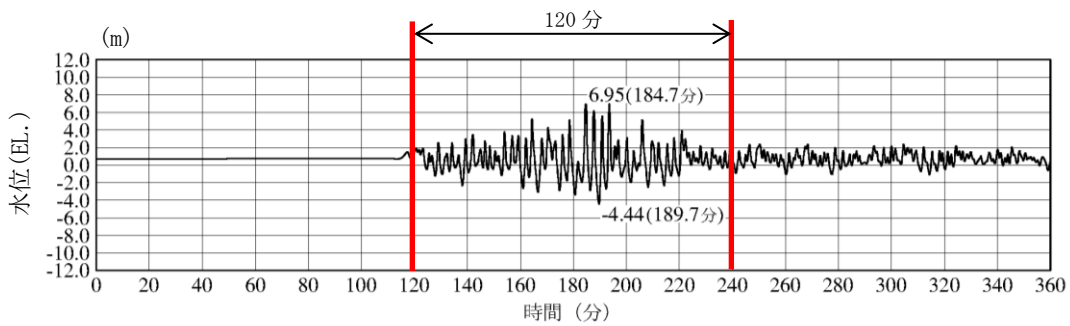
## 基準津波の最大荷重継続時間について

「1.6 設計または評価に用いる入力津波」において確認している、各施設に対する入力津波の時刻歴波形を図1に示す。なお、「海域活断層から想定される地震による基準津波4」は、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波1, 2, 3, 5及び6」と比べ、その津波の継続時間が短いことから、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波1, 2, 3, 5及び6」の時刻歴波形のうち、各施設に対して最も水位が高くなる入力津波の時刻歴波形を示している。

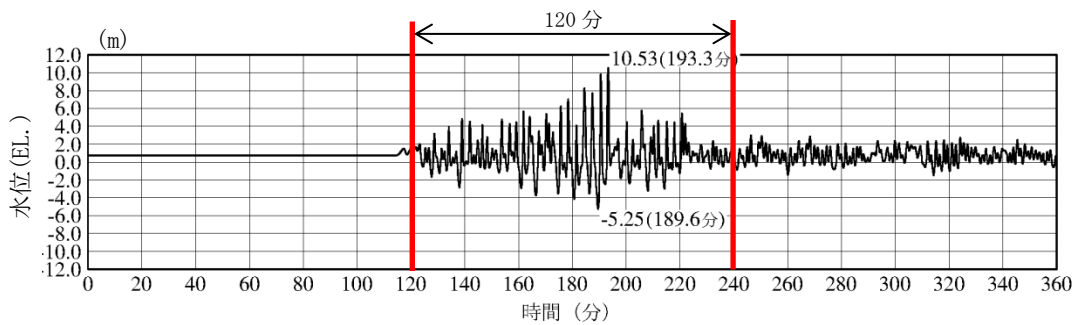
図1のとおり、入力津波が最大水位となるのは短時間であることから、津波による最大荷重継続時間も短時間となる。ただし、最大ではないものの比較的高い水位が発生していることから、高い水位が発生する範囲を余裕を持って包含する時間として、津波の最大荷重継続時間を120分と設定している。



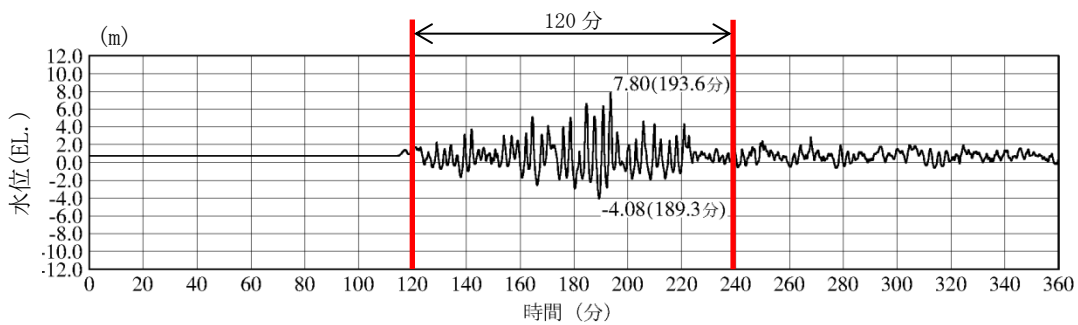
※最大水位上昇量 11.13m+朔望平均満潮位 0.58m+潮位のばらつき 0.14m≒EL. +11.9m  
 施設護岸又は防波壁 (入力津波 1, 防波堤無し)



