

【参考文献】

- 1) 原子力規制委員会 (2021) : 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド, 原子力規制委員会, 平成25年6月.
- 2) 土木学会(2016) : 原子力発電所の津波評価技術 2016, 公益社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会
- 3) 原子力安全基盤機構(2014) : 確率論的手法に基づく基準津波算定手引き, p. 84, 独立行政法人原子力安全基盤機構
- 4) 国土交通省ほか(2012) : 津波浸水想定の設定の手引き, p. 31, 国土交通省水管理・国土保全局海岸室ほか
- 5) 羽鳥徳太郎 (1994) : 1993 北海道南西沖地震津波の規模および波源域, 地震第2輯, 第47巻, pp. 1-7.
- 6) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫 (1998) : GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 356-360.
- 7) Mansinha, L. and Smylie, D. E. (1971) : The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440.
- 8) Ishihara and Yoshimine (1992) : Evaluation Of Settlements In Sand Deposits Following Liquefaction During Earthquakes , Soils and Foundations Vol. 32.
- 9) 海野寿康・風間基樹・渦岡良介・仙頭紀明 (2006) : 同一繰返しせん断履歴における乾燥砂と飽和砂の体積収縮量の関係, 土木学会論文集C, Vol. 62.
- 10) 土木学会 (2018) : 水理公式集 (2018年版) , P605
- 11) 防災科学研究所 (2010) : 地すべり地形分布図 第45集「岩内」, 国立開発法人防災科学技術研究所
- 12) 国土交通省 (2012) : 津波防災地域づくりに係る技術検討報告書, 津波防災地域づくりに係る技術検討会, 平成24年1月27日.
- 13) 宅地防災研究会 : 第三次改訂版宅地防災マニュアルの解説, 令和4年2月25日.
- 14) 公益社団法人日本港湾協会 : 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 平成19年.
- 15) FLIP 研究会 : FLIP 研究会 14年間の検討結果のまとめ(事例編).
- 16) 沿岸開発技術研究センター : 埋立地の液状化対策ハンドブック(改訂版), 平成9年.
- 17) コンクリート標準示方書 [ダムコンクリート編] , 公益社団法人土木学会, 2023
- 18) 表層舗設直後のアスファルト混合物層間のせん断強度, 坪川・河村・伊豆, 土木学会第74回年次学術講演会, 2019
- 19) 「河川砂防技術基準 設計編」国土交通省

(w e b)

2 0) 地理院地図 GIS Maps : <https://maps.gsi.go.jp/>

2 1) ガスパイプライン安全基準検討会報告, 経済産業省:

[https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/shingikai/
700/3/700_3_index.html](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/shingikai/700/3/700_3_index.html)

2 2) 防災科学技術研究所 地震ハザードステーション:<https://www.j-shis.bosai.go.jp/>

港湾内の局所的な海面の励起について

泊発電所における水位上昇側の基準津波を表 1 に示す。

表 1 泊発電所における水位上昇側の基準津波

波源	防波堤の損傷状態	各評価地点における最大水位上昇量					
		防潮堤前面 (上昇側)	3号炉 取水口 (上昇側)	1,2号炉 取水口 (上昇側)	放水口 (上昇側)	茶津入構 トンネル (上昇側)	アクセ スル ート トンネル (上昇側)
A	防波堤損傷なし	13.44m	—	—	—	—	—
B	防波堤損傷なし	—	10.45m	—	—	—	—
	北防波堤損傷	—	12.89m	—	—	—	—
C	防波堤損傷なし	—	—	9.34m	—	—	—
D	防波堤損傷なし	—	—	—	10.91m	—	—
	北及び南防波堤損傷	—	—	—	10.84m	—	—
	南防波堤損傷	—	—	—	10.85m	—	—
	北防波堤損傷	—	—	—	10.66m	—	—
E	北及び南防波堤損傷	15.65m	—	12.74m	—	—	—
	南防波堤損傷	14.98m	11.86m	—	—	—	—
F	北及び南防波堤損傷	—	13.14m	—	—	—	—
	北防波堤損傷	15.68m	—	—	—	—	—
G	南防波堤損傷	—	—	12.01m	—	—	—
H	北防波堤損傷	—	—	11.50m	—	—	—

追而

(茶津入構トンネル及びアクセスルートトンネルに係る波源の取り扱いを検討中)

港湾内の局所的な海面の励起について、港湾の地形的な影響を考慮し、防波堤の損傷状態（防波堤損傷なし地形、北及び南防波堤損傷地形）及び港湾内の評価地点（防潮堤前面、3号炉取水口、1,2号炉取水口）の組合せで水位が最大となる基準津波を評価対象とする。防波堤損傷なし地形において水位が最大となる基準津波は、防潮堤前面を評価地点とする波源Aによるものであるが、波源Aによる最高水位は港湾外で発生しており、港湾内の海面励起の影響を適切に評価できない可能性があるため、3号炉取水口の水位が最大となる波源Bについても評価対象とする。また、北及び南防波堤損傷地形における水位が最大となる基準津波は、防潮堤前面を評価地点とする波源

Eによるものである。よって、基準津波のうち、波源A（防波堤損傷なし）、波源B（防波堤損傷なし）、波源E（北及び南防波堤損傷）を評価対象とし、これら基準津波による発電所周辺における最大水位上昇量分布を図1に、時刻歴波形の評価地点を図2に示す。

また、津波の伝播経路を考慮し、①港口部と②港内中央、②港内中央と③1, 2号炉取水口、②港内中央と④港内北側及び②港内中央と⑤3号炉取水口における基準津波の水位をそれぞれ重ね合わせた水位時刻歴波形を図3に示す。

図1より、港湾の内外ともに水深が浅くなる沿岸部及び隅角部において、その付近での最大水位上昇量分布を示す傾向にあり、港湾の内外で最大水位上昇量分布の傾向に大きな差異はない。文献1)より求めた港湾の固有周期は3分程度であった。一方、図3の時刻歴波形から読み取れる港内中央での基準津波の周期は、地震発生後15分～40分頃に発生する周期の長い津波の中に、最大水位が生じる短周期の津波が含まれており、波源A（防波堤損傷なし）では25分及び12分程度、波源B（防波堤損傷なし）では26分及び8分程度、波源E（北及び南防波堤損傷）では26分及び6分程度であった。このため、基準津波の周期が港湾の固有周期と異なることから、港湾内の海面の固有振動による励起の発生の可能性は低いと考えられるものの、海面励起の影響も含め確認を行った。

図3（1）より、波源A（防波堤損傷なし）では①港口部→②港内中央の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で最大0.4m程度（②港内中央：7.56m－①港口部：7.17m）、大きくなる傾向が確認できる。

②港内中央→③1, 2号炉取水口の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で最大0.3m程度（③1, 2号取水口：7.83m－②港内中央：7.56m）、大きくなる傾向が確認できる。

②港内中央→④港内北側の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で最大0.8m程度（④港内北側：8.38m－②港内中央：7.56m）、大きくなる傾向が確認できる。

②港内中央→⑤3号炉取水口の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で僅かに（⑤3号炉取水口：7.54m－②港内中央：7.56m）減少している。

図3（2）より、波源B（防波堤損傷なし）では①港口部→②港内中央の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で僅かに（②港内中央：8.44m－①港口部：8.47m）減少している。

②港内中央→③1, 2号炉取水口の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で最大0.6m程度（③1, 2号取水口：9.00m－②港内中央：8.44m）、大きくなる傾向が確認できる。

②港内中央→④港内北側の波形については、上昇側のピーク値が伝播先で

最大 0.7m 程度（④港内北側：9.15m－②港内中央：8.44m），大きくなる傾向が確認できる。

②港内中央→⑤3号炉取水口の波形については，上昇側のピーク値が伝播先で最大 2.0m 程度（⑤3号炉取水口：10.45m－②港内中央：8.44m），大きくなる傾向が確認できる。

図3（3）より，波源E（北及び南防波堤損傷）では①港口部→②港内中央の波形については，上昇側のピーク値が伝播先で最大 1.8m 程度（②港内中央：10.02m－①港口部：8.21m），大きくなる傾向が確認できる。

②港内中央→③1，2号炉取水口の波形については，上昇側のピーク値が伝播先で最大 2.7m 程度（③1，2号取水口：12.72m－②港内中央：10.02m），大きくなる傾向が確認できる。

②港内中央→④港内北側の波形については，上昇側のピーク値が伝播先で最大 1.4m 程度（④港内北側：11.39m－②港内中央：10.02m），大きくなる傾向が確認できる。

②港内中央→⑤3号炉取水口の波形については，上昇側のピーク値が伝播先で最大 3.0m 程度（⑤3号炉取水口：13.04m－②港内中央：10.02m），大きくなる傾向が確認できる。

いずれも津波の伝播先における最大水位上昇量のピーク値が大きくなる傾向にあるものの，海面の固有振動による励起に伴う顕著な水位上昇は認められず，各評価地点により周期特性や時間経過に伴う減衰傾向に大きな差はない。

以上のことから，港湾内では水深が浅くなることや隅角部護岸での反射等により，水位が増大する箇所はあるものの，津波による港湾内の局所的な海面の固有振動による励起は生じていない。

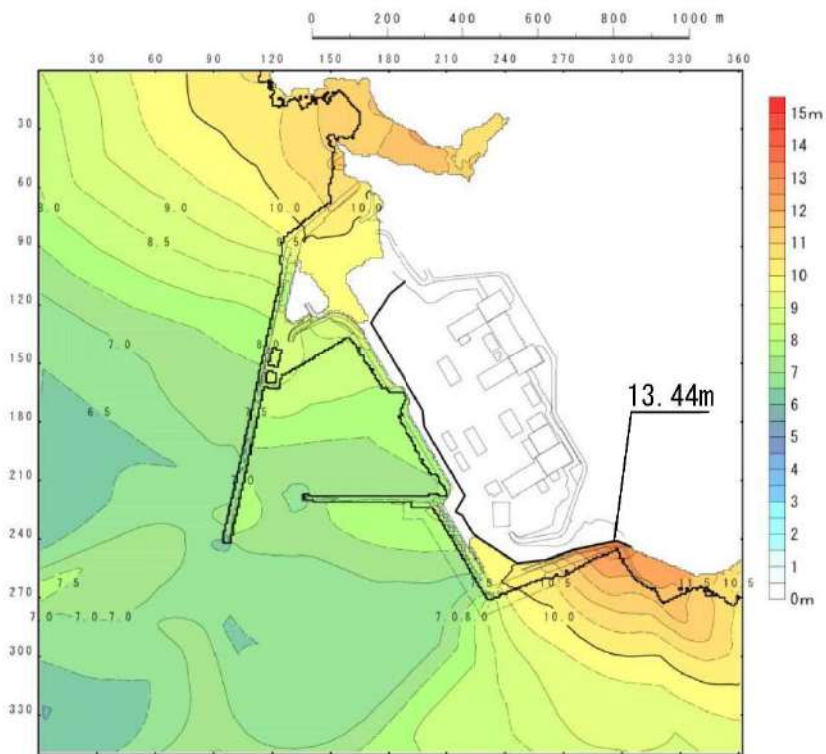


図 1 (1) 最大水位上昇量分布 (基準津波 (波源 A, 防波堤損傷なし))

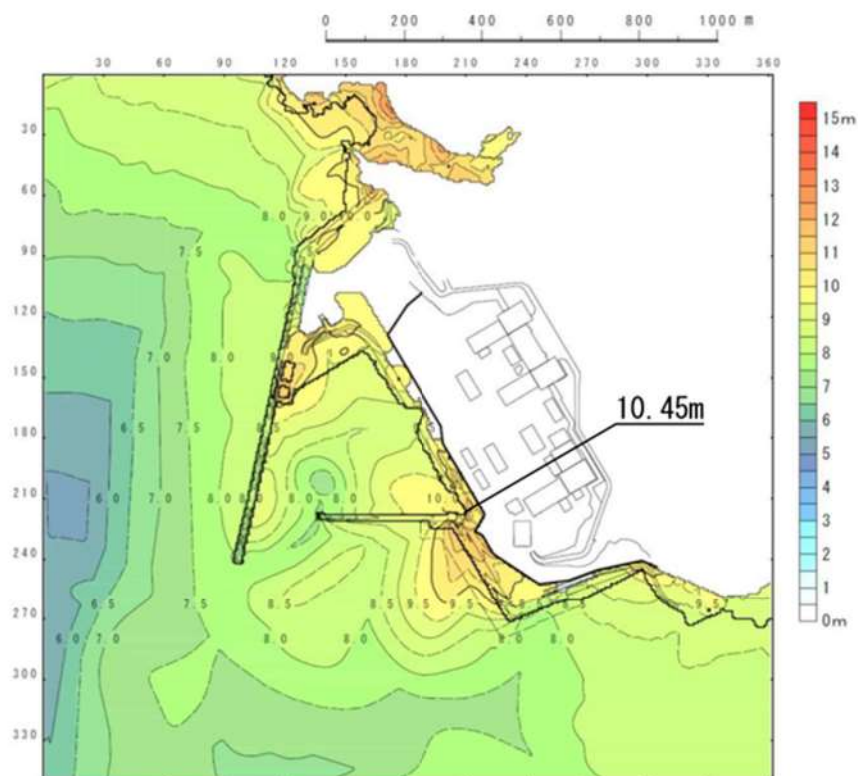


図 1 (2) 最大水位上昇量分布 (基準津波 (波源 B, 防波堤損傷なし))

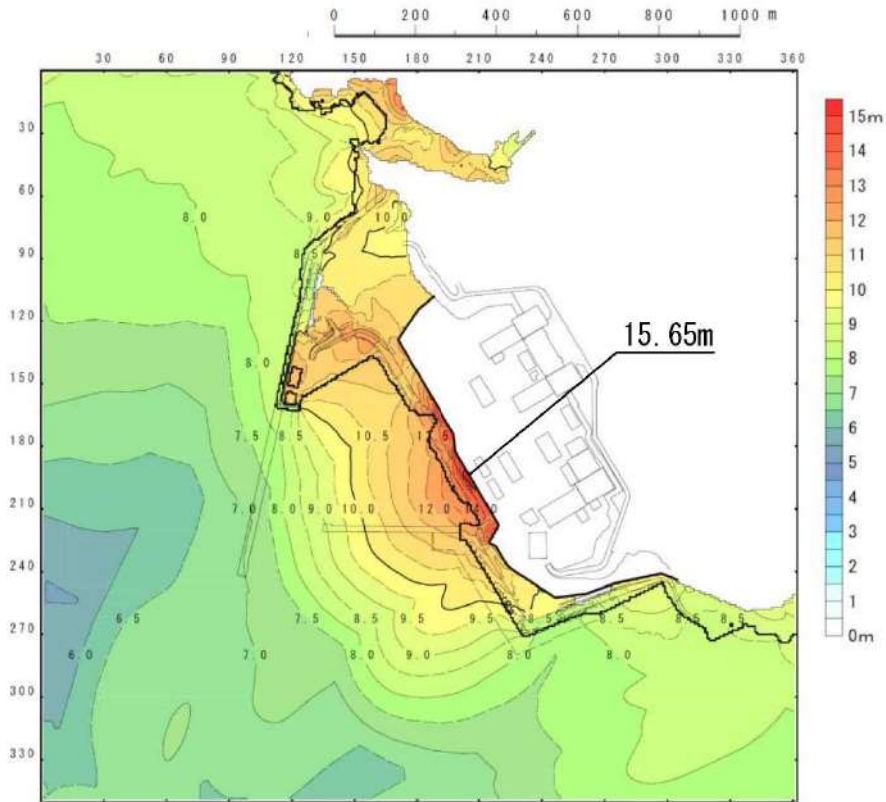


图 1 (3) 最大水位上昇量分布 (基準津波 (波源 E, 北及び南防波堤損傷))

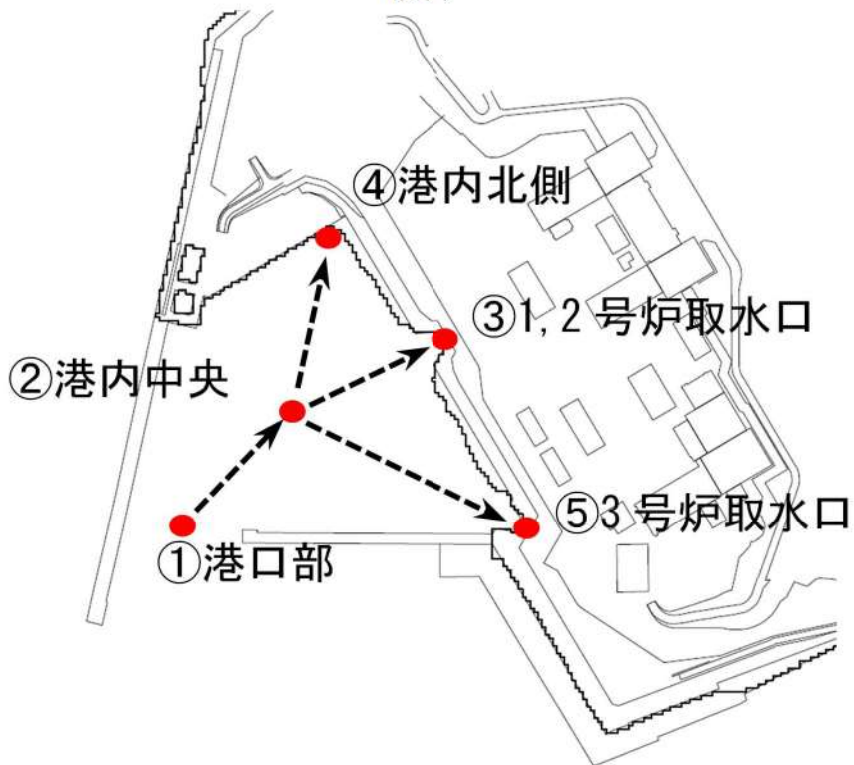


图 2 評価地点

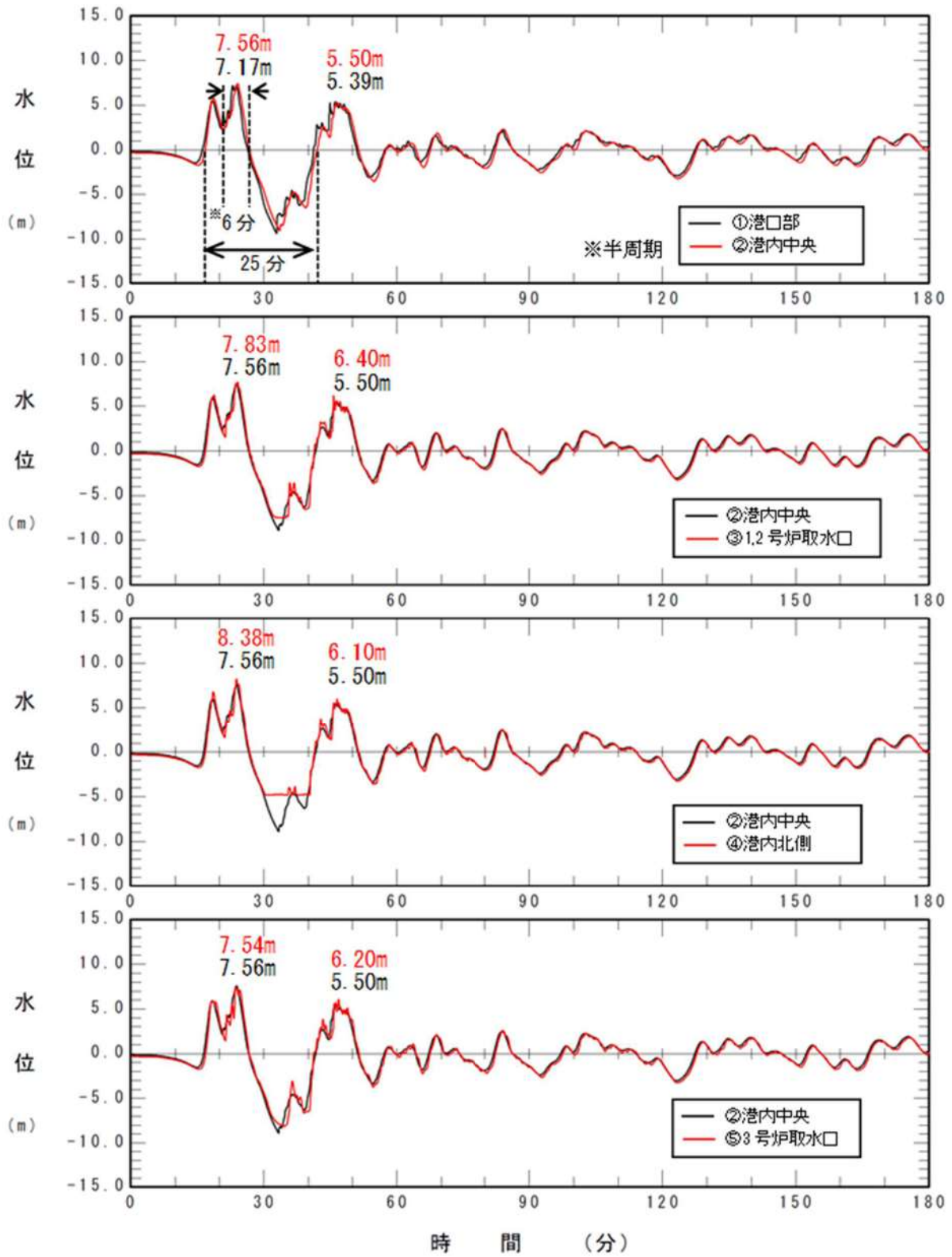


図3 (1) 基準津波 (波源A, 防波堤損傷なし) の水位の時刻歴波形

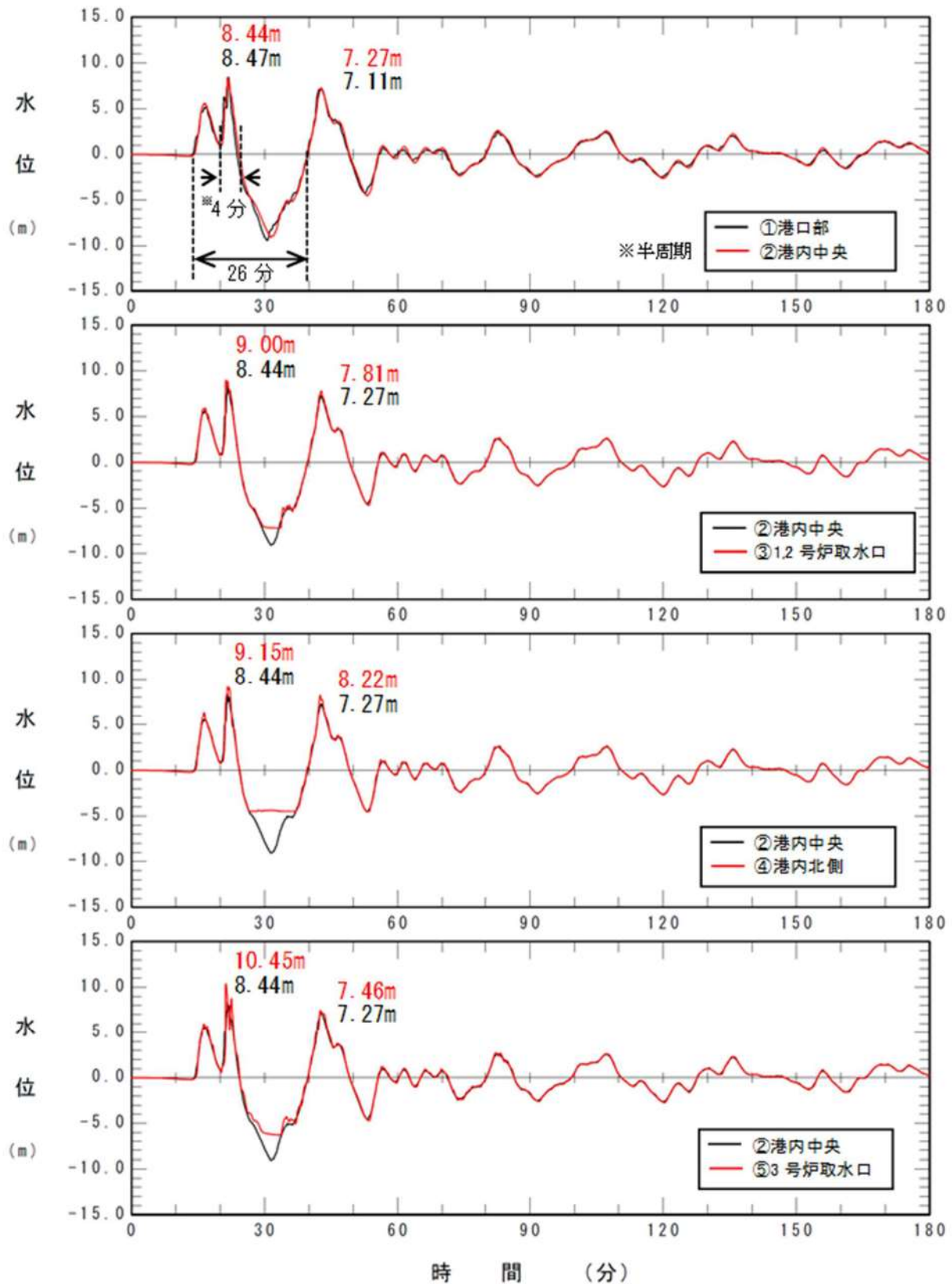


図3 (2) 基準津波 (波源 B, 防波堤損傷なし) の水位の時刻歴波形

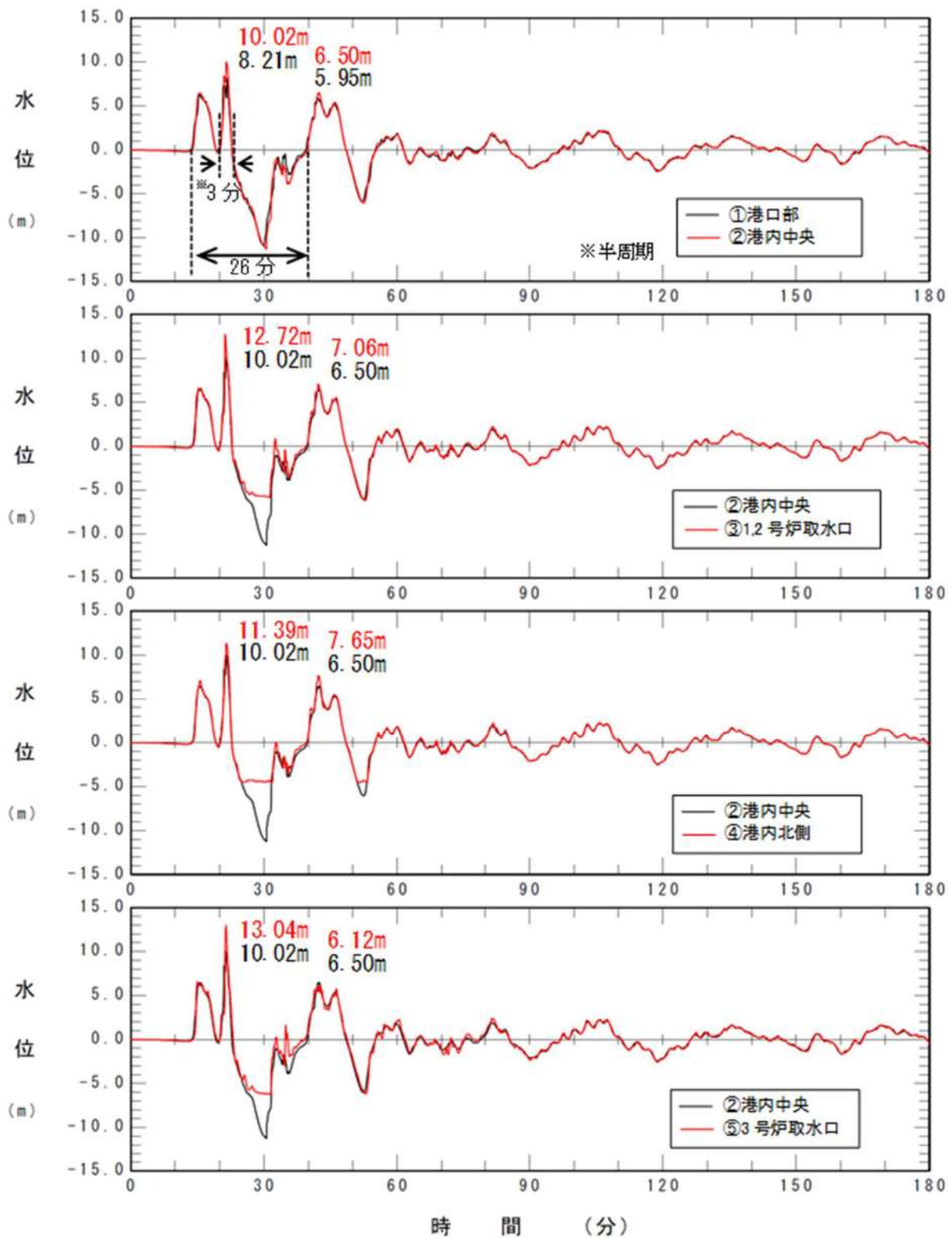


図3 (3) 基準津波（波源E，北及び南防波堤損傷）の水位の時刻歴波形

【参考文献】

- 1) 服部 昌太郎 (1987) : 海岸工学, pp. 80-82

管路解析の詳細について

1. はじめに

外海から取水路及び放水路を経て各評価地点までの水路の水理特性を考慮した管路解析を以下の基準津波を入力波形として計算を実施した。

3号炉取水路（上昇側）	: 波源B, 波源E, 波源F
1, 2号取水路（上昇側）	: 波源C, 波源E, 波源G, 波源H
放水路（上昇側）	: 波源D
3号炉取水路（下降側）	: 波源I, 波源J, 波源K, 波源L

追而

2. 管路解析に基づく評価

管路解析を行う上での不確かさの考慮として、表1に示す各項目についてパラメータスタディを実施し、入力津波の選定及び津波水位への影響を確認した。

管路解析の計算条件を表2に、貝付着を考慮する範囲を図1に示す。取水路及び放水路の構造図を図2-1～図2-10に示す。また、基礎方程式等の数値計算手法は、土木学会(2016)に基づき次頁以降に示すとおりとする。

取水経路・放水経路は開水路区間と管路区間が混在するため、微小区間に分割した水路の各部分が、開水路状態か管路状態かを逐次判定し、管路区間はその上下流端の開水路区間の水位（自由水面の水位）を境界条件として流量計算を行い、開水路区間は、開水路の一次元不定流の式により流量・水位を計算する。また、水槽及び立坑部は、水面面積を鉛直方向に積算した水位－容積関係を用いて、水槽及び立坑部に接続する水路の流量合計値から水位を算定する。なお、解析には先行審査で実績のある解析コード「SURGE」を使用した。

解析モデルについて、管路は管路延長・管路勾配・管径を考慮したモデル化とし、各管路モデルで摩擦による損失を考慮する。摩擦損失以外の損失は次頁以降の解析モデルに示す各節点において考慮する。また、水槽及び立坑部は、水槽及び立坑部の面積を鉛直方向の分布に応じて考慮し、次頁以降の解析モデル図に示す池としてモデル化を行うこととする。