1号炉取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

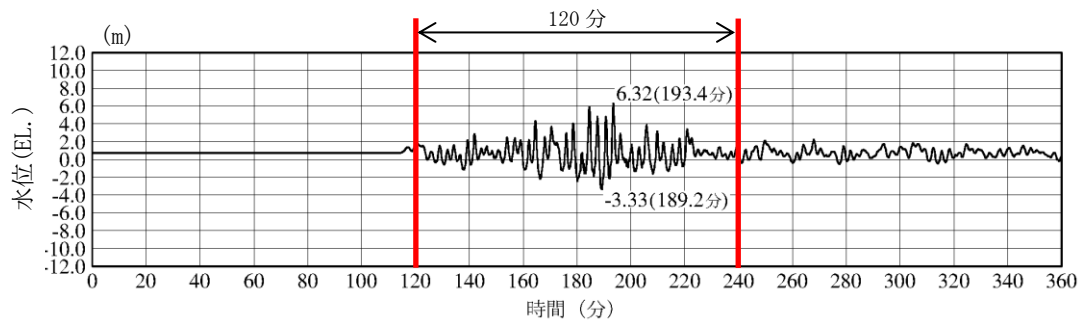


2号炉取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

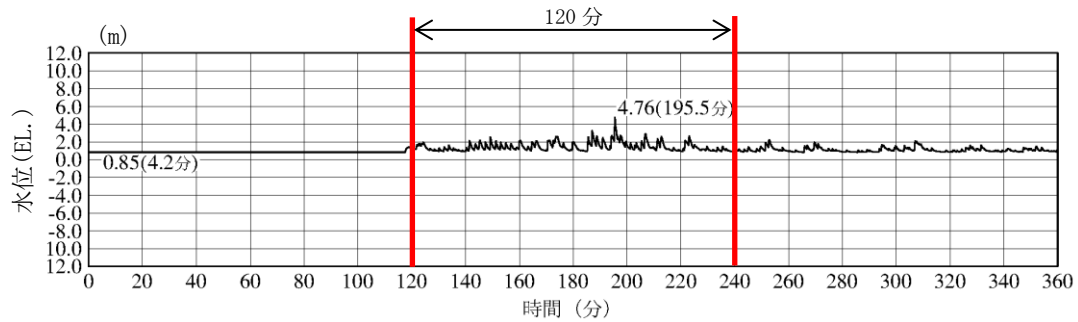


3号炉取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

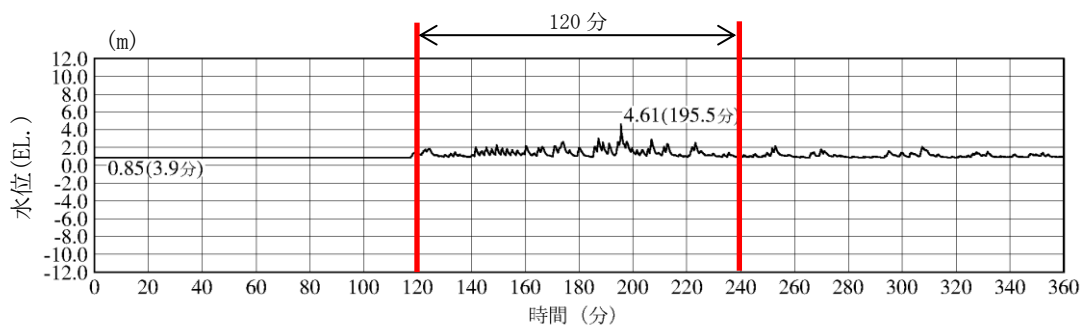
図1 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (1 / 4)



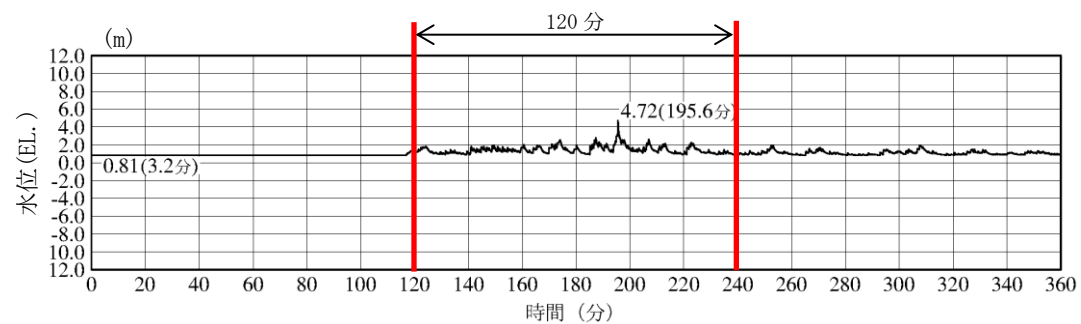
3号炉取水路点検口 (入力津波 1, 防波堤無し)



1号炉放水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

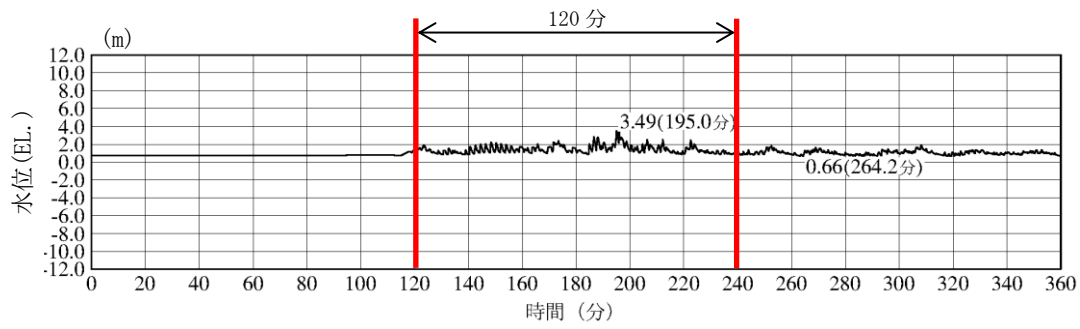


1号炉冷却水排水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

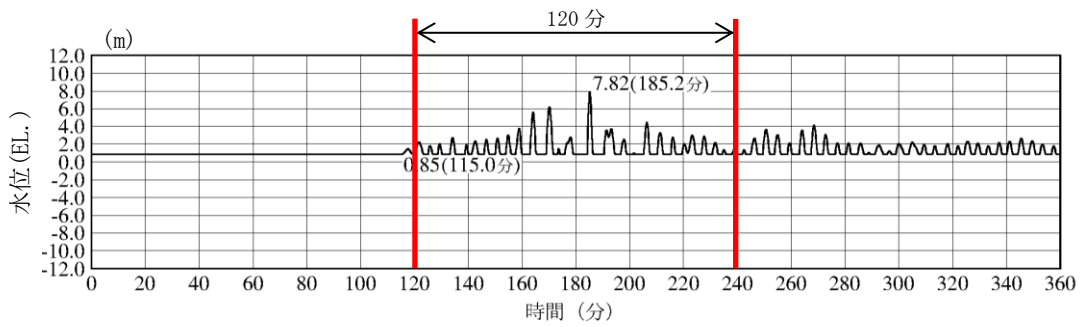


1号炉マンホール (入力津波 1, 防波堤有り)

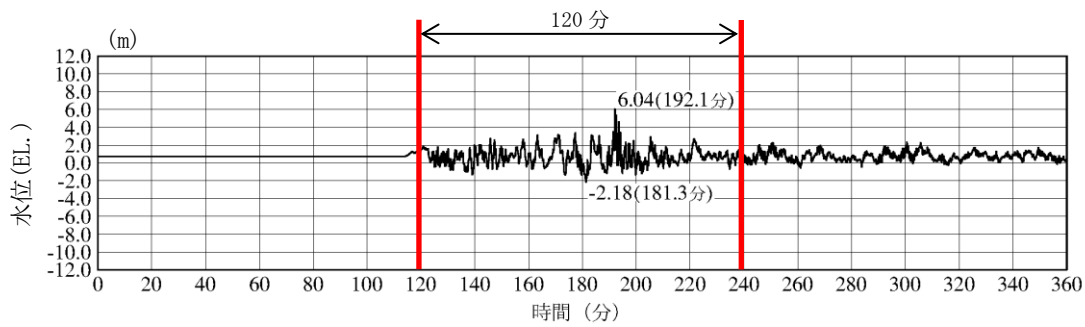
図1 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (2 / 4)



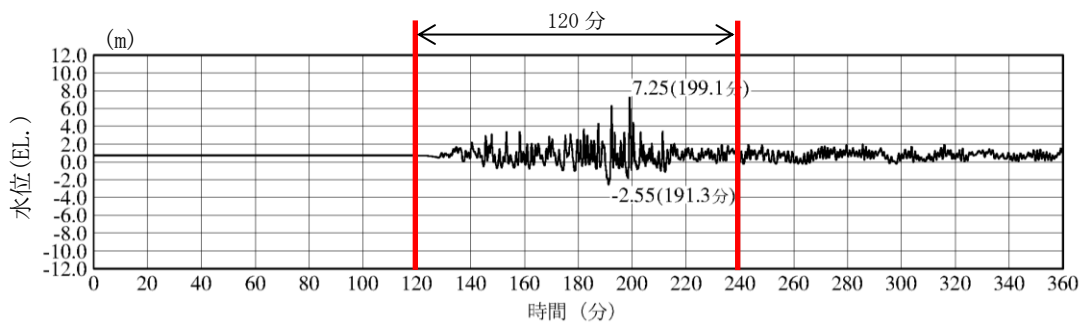
1号炉放水接合槽 (入力津波 1, 防波堤有り)