管路解析モデルを図3-1～図3-4、モデル設定の考え方を表3-1～表3-4に示す。

管路解析は、取水口・放水口における水位の時刻歴波形を入力条件として実施する。

なお、放水施設に関しては放水池周辺の津波水位が放水池天端を上回ることから、放水池周辺から放水池内への流入も考慮する。入力条件とする水位の抽出位置、放

水池断面図を図4及び図5に示す。放水口及び放水池の評価範囲は、放水口及び放水池前面位置として設定し、3号炉取水口及び1, 2号炉取水口の評価範囲は、最大水位下降量を評価できるよう、最大水位下降量よりも水深が深くなる範囲まで評価範囲としている。入力波形については、上記の評価範囲の中で最大の水位変動量となる波形を抽出している。

表4～表7及び図6～図10に管路解析モデルに用いた各損失を示す。また、表8-1～表8-4に各取放水施設の損失水頭表の整理結果、図11-1～図11-4に損失水頭発生位置を示す。

水位上昇側の評価結果を表9-1～表9-2に、水位下降側の評価結果を表10に示す。また、基準津波の各評価地点の最大の時刻歴波形をそれぞれ図12及び図13に示す。

表1 条件設定

	計算条件
1	貝付着の有無
2	スクリーン損失の有無※ ※取水施設のみを対象

表2 管路解析における計算条件

項目	計算条件
計算領域	【取水施設】 1号及び2号炉 取水口～取水路～取水ピット※ ¹ 3号炉 取水口～取水路～取水ピット 【放水施設】 1号及び2号炉 放水口～放水路～放水ピット※ ² 3号炉 放水口～放水路～放水ピット
計算時間間隔	0.005 秒
取水ピット側境界条件 (ポンプ取水量)	1号及び2号炉：4.0m ³ /s (水路1連当たり 1.0m ³ /s) ※ ¹ 3号炉：2.0m ³ /s (水路1連当たり 1.0m ³ /s)
放水ピット側境界条件 (ポンプ放流量)	1号及び2号炉：4.0m ³ /s (水路1連当たり 1.0m ³ /s) ※ ² 3号炉：2.0m ³ /s
摩擦損失係数 (マンニングの粗度係数)	【取水施設】 (貝付着なし)：0.014m ^{-1/3} ・s※ ³ (貝付着あり)：0.020m ^{-1/3} ・s※ ³ 【放水施設】 (貝付着なし)：0.014m ^{-1/3} ・s※ ³ (貝付着あり)：0.020m ^{-1/3} ・s※ ³
貝の付着代	点検結果を踏まえ 10cm を考慮
局所損失係数	電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版- 千秋(1967)：発電水力演習 土木学会(1999)：水理公式集(平成 11 年版)による
想定する潮位条件	水位上昇側：期望平均満潮位 T.P.0.26m に潮位のばらつき +0.14m, 泊発電所と 岩内港の潮位差 +0.01m を考慮 水位下降側：期望平均干潮位 T.P. -0.14m に潮位のばらつき -0.19m を考慮
地殻変動条件	水位上昇側：基準地震動に伴う地殻変動による 0.18m の沈降及び津波波源の地震動に伴う地殻変動による 0.21m の沈降の合計である 0.39m の沈降を考慮する。 水位下降側：基準地震動に伴う地殻変動による 0.96m の隆起、津波波源の地震動に伴う地殻変動による 0.07m の隆起及び余効変動による 0.12m の隆起の合計である 1.15m の隆起を考慮する。
計算時間	地震発生後 3 時間まで

※1：1号及び2号炉取水路流路縮小工を計画中であり、計算条件は、必要に応じて見直す。

※2：1号及び2号炉放水路逆流防止設備を計画中であり、計算条件は、必要に応じて見直す。

※3：電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版-に基づき設定。

※基礎方程式

管路解析では、非定常の開水路及び管路流の連続式・運動方程式を用いた。

【開水路】

- ・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

- ・連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

【管路】

- ・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

- ・連続式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

ここに、 t ：時間、 Q ：流量、 v ：流速、 x ：管底に沿った座標、 A ：流水断面積
 H ：圧力水頭+位置水頭（管路の場合）、位置水頭（開水路の場合）
 z ：管底高、 g ：重力加速度、 n ：マンニングの粗度係数、 R ：径深
 Δx ：水路の流れ方向の長さ、 f ：局所損失係数

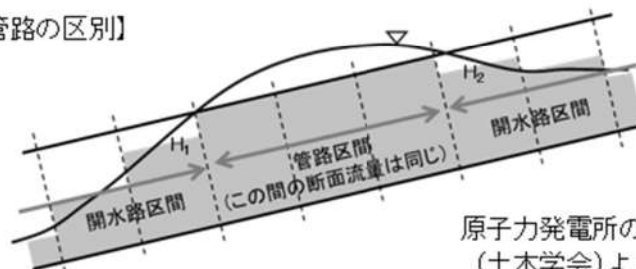
【水槽及び立坑部】

- ・連続式

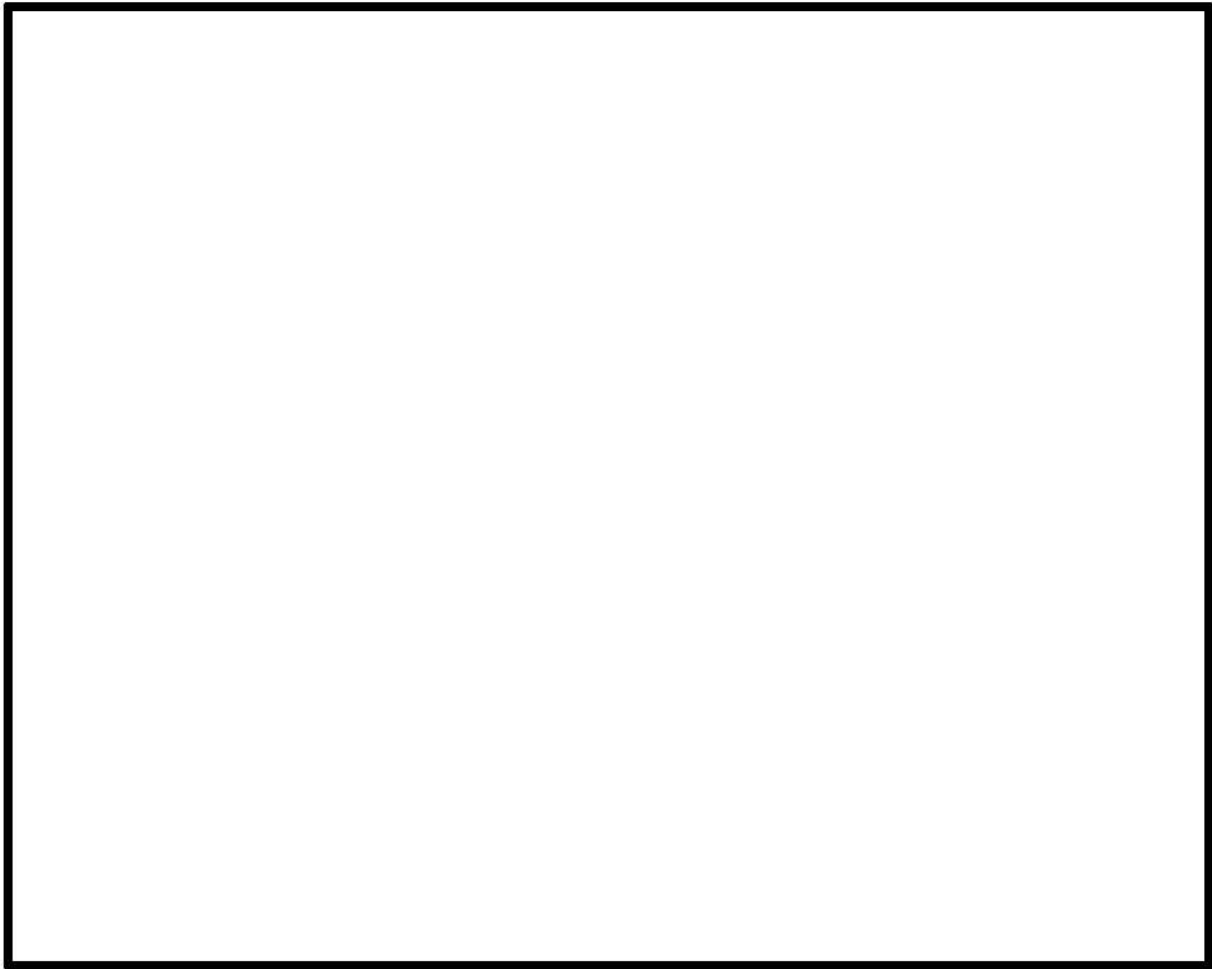
$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

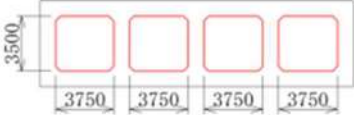
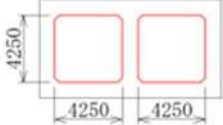


ここに、 A_p ：水槽の平面積（水位の関数となる）、 H_p ：水槽水位
 Q_s ：水槽へ流入する流量の総和、 t ：時間

【開水路・管路の区別】



原子力発電所の津波評価技術 2016
 (土木学会)より引用




1号及び2号炉取水路 A-A断面	
3号炉取水路 B-B断面	
1号及び2号炉放水路 C-C断面	
3号炉放水路 D-D断面	

－ 貝付着考慮範囲

※ 1号及び2号炉取水路流路縮小工，1号及び2号炉放水路逆流防止設備を計画中であり，必要に応じて見直す。

図1 貝付着考慮範囲

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

5条－別添1－添付5－5



図 2 - 1 1号及び2号炉取水施設平面図



図 2 - 2 1号及び2号炉取水施設断面図

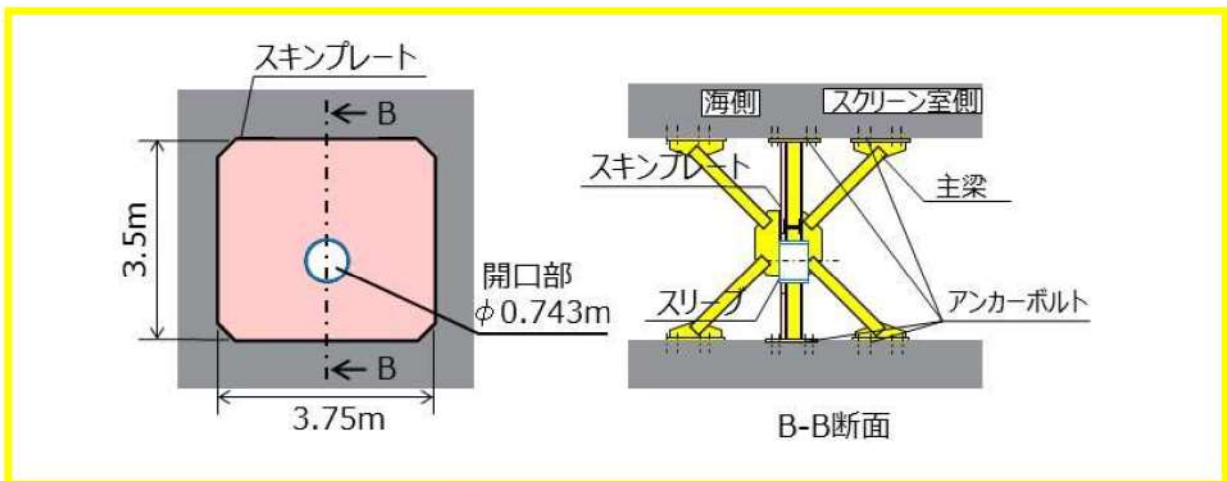


図 2 - 3 1号及び2号炉取水路流路縮小工概念図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



図 2 - 4 3号炉取水施設平面図



図 2 - 5 3号炉取水施設断面図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

5条-別添1-添付5-7

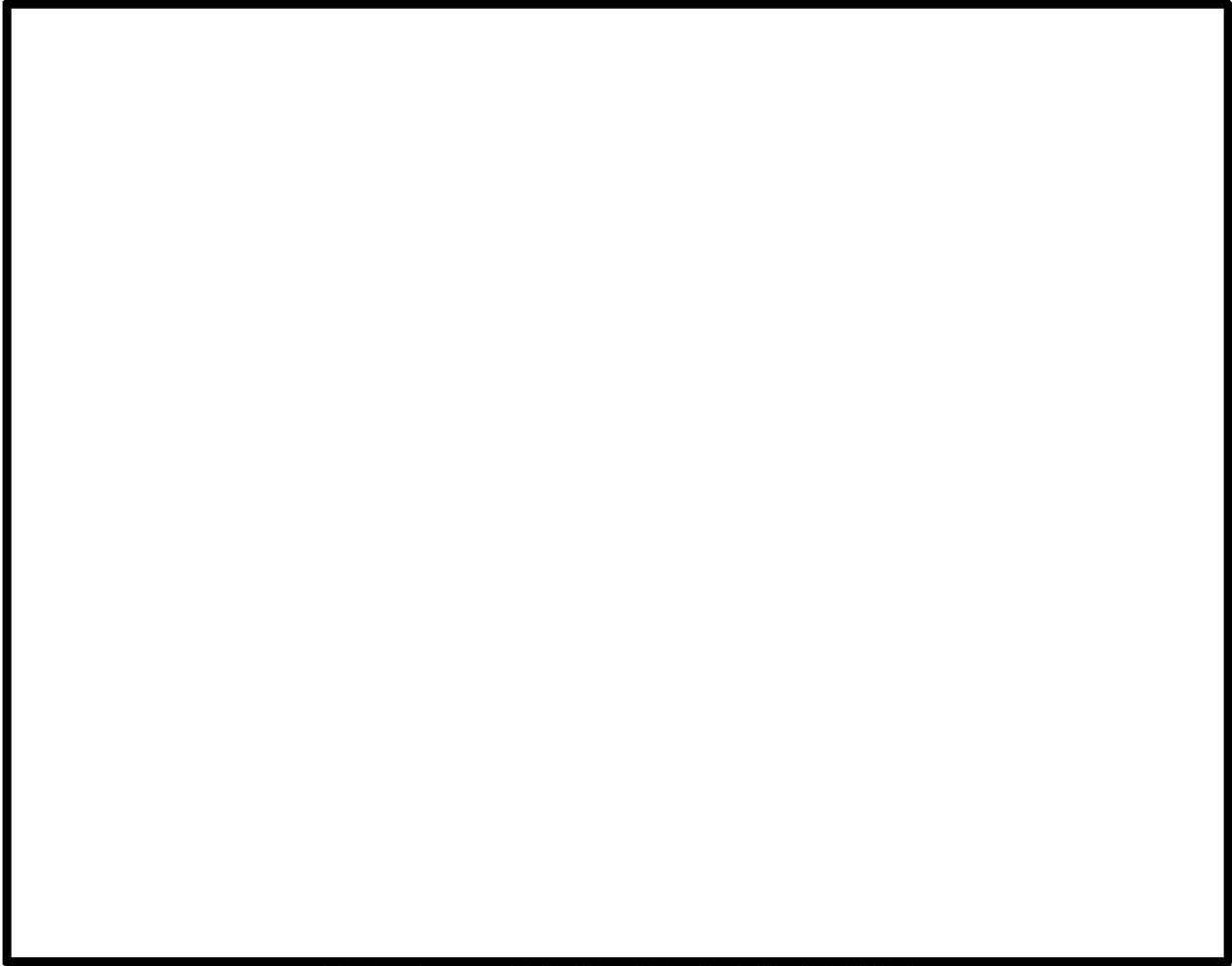


図 2 - 6 1 号及び 2 号炉放水施設平面図



図 2 - 7 1 号及び 2 号炉放水施設断面図

(上図：1 号炉放水施設，中図：2 号炉放水施設，下図：放水口)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

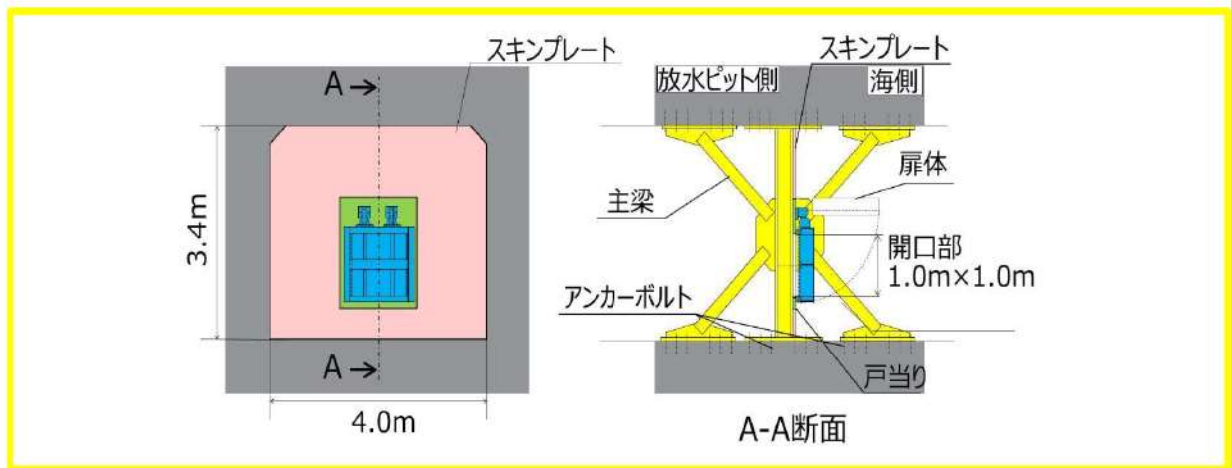


図 2 - 8 1号及び2号炉放水路逆流防止設備概念図

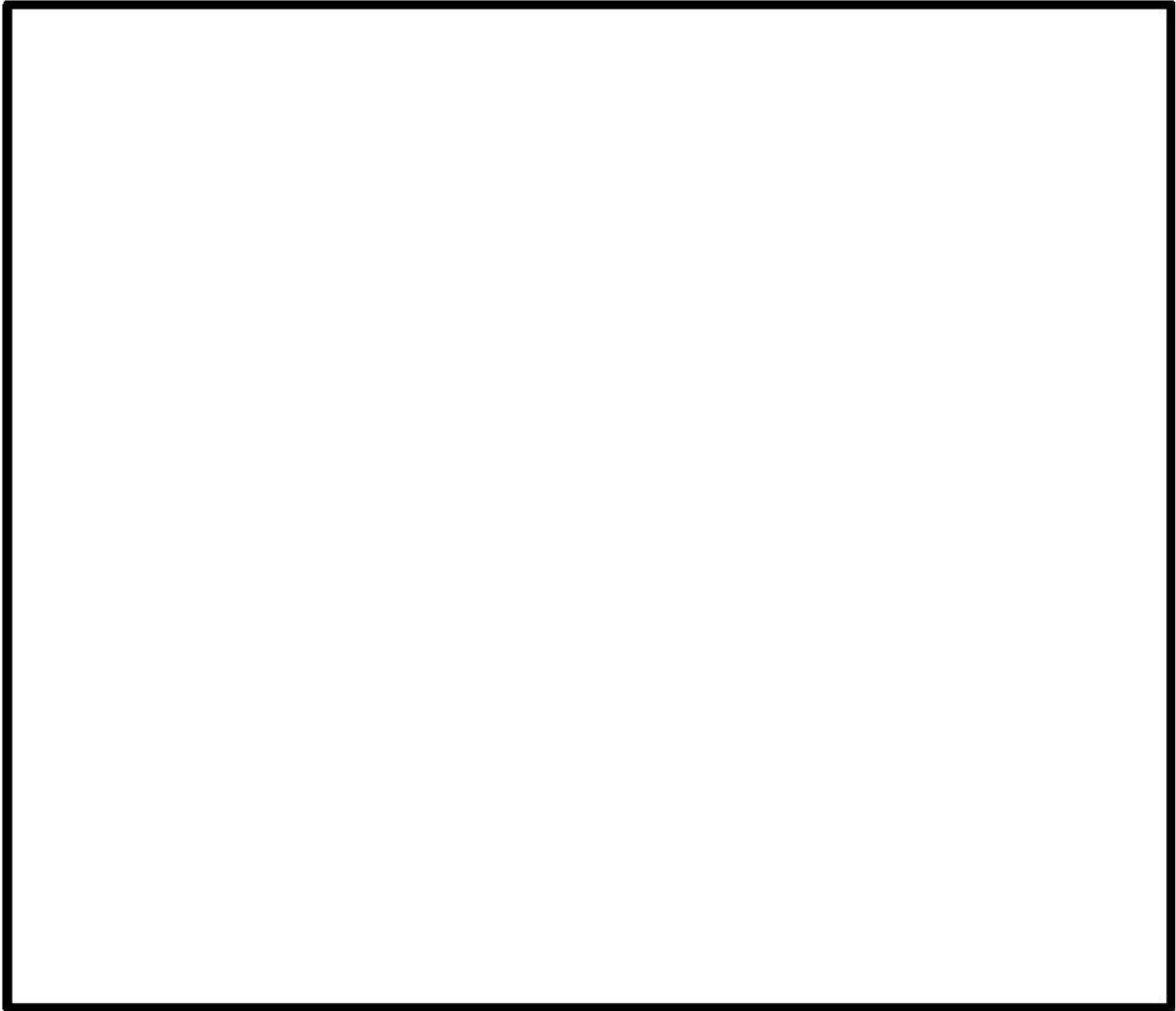



図 2 - 9 3号炉放水施設平面図



図 2 - 10 3号炉放水施設断面図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

5 条 - 別添 1 - 添付 5 - 10

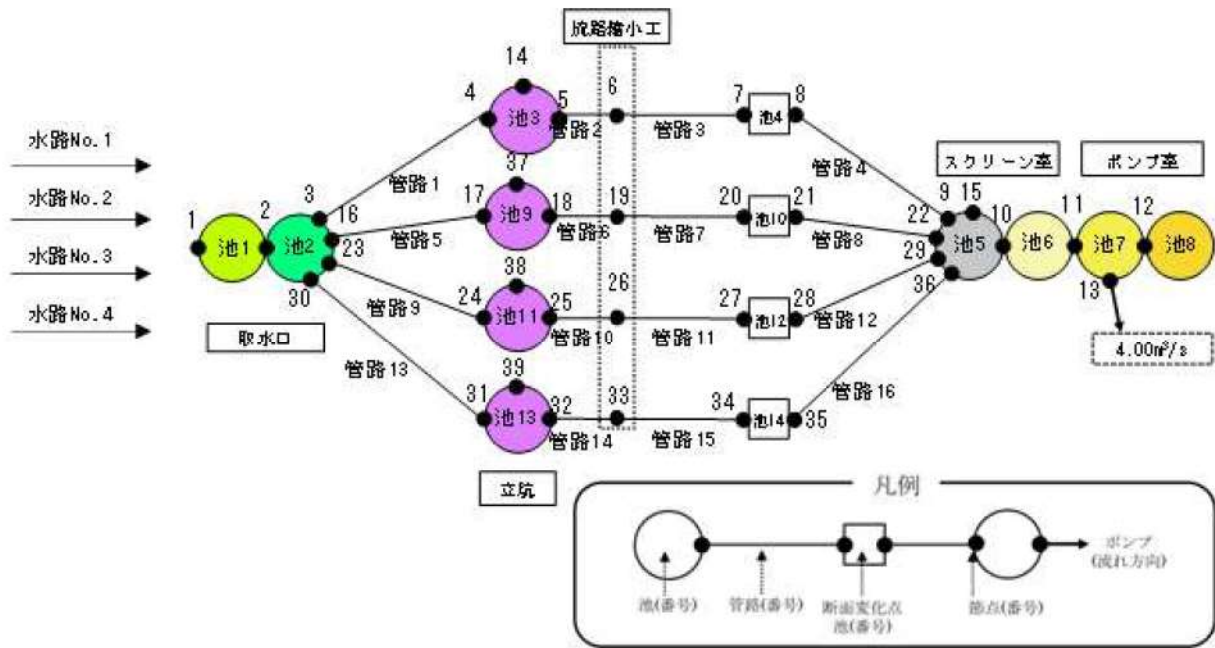


図 3-1 1号及び2号炉取水施設の管路解析モデル図

表 3-1 1号及び2号炉取水施設のモデル設定の考え方

箇所	設定の考え方
取水口	池 1, 2 貯留堰による水位差を再現するため、池 1 と池 2 に分けて設定している。 池 1 は取水口における水位の時刻歴波形を入力条件として与えている。
立坑	池 3, 9, 11, 13 —
断面変化点	池 4, 10, 12, 14 断面変化点として、池を設定している。
流路縮小工	節点 6, 19, 26, 33 流路縮小工の水路形状はモデル化せず、流路縮小工による急縮・急拡および摩擦損失を、流路縮小工設置位置となる節点に断面換算した損失係数として考慮している。
スクリーン室及びポンプ室	池 5, 6, 7, 8 スクリーン室及びポンプ室内の各地点の評価を詳細に行うため、池 5 ～池 8 に分けて設定している。 なお、トラッシュピットは池 5 の中で考慮している。

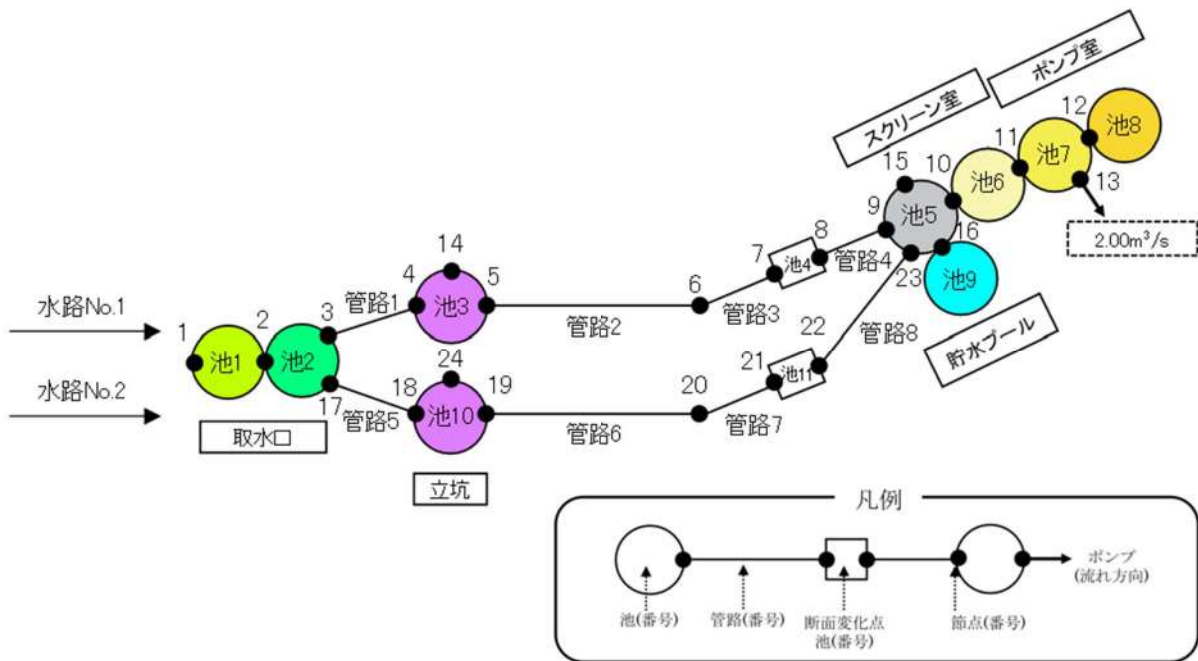


図 3 - 2 3号炉取水施設の管路解析モデル図

表 3 - 2 3号炉取水施設のモデル設定の考え方

箇所		設定の考え方
取水口	池 1, 2	貯留による水位差を再現するため、池 1 と池 2 に分けて設定している。 池 1 は取水口における水位の時刻歴波形を入力条件として与えている。
立坑	池 3, 10	-
断面変化点	池 4, 11	断面変化点として、池を設定している。
スクリーン室 及びポンプ室	池 5, 6, 7, 8	スクリーン室及びポンプ室内の各地点の評価を詳細に行うため、池 5～池 8 に分けて設定している。 なお、トラッシュピットは池 5 の中で考慮している。
貯水プール	池 9	<p><水位上昇時></p> <p>スクリーン室（池 5）の水位が上昇し、I.P.10.3m を超えた直後、貯水プール（池 9）の I.P.10.3m 以深に流入する。その後、貯水プール（池 9）の水位が I.P.10.3m に到達した場合は、スクリーン室（池 5）及び貯水プール（池 9）の水位が I.P.10.3m から同時に上昇する（取水ピットスクリーン室防水壁内）設定としている。</p> <p><水位下降時></p> <p>I.P.10.3m に到達するまでは、スクリーン室（池 5）及び貯水プール（池 9）の水位が同時に下降し、その後、スクリーン室（池 5）のみの水位が I.P.10.3m 以深まで下降する。このとき、以下に示す排水管をモデル化せず、貯水プール（池 9）の水位は I.P.10.3m のまま下降しない設定とすることで、保守的な評価条件としている。</p>
貯水プールから取水ピットスクリーン室へと繋がる排水管	-	排水管仕様・ルートについては検討中であるが、取水ピットスクリーン室（池 5）の鉛直方向の開口面積と比較して、十分に小さい設計とする。 そのため、排水管からの津波の流入の影響は十分に小さく、評価結果に影響しないと考えられるため、排水管はモデル化しない。