2号炉放水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

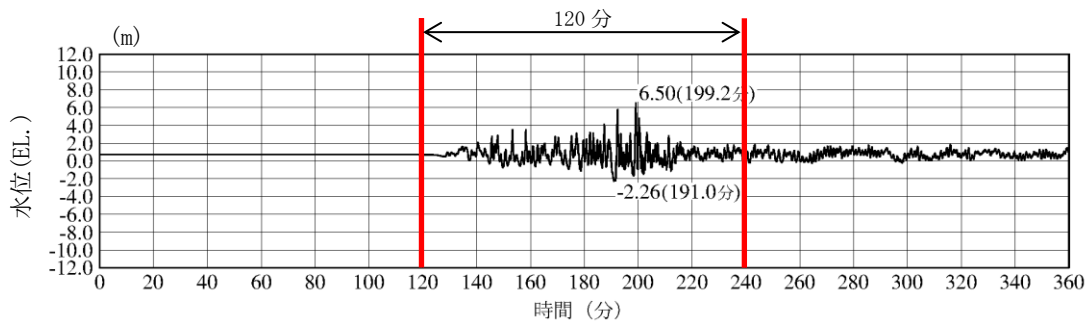


2号炉放水接合槽 (入力津波 1, 防波堤無し)



3号炉放水槽 (入力津波 5, 防波堤無し)

図1 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (3 / 4)



3号炉放水接合槽 (入力津波5, 防波堤無し)

図1 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部) (4 / 4)



## 水密扉の運用管理について

## 1. 概要

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。

- 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。
- 警報ブザーを扉設置場所に設置する。
- 中央制御室に警報ブザーを設置する。

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。

- 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。
- 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。

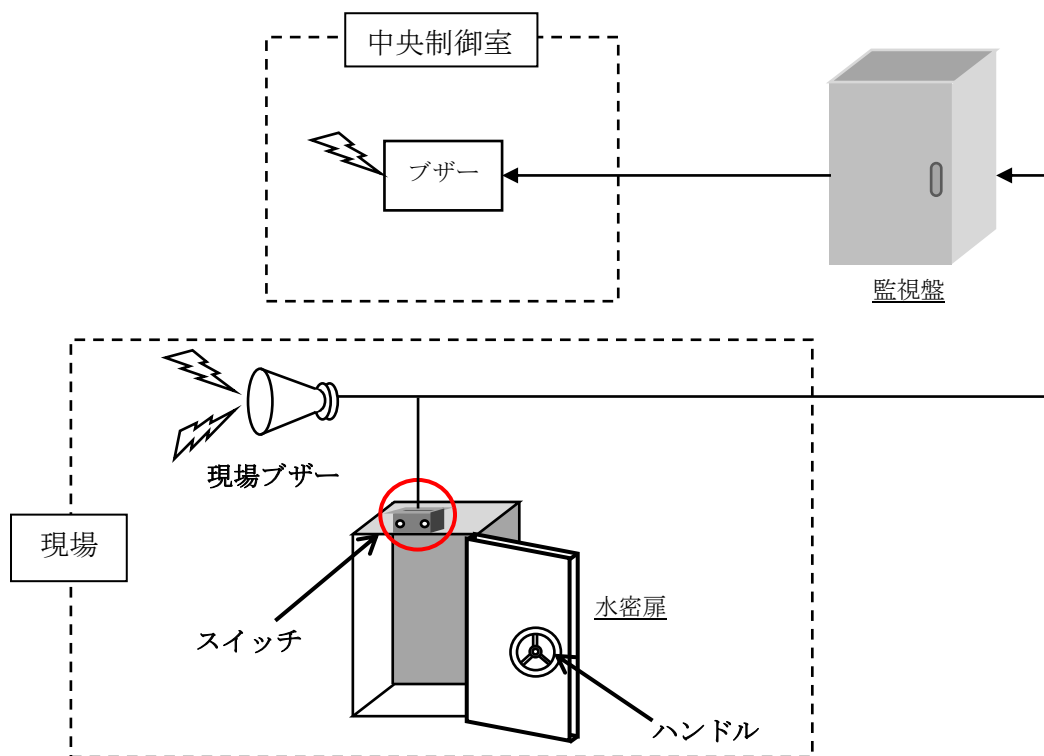


図1 監視設備の概略

## 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，取水槽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」に示す。