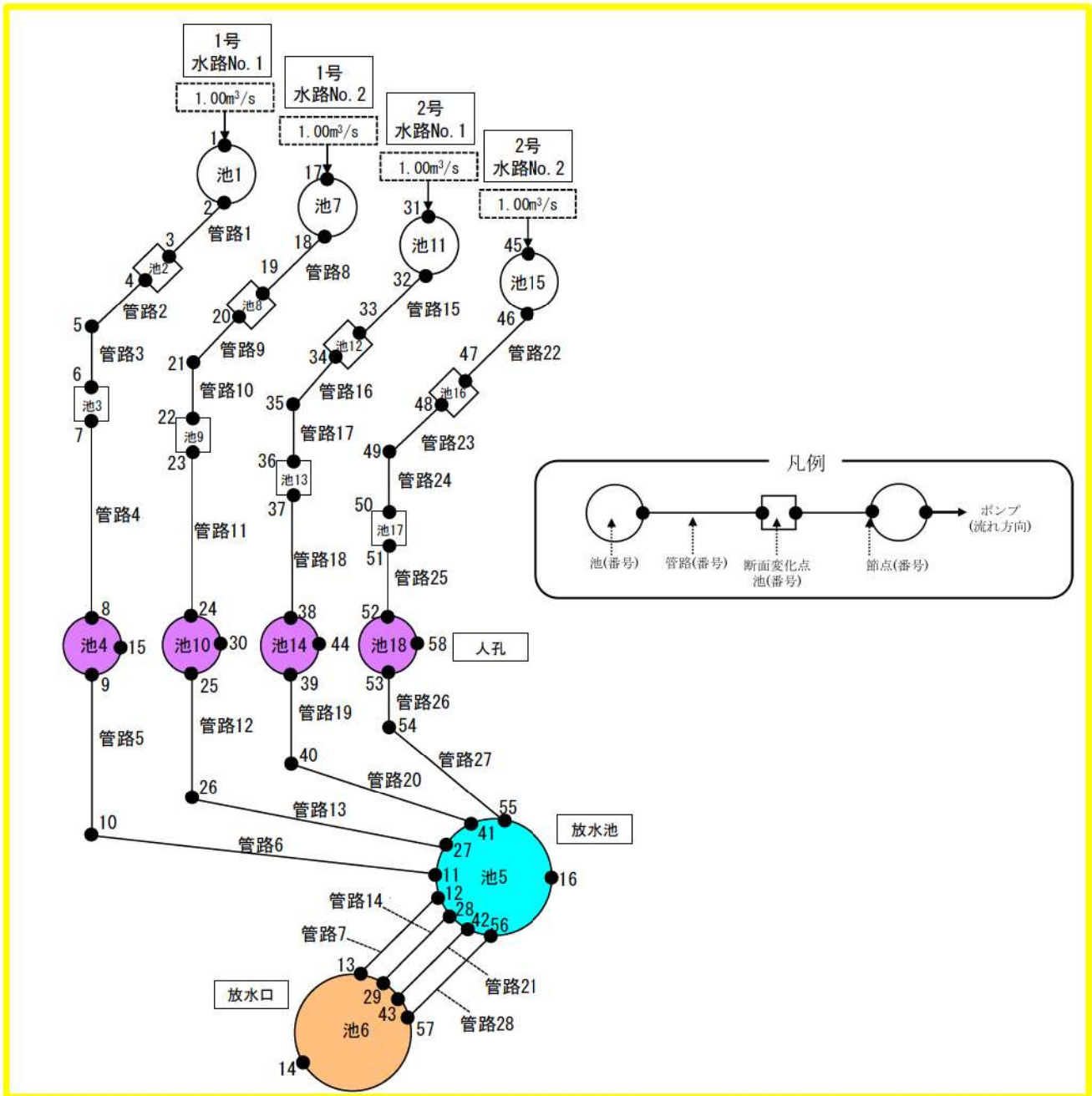


図 3 - 3 1号及び2号炉放水施設の管路解析モデル図

表 3 - 3 1号及び2号炉放水施設のモデル設定の考え方

箇所	設定の考え方
放水口	池 6 放水口における水位の時刻歴波形を入力条件として与える。
放水池	池 5 —
人孔	池 4, 10, 14, 18 —
断面変化点	池 3, 9, 13, 17 池 2, 8, 12, 16 既設防潮堤下部に放水路の補強を実施しており、断面が変化するため、補強部前後に断面変化点として、池を設定している。
逆流防止設備 設置位置	池 1, 7, 11, 15 逆流防止設備設置位置における波圧を算定するため、水頭を確認できるように、池を設定している。

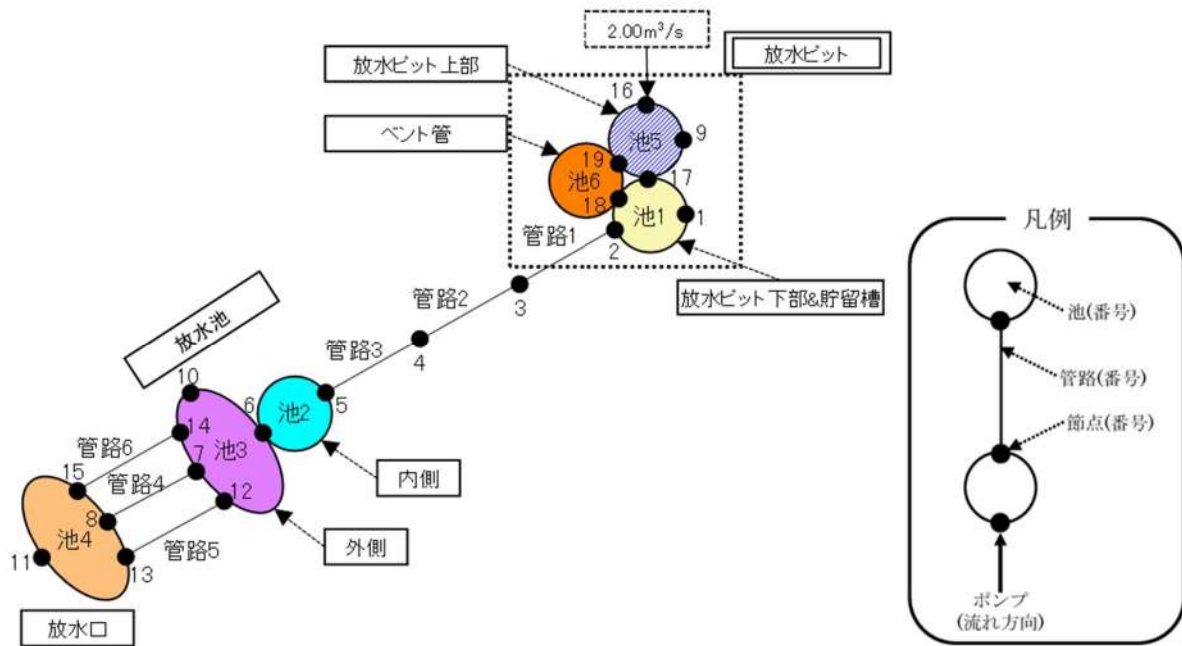
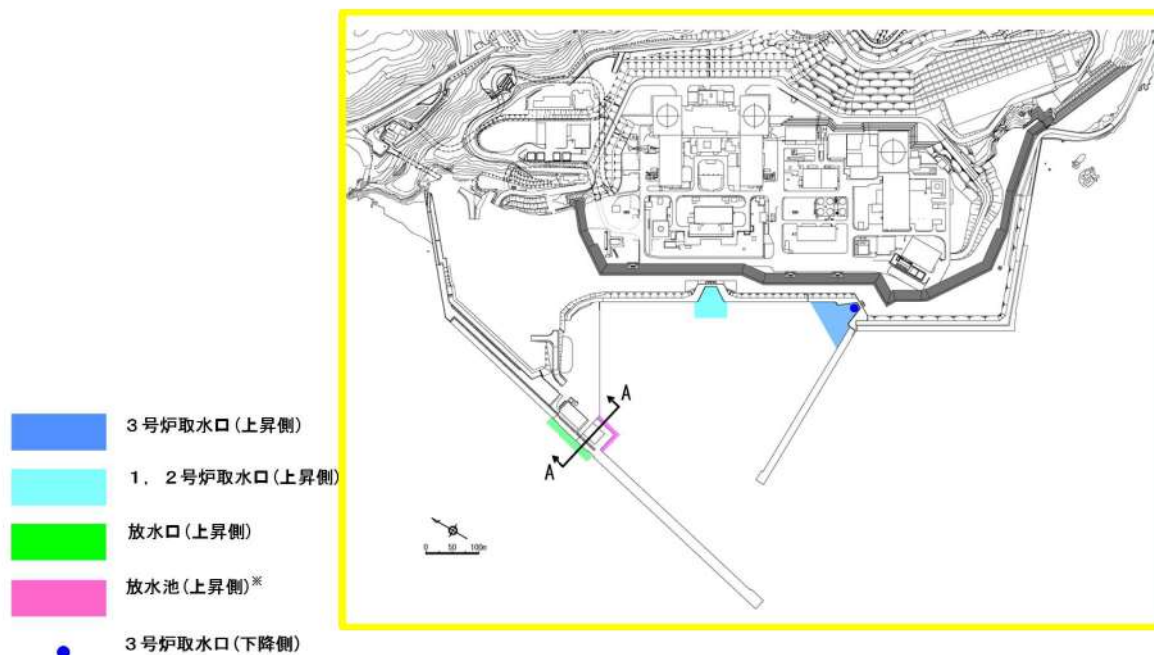


図 3-4 3号炉放水施設の管路解析モデル図

表 3-4 3号炉放水施設のモデル設定の考え方

箇所		設定の考え方
放水口	池 4	放水口における水位の時刻歴波形を入力条件として与える。
放水池	池 2, 3	放水池内側と放水池外側の間にある堰による水位差を再現するため、池 2 と池 3 に分けて設定している。
放水ピット (3号炉放水ピット流路縮小工)	池 1, 5	放水ピット下部～開口部～貯留槽を池 1, 放水ピット上部を池 5 として設定する。
3号炉放水ピット流路縮小工におけるベント管	池 6	ベント管はφ0.4m の2本を想定しているが、解析モデルでは1つの池モデルとして取り扱う。



※港内から放水池への入力波形抽出範囲は、放水池への津波流入方向を考慮し、放水池近傍の海域として設定した。

図4 入力波形の抽出位置

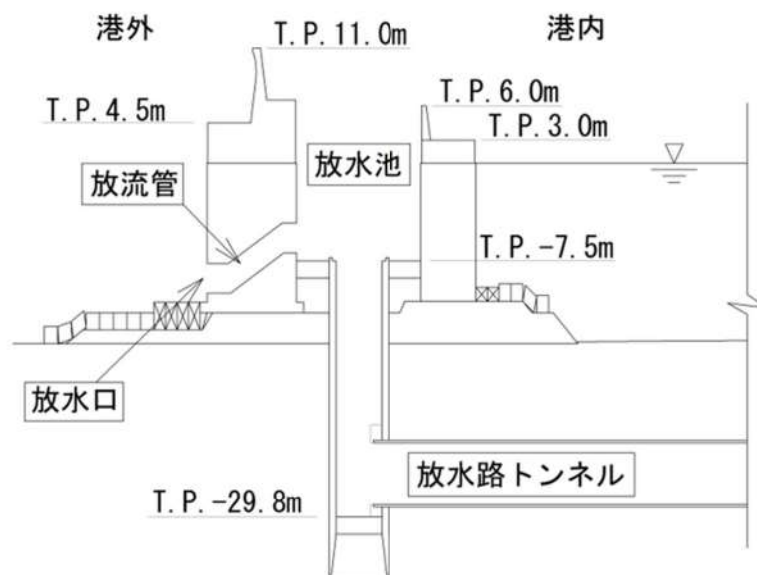


図5 放水池断面図 (A-A 断面)

表 4 損失水頭算定公式

	公式	係数	根拠
流入損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	f_e : 流入損失係数 (管路断面による値) V : 管内流速 (m/s)	土木学会 (1999) p.374-375 【図 6 参照】
流出損失	$h_o = f_o \frac{V^2}{2g}$	f_o : 流出損失係数 = 1.0 V : 管内流速 (m/s)	土木学会 (1999) p.375
摩擦損失	$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	V : 平均流速 (m/s) L : 水路の長さ (m) R : 水路の径深 (m) n : 粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)	電力土木技術協会 (1995) p.788, 806, 829 【表 5 及 び表 6 参照】
急拡損失	$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	f_{se} : 急拡損失係数 V_1 : 急拡前の平均流速 (m/s) A_1 : 急拡前の管断面積 (m ²) A_2 : 急拡後の管断面積 (m ²)	電力土木技術協会 (1995) p.829
急縮損失	$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$	f_{sc} : 急縮損失係数 (管路断面による値) V_2 : 急縮後の平均流速 (m/s)	電力土木技術協会 (1995) p.829-830 【表 7 参照】
漸拡損失	$h_{ge} = f_{ge} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$	f_{ge} : 漸拡損失係数 (管路断面による値) A_1 : 漸拡前の管断面積 (m ²) A_2 : 漸拡後の管断面積 (m ²) V_1 : 漸拡前の平均流速 (m/s)	電力土木技術協会 (1995) p.830 【図 7 参照】
漸縮損失	$h_{gc} = f_{gc} \frac{V_2^2}{2g}$	f_{gc} : 漸縮損失係数 (管路断面による値) V_2 : 漸縮後の平均流速 (m/s)	千秋 (1967) p.83-84 【図 8 参照】
屈折損失	$h_{be} = f_{be} \frac{V^2}{2g}$ $f_{be} = 0.946 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$	f_{be} : 屈折損失係数 V : 管内流速 (m/s) θ : 屈折角 (°)	千秋 (1967) p.88 【図 9 参照】
曲がり損失	$h_b = f_{b1} \cdot f_{b2} \frac{V^2}{2g}$ $f_{b1} = 0.131 + 0.1632 \left(\frac{D}{\rho}\right)^{7/2}$ $f_{b2} = \left(\frac{\theta}{90}\right)^{1/2}$	f_{b1} : 曲がりの曲率半径 ρ と管径 D との比によって決まる損 失係数 (90° の場合) f_{b2} : 任意の曲がり中心角 θ の場 合の損失と中心角 90° の場 合の損失との比 V : 管内平均流速 (m/s) θ : 曲がり中心角 (°)	千秋 (1967) p.86-87 【図 10 参照】
可動式スク リーン損失	$h_{ec} = f_{ec} \frac{V_0^2}{2g}$	f_{ec} : 管内オリフィスの損失係数 V_0 : オリフィス通過流速 (m/s)	電力土木技術協会 (1995) p.832-833

※引用文献を以下に示す

- ・ 土木学会 (1999) : 土木学会水理公式集 (平成 11 年版)
- ・ 電力土木技術協会 (1995) : 火力原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版-
- ・ 千秋 (1967) : 発電水力演習

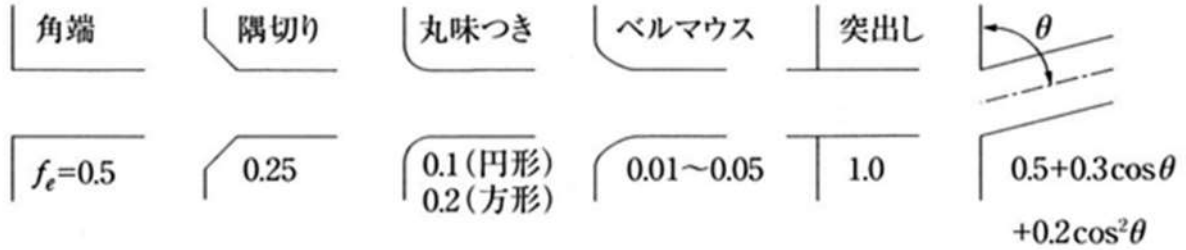


図6 入口形状と損失係数
(土木学会(1999)p. 375)

表5 取水路の貝等の付着代と粗度係数
(電力土木技術協会(1995)p. 788)

取水路の形式	断面流速	貝等の付着代	粗度係数
暗渠	0.8~2.2m/s	0~20cm (0, 5, 10cmが多い)	0.014~0.027 (0.015, 0.020が多い)
管路	2.0~3.6m/s	0~10cm	0.015~0.018

表6 放水路の貝等の付着代と粗度係数
(電力土木技術協会(1995)p. 806)

取水路の形式	断面流速	貝等の付着代	粗度係数
暗渠	1.6~3.6m/s	0~20cm (0cmが多い)	0.014~0.027
トンネル	1.8~3.0m/s	0~20cm (0cmが多い)	0.014~0.027

表7 急縮損失係数
(電力土木技術協会(1995)p. 830)

D_2/D_1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
f_{sc}	0.50	0.50	0.49	0.49	0.46	0.43	0.38	0.29	0.18	0.07	0

D_1, D_2 : 急縮前後の管路の径(m)

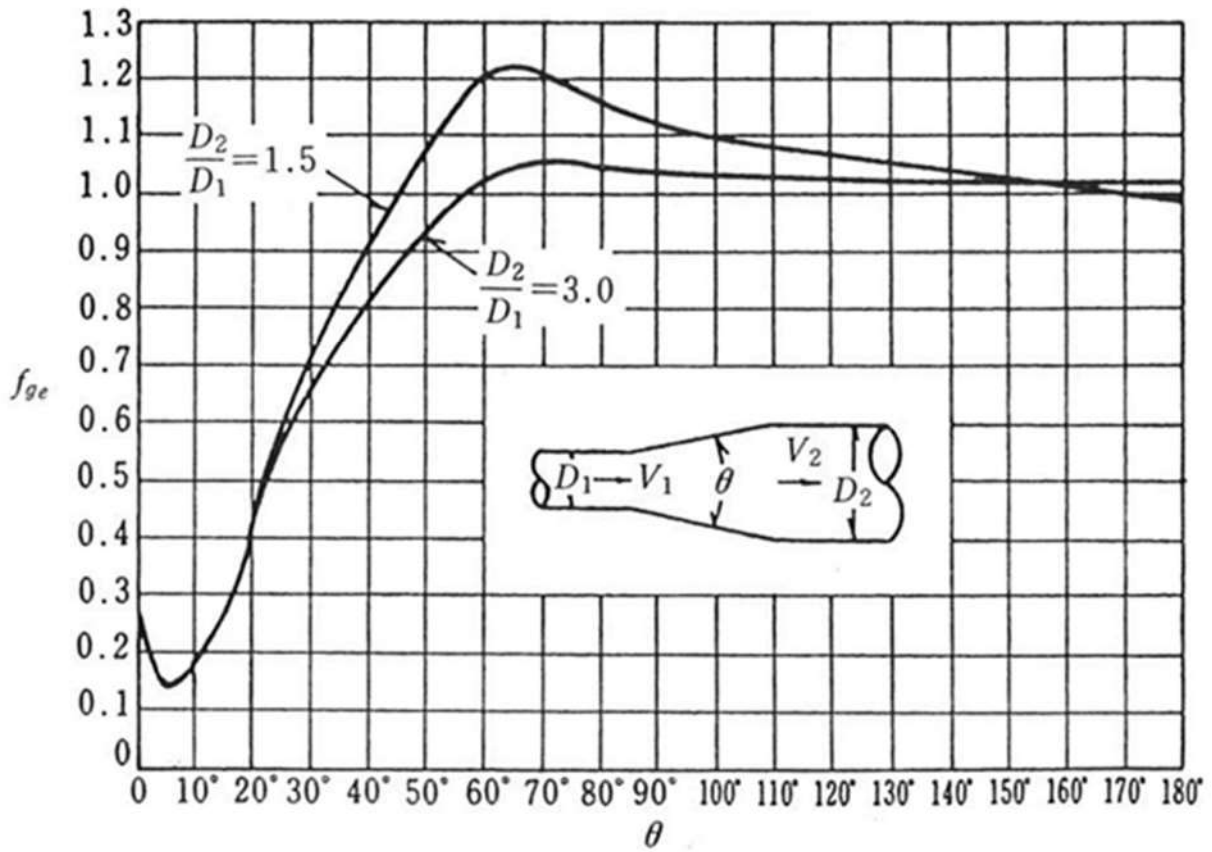


図7 漸拡損失係数
(電力土木技術協会(1995)p. 830)

D_1, D_2 : 漸拡前後の管径(m), V_1, V_2 : 漸拡前後の平均流速(m/s), θ : 漸拡部の開き (°)
 (※本施設では, 円形断面管と矩形断面管の漸拡に上記の図による値を適用する。矩形断面管の場合, 矩形断面と同様の断面積を持つ円管を仮定して, 管径 D_1, D_2 を算出した。)

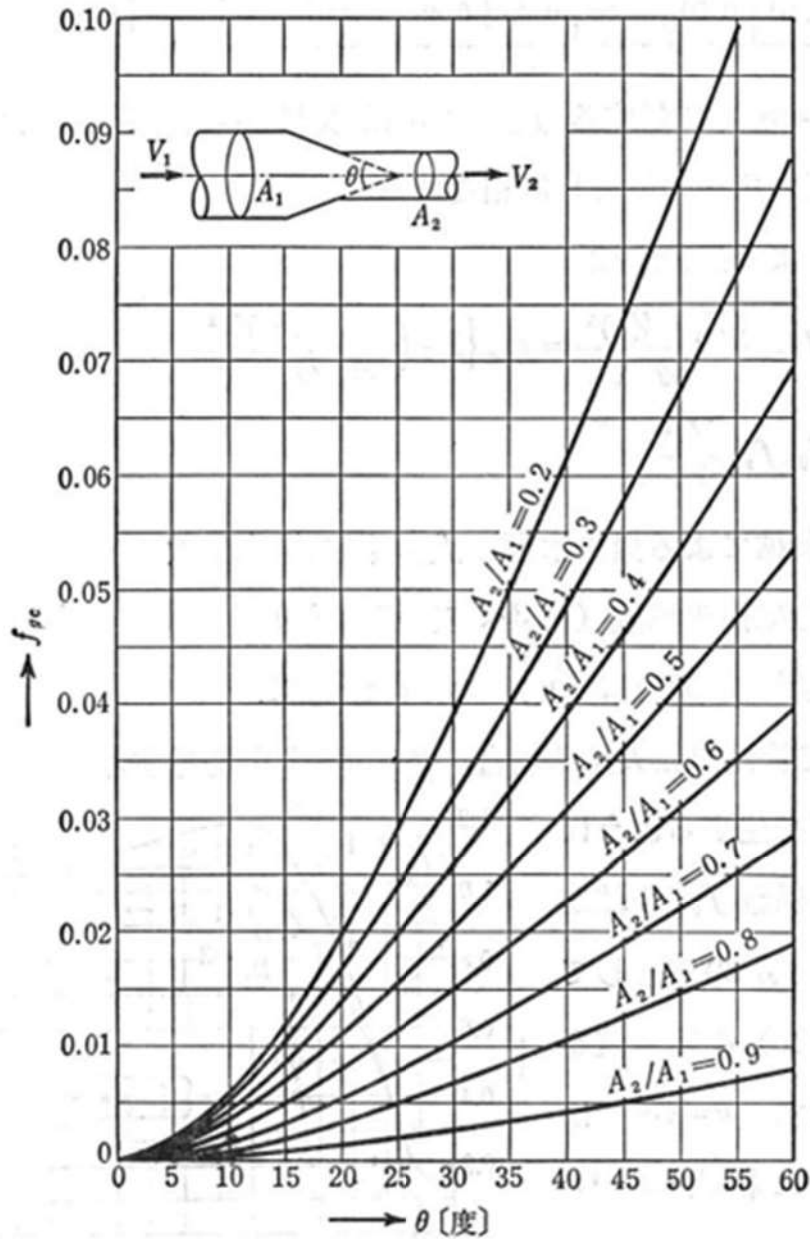


図8 漸縮損失係数
(千秋(1967)p. 84)

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

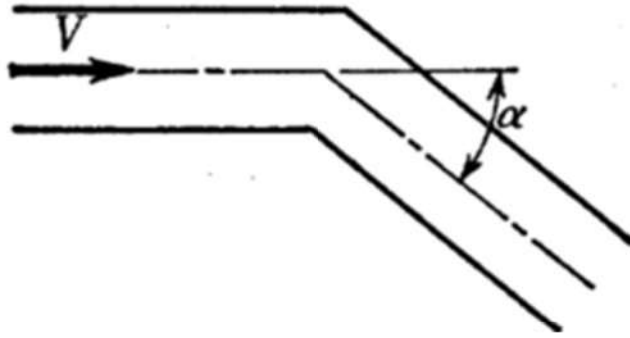


図9 屈折角
(千秋(1967)p. 88)

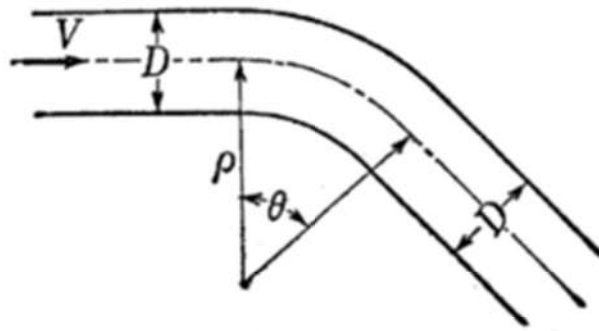


図10 曲がり, 曲率半径
(千秋(1967)p. 87)

表 8-1 1号及び2号炉取水施設の損失水頭表
(貝付着無し、スクリーンによる損失あり)

場所	流量 ^{※1} (m ³ /s)	種類 ^{※2}	係数		断面積 (m ²)	水路No.1, No.4		水路No.2, No.3		
						損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	
貯留堰	4.000	①堰	越流係数	1.550	97.200	0.00010	節点2	0.00010	節点2	
			堰幅(m)	32.400						
			定数 γ	2.600						
取水口	1.000	②漸縮 ^{※3}	F	0.058	35.000	0.00000	節点3,30	0.00000	節点16,23	
		③急縮 ^{※3}	F	0.288	12.945	0.00009	節点3,30	0.00009	節点16,23	
取水路	1.000	④摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	12.945	0.00001	管路1,13	0.00001	管路5,9	
			長さ(m)	6.200						
			径深(m)	0.938						
		⑤摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	12.945	0.00002	管路2,14	0.00002	管路6,10	
			長さ(m)	12.663						
			径深(m)	0.938						
		⑥急縮 ^{※3}	F	0.492	0.433	0.13389	節点6,33	0.13389	節点19,26	
		⑦急拡 ^{※3}	F	0.934						0.25416
		⑧摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	12.945	0.00007	管路3,15	0.00007	管路7,11	
			長さ(m)	56.337						
			径深(m)	0.938						
		⑨屈折	F	0.034	12.945	0.00001	節点7,34			
		⑩摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	17.077	0.00001	管路4,16	0.00001	管路8,12	
			長さ(m)	10.000						
			径深(m)	1.057						
⑪摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	19.435	0.00001	管路4,16	0.00001	管路8,12			
	長さ(m)	12.000								
	径深(m)	0.813								
⑫屈折	F	0.034	22.740	0.00000	節点9,36					
⑬漸拡 ^{※3}	F	0.043	12.945	0.00001	節点9,36	0.00001	節点22,29			
⑭急縮 ^{※3}	F	0.101	16.129	0.00002	節点9,36	0.00002	節点22,29			
⑮流出 ^{※3}	F	1.000	22.740	0.00010	節点9,36	0.00010	節点22,29			
取水槽	スクリーン	4.000	⑯トラベリン グスクリーン	F(前面)	1.380	71.109	0.00022	節点10	0.00022	節点10
				F(背面)	1.380	71.109	0.00022		0.00022	
	中間 スラブ	- ^{※4}	⑰急縮 ^{※3}	F	0.402	163.304	- ^{※4}	池5	- ^{※4}	池5
		- ^{※4}	⑱急拡 ^{※3}	F	0.450	176.880	- ^{※4}		- ^{※4}	
天端	- ^{※4}	⑲急縮 ^{※3}	F	0.189	409.620	- ^{※4}	- ^{※4}			
開口部	- ^{※4}	⑳急拡 ^{※3}	F	0.594		- ^{※4}	- ^{※4}			
合計						0.38893		0.38892		

※1：損失水頭は、取水口から取水ビットへ流れる方向を正とし、ポンプ流量を用いて算出している。

※2：表中の①～⑳は図 11-1 に示す損失水頭位置を示す。

※3：流入・流出損失、急拡・急縮損失及び漸拡・漸縮損失は、時々刻々の流れの方向に応じた損失を考慮する（上記の表では、取水口から取水ビットへ流れる方向を正として整理）。

※4：津波襲来時以外（ポンプ流量時等）には、損失水頭は発生しないため、「-」としている。

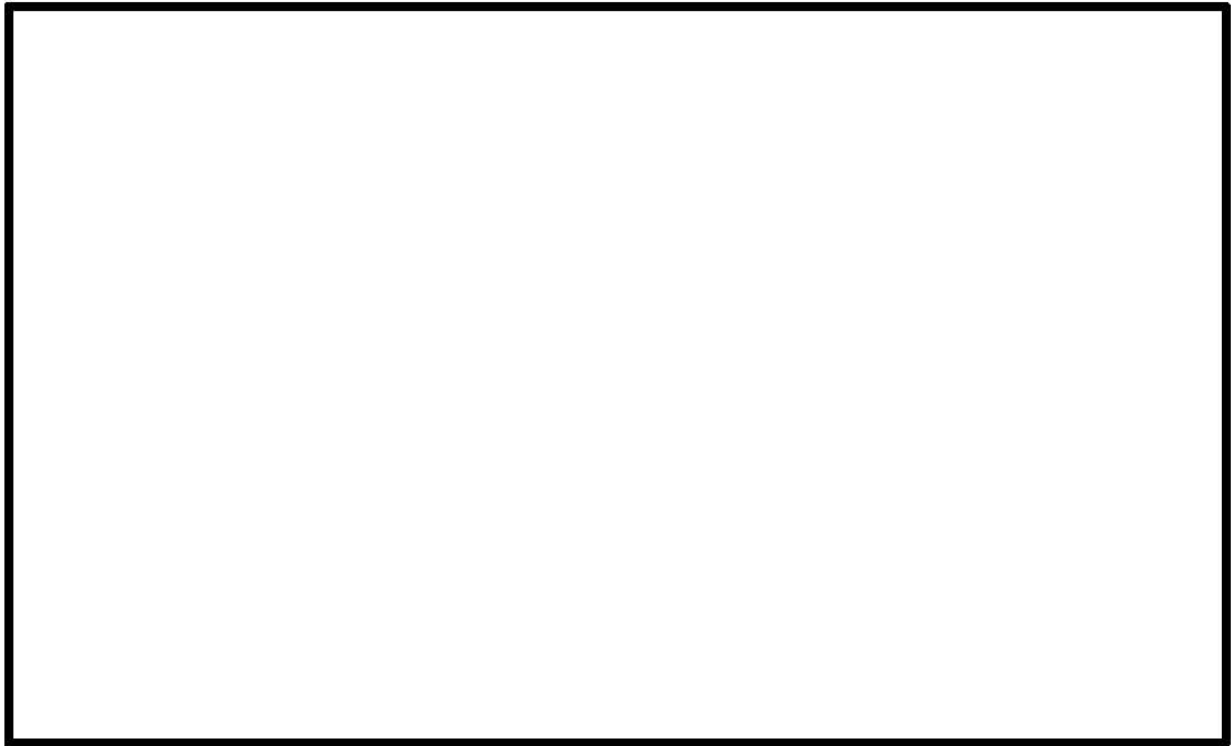


図 11-1 1号及び2号炉取水施設の損失水頭発生位置
(上図：平面図，下図：断面図)


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表8-2 3号炉取水施設の損失水頭表
(貝付着無し, スクリーンによる損失あり)

場所	流量 ^{※1} (m ³ /s)	種類 ^{※2}	係数		断面積 (m ²)	水路No.1		水路No.2		
						損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	
貯留堰	2.000	①堰	越流係数	1.550	79.200	0.00004	節点2	0.00004	節点2	
			堰幅(m)	19.800						
			定数 γ	2.600						
取水口	1.000	②漸縮 ^{※3}	F	0.063	40.000	0.00000	節点3	0.00000	節点17	
		③急縮 ^{※3}	F	0.262	17.883	0.00004	節点3	0.00004	節点17	
取水路	1.000	④摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	17.883	0.00000	管路1	0.00000	管路5	
			長さ(m)	6.300						
			径深(m)	1.097						
		⑤摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	17.883	0.00003	管路2	0.00003	管路6	
			長さ(m)	60.458						
			径深(m)	1.097						
		⑥曲がり	F	0.076	17.883	0.00001	節点6	0.00001	節点20	
		⑦摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	17.883	0.00001	管路3	0.00001	管路7	
			長さ(m)	13.744 (管路3) 16.539 (管路7)						
			径深(m)	1.097						
		⑧摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	24.547	0.00001	管路4	0.00001	管路8	
			長さ(m)	12.000						
			径深(m)	1.263						
⑨摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	31.486	0.00001	管路4	0.00001	管路8			
	長さ(m)	14.500								
	径深(m)	1.030								
⑩漸拡 ^{※3}	F	0.064	17.883	0.00001	節点9	0.00001	節点23			
⑪急縮 ^{※3}	F	0.062	25.931	0.00000	節点9	0.00000	節点23			
⑫流出 ^{※3}	F	1.000	37.040	0.00004	節点9	0.00004	節点23			
取水槽	スクリーン	2.000	⑬トラペリン	1.280	56.619	0.00008	節点10	0.00008	節点10	
			グスクリーン	1.280	56.619	0.00008		0.00008		
	中間スラブ	— ^{※4}	⑭急縮 ^{※3}	F	0.433	86.208	— ^{※4}	池5	— ^{※4}	池5
			⑮急拡 ^{※3}	F	0.518	93.280	— ^{※4}		— ^{※4}	
天端開口部	— ^{※4}	⑯急縮 ^{※3}	F	0.319	190.620	— ^{※4}	池5	— ^{※4}	池5	
		⑰急拡 ^{※3}	F	0.697		— ^{※4}		— ^{※4}		
合計						0.00035		0.00035		

※1：損失水頭は、取水口から取水ピットへ流れる方向を正とし、ポンプ流量を用いて算出している。

※2：表中の①～⑰は図11-2の損失水頭発生位置を示す。

※3：流入・流出損失、急拡・急縮損失及び漸拡・漸縮損失は、時々刻々の流れの方向に応じた損失を考慮する（上記の表では、取水口から取水ピットへ流れる方向を正として整理）。

※4：津波襲来時以外（ポンプ流量時等）には、損失水頭は発生しないため、「-」としている。



図 11-2 3号炉取水施設の損失水頭発生位置（上図：平面図，下図：断面図）


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表 8-3 1号及び2号炉放水施設の損失水頭表
(貝付着無し)

場所	流量 ^{※1} (m ³ /s)	種類 ^{※2}	係数				断面積 (m ²)	1号水路No.1		1号水路No.2		2号水路No.1		2号水路No.2		
			1号No.1	1号No.2	2号No.1	2号No.2		損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	
放水口 ～ 放水池	1.000	①流入 ^{※3}	F	0.558	0.558	0.558	0.558	4.909	0.00118	節点13	0.00118	節点29	0.00118	節点43	0.00118	節点57
		②屈折	F	0.019	0.019	0.019	0.019	4.909	0.00004	節点13	0.00004	節点29	0.00004	節点43	0.00004	節点57
		③屈折	F	0.019	0.019	0.019	0.019	4.909	0.00004	節点13	0.00004	節点29	0.00004	節点43	0.00004	節点57
		④摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	4.909	0.00031	管路7	0.00031	管路14	0.00031	管路21	0.00031	管路28
			長さ(m)	20.281	20.281	20.281	20.281									
径深(m)	0.625		0.625	0.625	0.625											
⑤流出 ^{※3}	F	1.000	1.000	1.000	1.000	4.909	0.00212	節点12	0.00212	節点28	0.00212	節点42	0.00212	節点56		
合計								0.00369		0.00369		0.00369		0.00369		

場所	流量 ^{※1} (m ³ /s)	種類 ^{※2}	係数				断面積 (m ²)	1号水路No.1		1号水路No.2		2号水路No.1		2号水路No.2		
			1号No.1	1号No.2	2号No.1	2号No.2		損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	
放水池 ～ 逆流防止 設備	1.000	⑥摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	3.584	0.00229	管路6	0.00224	管路13	0.00218	管路20	0.00213	管路27
			長さ(m)	79.173	77.290	75.408	73.525									
			径深(m)	0.619	0.619	0.619	0.619									
		⑦曲がり	F	0.095	0.095	0.095	0.095	3.584	0.00038	節点10	0.00038	節点26	0.00038	節点40	0.00038	節点54
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	3.584	0.00176	管路5	0.00170	管路12	0.00165	管路19	0.00159	管路26
		長さ(m)	60.702	58.819	56.936	55.054										
		径深(m)	0.619	0.619	0.619	0.619										
		⑧摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	3.584	0.00220	管路4	0.00220	管路11	0.00220	管路18	0.00220	管路25
			長さ(m)	75.965	75.965	75.965	75.965									
			径深(m)	0.619	0.619	0.619	0.619									
		⑩摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	2.850	0.00020	管路4	0.00020	管路11	0.00020	管路18	0.00020	管路25
			長さ(m)	3.000	3.000	3.000	3.000									
			径深(m)	0.514	0.514	0.514	0.514									
		⑪漸縮 ^{※3}	F	0.000	0.000	0.000	0.000	2.116	0.00000	節点6	0.00000	節点22	0.00000	節点36	0.00000	節点50
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	2.116	0.00385	管路3	0.00348	管路10	0.00311	管路17	0.00273	管路24
		長さ(m)	26.612	24.042	21.473	18.904										
		径深(m)	0.408	0.408	0.408	0.408										
		⑬曲がり	F	0.111	0.111	0.111	0.111	2.116	0.00126	節点5	0.00126	節点21	0.00126	節点35	0.00126	節点49
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	2.116	0.00298	管路2	0.00261	管路9	0.00224	管路16	0.00187	管路23
		長さ(m)	20.609	18.040	15.471	12.902										
		径深(m)	0.408	0.408	0.408	0.408										
		⑮漸拡 ^{※3}	F	0.002	0.002	0.002	0.002	2.116	0.00002	節点4	0.00002	節点20	0.00002	節点34	0.00002	節点48
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	2.850	0.00020	管路1	0.00020	管路8	0.00020	管路15	0.00020	管路22
長さ(m)	3.000	3.000	3.000	3.000												
径深(m)	0.514	0.514	0.514	0.514												
⑰摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.014	0.014	0.014	3.584	0.00304	管路1	0.00304	管路8	0.00304	管路15	0.00304	管路22		
	長さ(m)	105.012	105.012	105.014	105.014											
	径深(m)	0.619	0.619	0.619	0.619											
合計								0.01818		0.01733		0.01648		0.01562		

※1：損失水頭は、放水口から放水ビットへ流れる方向を正とし、ポンプ流量を用いて算出している。

※2：表中の①～⑰は図11-3の損失水頭発生位置を示す。

※3：流入・流出損失、漸拡・漸縮損失は、時々刻々の流れの方向に応じた損失を考慮する（上記の表では、放水口から放水ビットへ流れる方向を正として整理）。

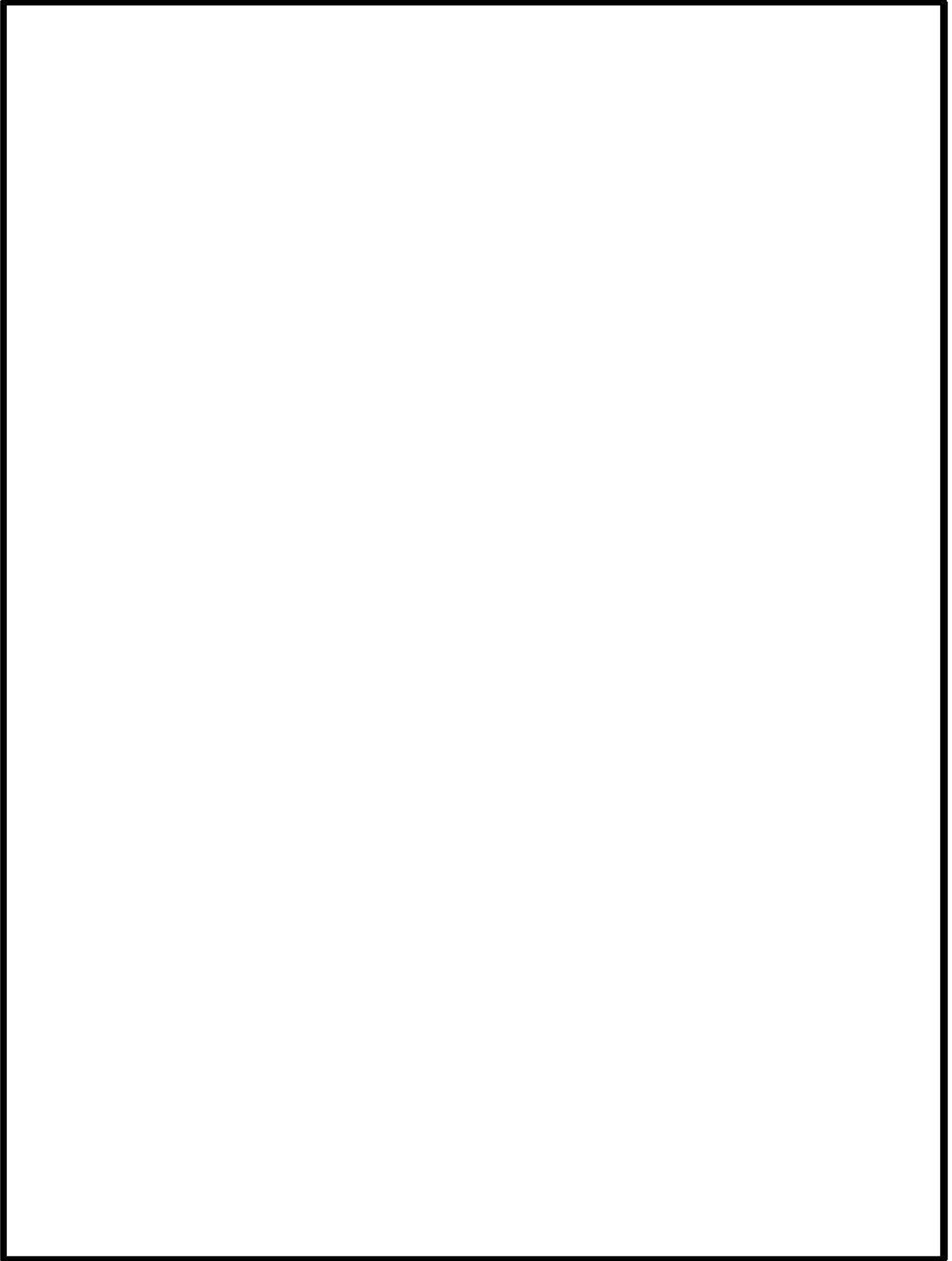


図 11-3 1号及び2号炉放水施設の損失水頭発生位置

表 8 - 4 3号炉放水施設の損失水頭表 (貝付着無し)

場所	流量 ^{※1} (m ³ /s)	種類 ^{※2}	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)	モデル化
放水口 ～ 放水池	0.667	①流入 ^{※3}	F	0.558	5.309	0.00045	節点8
		②屈折	F	0.020	5.309	0.00002	(節点13)
		③屈折	F	0.020	5.309	0.00002	(節点15)
		④流出 ^{※3}	F	1.000	5.309	0.00080	節点7 (節点12) (節点14)
		⑤摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	5.309	0.00011	管路4 (管路5) (管路6)
長さ(m)	20.309						
径深(m)	0.650						
放水池 ～ 放水ピット	2.000	⑥堰	流量係数C	1.550	247.755	0.00000	節点6
			定数γ	2.600			
			堰幅(m)	36.442			
		⑦摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	78.540	0.00000	節点5
			長さ(m)	18.500			
			径深(m)	2.500			
		⑧急縮 ^{※3}	F	0.487	78.540	0.00002	節点5
		⑨急縮 ^{※3}	F	0.410	22.902	0.00016	節点5
		⑩屈折	F	0.986	22.902	0.00038	節点5
		⑪曲がり	F	0.018	22.902	0.00001	節点4
		⑫曲がり	F	0.018	22.902	0.00001	節点3
		⑬急拡 ^{※3}	F	0.576	22.902	0.00022	節点2
		⑭屈折	F	0.986	22.902	0.00038	節点2
		⑮摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	22.902	0.00062	管路1 ～3
長さ(m)	617.100						
径深(m)	1.350						
放水ピット	2.000	⑯摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	95.033	0.00000	池1
			長さ(m)	16.400			
			径深(m)	2.750			
		⑰急拡 ^{※3}	F	0.213	95.033	0.00000	池1
		⑱摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	176.715	0.00000	池1
			長さ(m)	2.000			
	径深(m)		3.750				
	2.000	⑲急縮 ^{※3}	F	0.500	1.767	0.03268	池1
		⑳屈折	F	0.986	1.767	0.06445	池1
		㉑屈折	F	0.986	1.767	0.06445	池1
		㉒急拡 ^{※3}	F	0.738	1.767	0.04824	池1
		㉓屈折	F	0.986	1.767	0.06445	池1
		㉔摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	1.767	0.01555	池1
長さ(m)			16.750				
径深(m)	0.375						
㉕摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	12.566	0.00002	池1		
	長さ(m)	3.250					
	径深(m)	1.000					
㉖急拡 ^{※3}	F	0.891	12.566	0.00115	節点17		
合計						0.29419	

※1：損失水頭は、放水口から放水ピットへ流れる方向を正とし、ポンプ流量を用いて算出している。

※2：表中の①～⑯は図11-4の損失水頭発生位置を示す。

※3：流入・流出損失、急拡・急縮損失及び漸拡・漸縮損失は、時々刻々の流れの方向に応じた損失を考慮する（上記の表では、放水口から放水ピットへ流れる方向を正として整理）。

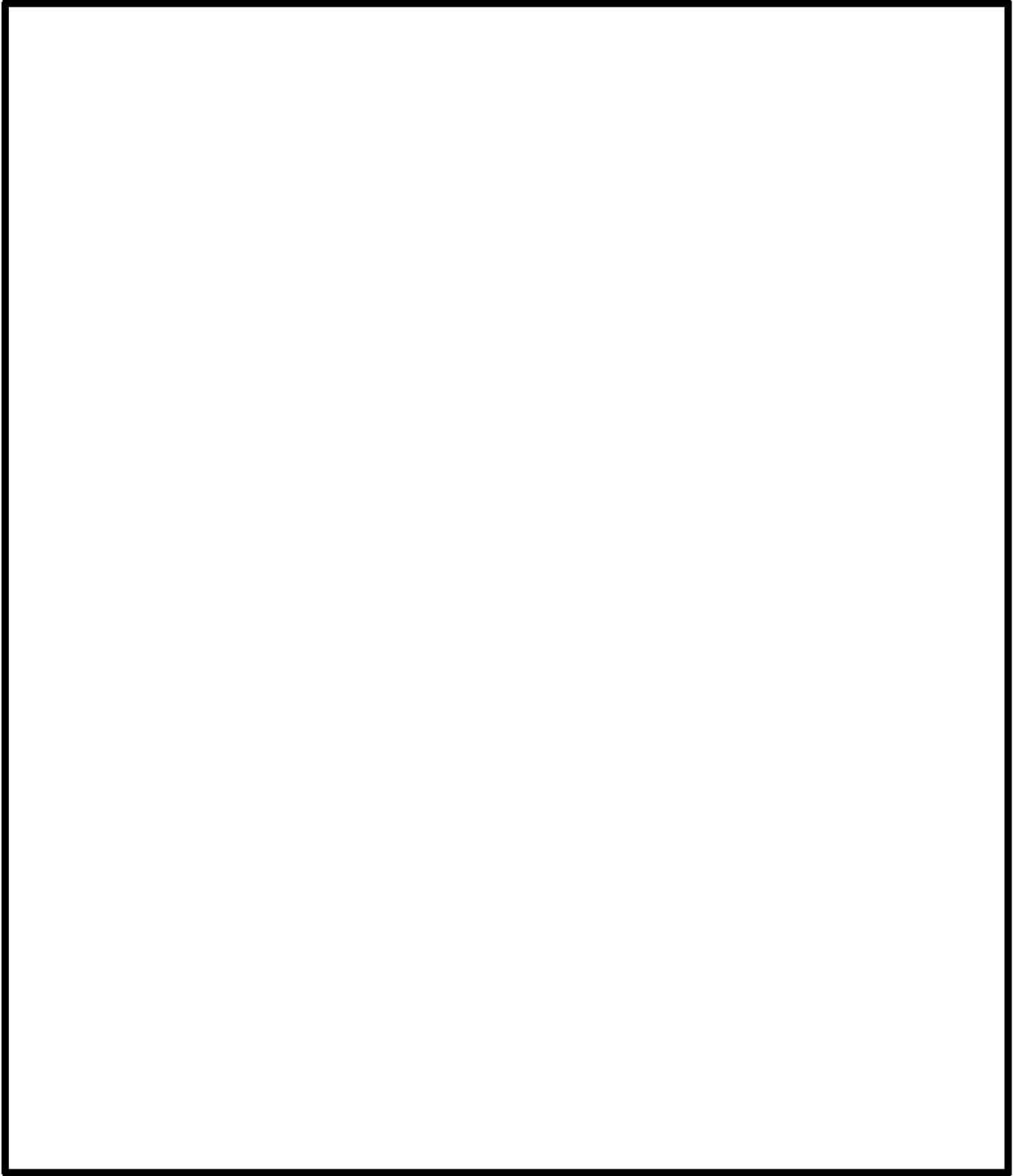



図 11-4 3号炉放水施設の損失水頭発生位置
(上図：平面図，下図：断面図)

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

5条-別添1-添付5-28

表9-1 水位上昇側の評価結果（取水施設）（1/2）（1, 2号炉取水施設）

検討対象波源	地形変化		1, 2号炉取水口水位変動量(m)	潮位変動			地震による地殻変動(m)	管路状態		1,2号炉取水ピットスクリーン室水位(T.P. m)	
	防波堤北防波堤	防波堤南防波堤		地滑り地形①の崩壊	眺望平均潮位(T.P. m)	潮位のばらつき(m)		観測地点の潮位差(m)	貝付着		スクリーン状態
波源C	健全	健全	現地形	9.34				有	健全	追而	
	健全	崩壊	崩壊					健全	健全		健全
波源E	損傷	損傷	現地形	12.74				有	健全	追而	
	損傷	崩壊	崩壊					損傷	損傷		損傷
波源G	健全	損傷	現地形	12.01	0.26	0.14	0.01	有	健全	追而	
	健全	崩壊	崩壊					健全	健全		健全
波源H	損傷	健全	現地形	11.50				有	健全	追而	
	損傷	崩壊	崩壊					損傷	損傷		損傷

表9-1 水位上昇側の評価結果（取水施設）（2/2）（3号炉取水施設）

検討対象波源	地形変化				3号炉取水口水位変動量(m)	潮位変動			地震による地殻変動(m)	管路状態		3号炉取水ピットポンプ室水位(T.P. m)	
	防波堤		陸地の地盤沈下5m	海域の地盤沈下2m		土捨場の崩壊	眺望平均潮位(T.P. m)	潮位のばらつき(m)		観測地点の潮位差(m)	貝付着		スクリーン状態
	北防波堤	南防波堤	現地形	沈下		現地形							
波源B	健全	健全	現地形	現地形	現地形	0.26	0.14	0.01	沈降を考慮 0.39	有	健全	追而	
			現地形	現地形	現地形					無	健全	10.9	
	沈下	沈下	崩壊	有	損傷					追而			
	現地形	現地形	現地形	無	損傷					追而			
波源F	損傷	損傷	現地形	現地形	現地形	0.26	0.14	0.01	沈降を考慮 0.39	有	健全	12.8	
			沈下	沈下	崩壊					無	損傷	追而	
	現地形	現地形	現地形	有	損傷					追而			
	沈下	沈下	崩壊	無	損傷					追而			
波源E	健全	健全	現地形	現地形	現地形	0.26	0.14	0.01	沈降を考慮 0.39	有	健全	12.1	
			現地形	現地形	現地形					無	健全	追而	
	沈下	沈下	崩壊	有	損傷					追而			
	現地形	現地形	現地形	無	損傷					追而			
波源B	損傷	健全	現地形	現地形	現地形	0.26	0.14	0.01	沈降を考慮 0.39	有	健全	12.1	
			沈下	沈下	崩壊					無	健全	追而	
	現地形	現地形	現地形	有	損傷					追而			
	沈下	沈下	崩壊	無	損傷					追而			

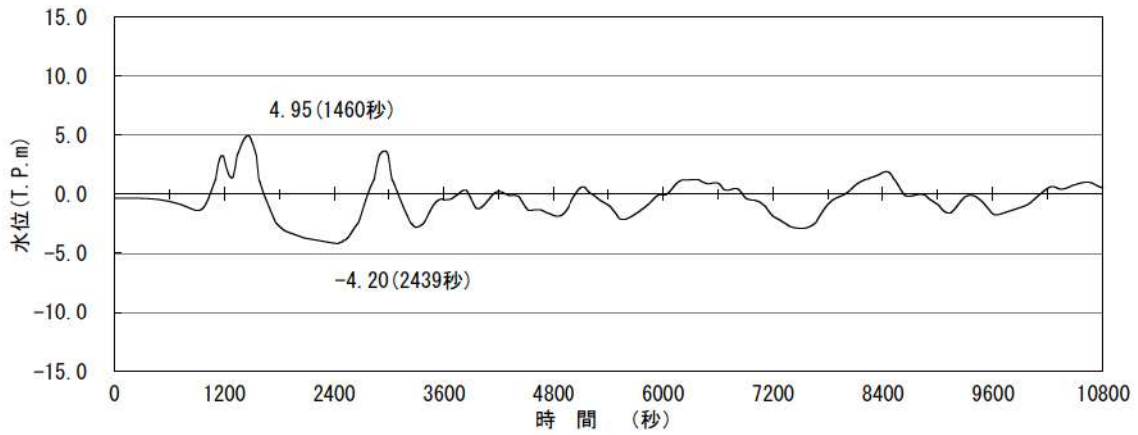
※3号炉取水ピットポンプ室水位は、津波来襲時に満水になることから、3号炉取水ピットポンプ室水位で代表させる。

表 9-2 水位上昇側の評価結果（放水施設）（3号炉放水施設）

検討対象 波源 ※1	地形変化		3号炉 取水口 水位 変動量(m)	潮位変動			地震による 地殻変動 (m)	管路状態	
	防波堤 北防 波堤	防波堤 南防 波堤		土捨場 の崩壊	朔望平均 潮位 (T.P. m)	潮位の ばらつき (m)		観測地点 の潮位差 (m)	貝付着
波源 D	健全	健全	現地形	10.91				有	追而
	健全	健全	崩壊	10.93				無	7.0
	損傷	損傷	現地形	10.84				有	追而
	損傷	損傷	崩壊	10.84				無	6.5
	健全	健全	現地形	10.85	0.26	0.14	0.01	有	追而
	健全	健全	崩壊	10.86				無	7.0
	損傷	健全	現地形	10.66				有	追而
	損傷	健全	崩壊	10.66				無	6.6
								有	追而
								無	
								沈降を 考慮 0.39	

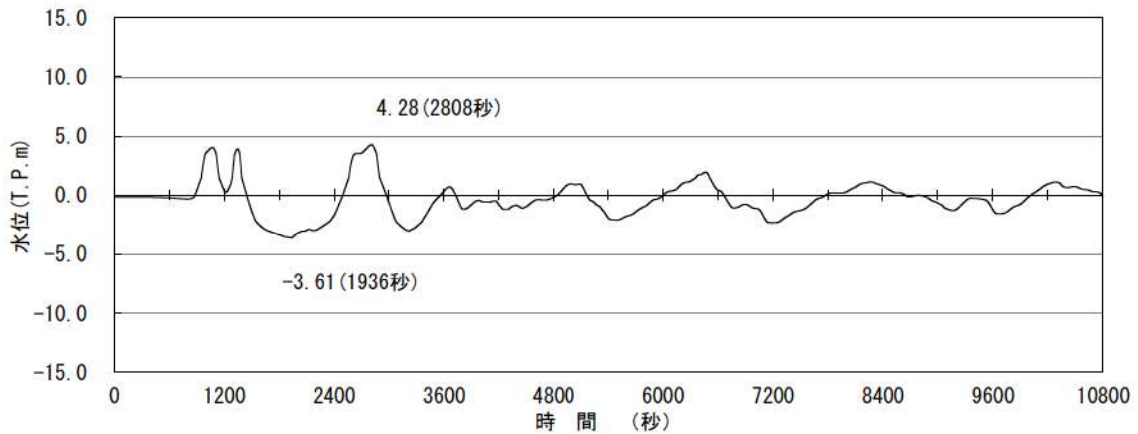
表 10 水位下降側の評価結果（3号炉取水施設）

追而 (解析結果を記載する)



※最大水位上昇量 4.95+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 5.5m

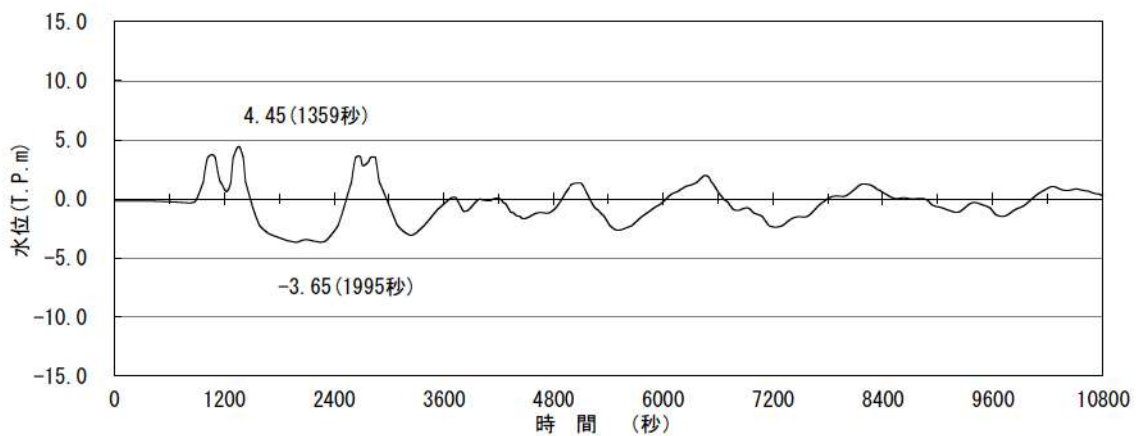
波源C, 防波堤健全 (現地形, 貝付着無し, スクリーン健全)



※最大水位上昇量 4.28+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 4.9m

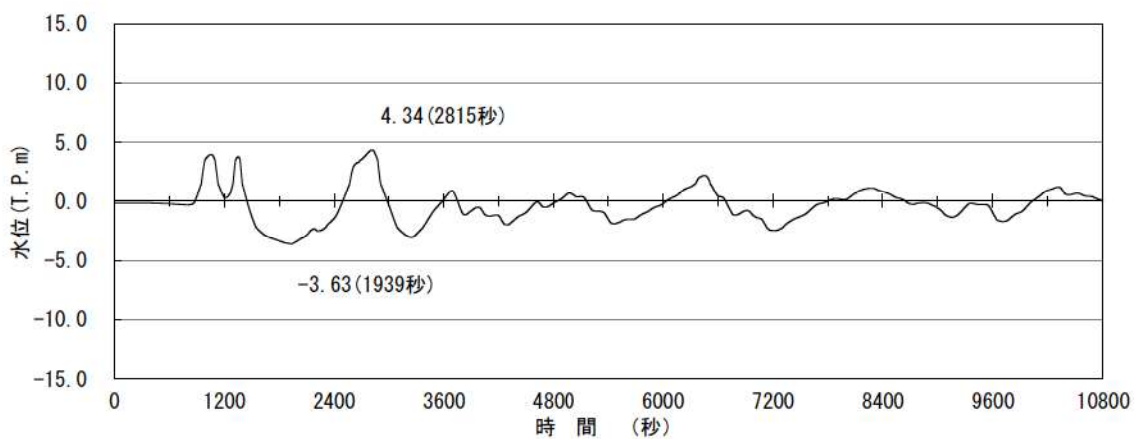
波源E, 北及び南防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し, スクリーン健全)

図 12-1 水位上昇側の時刻歴波形 (1, 2号炉取水ピットスクリーン室)
 (1/2)



※最大水位上昇量 4.45+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 5.0m

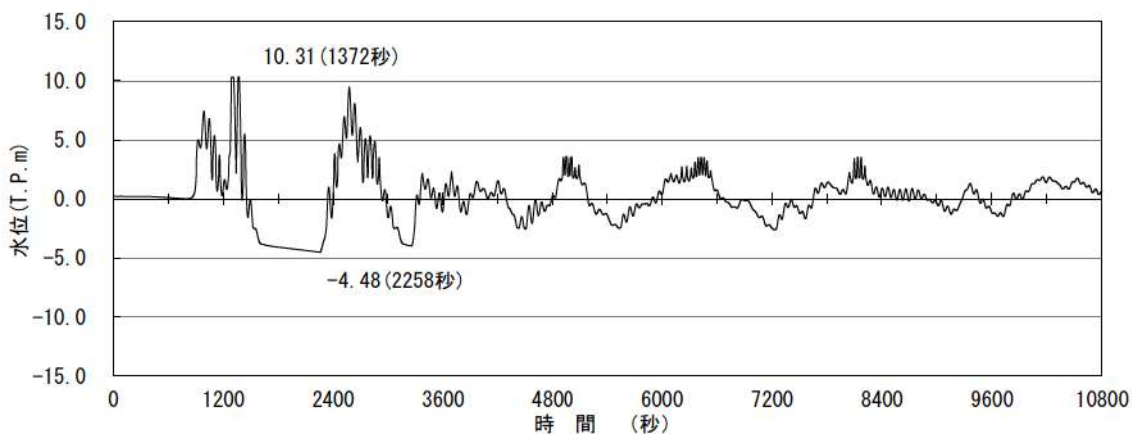
波源G, 南防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し, スクリーン健全)



※最大水位上昇量 4.34+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 4.9m

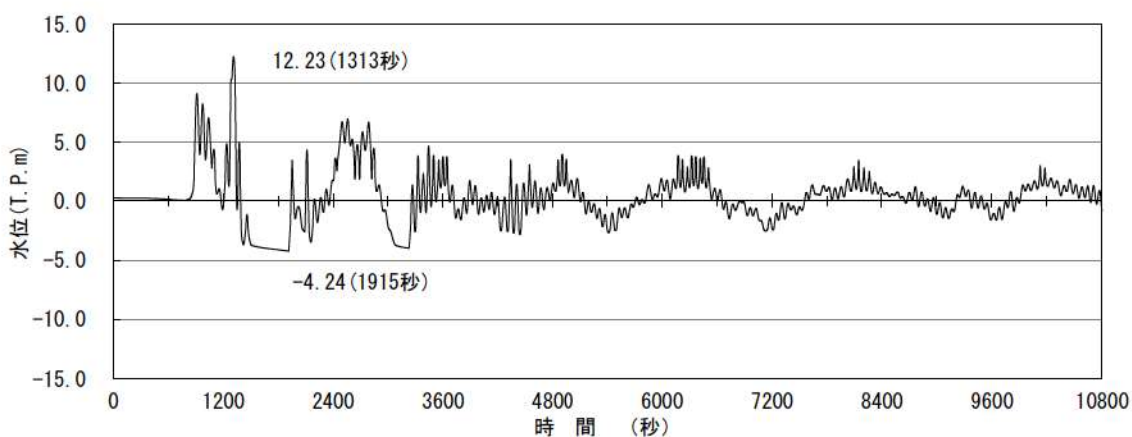
波源H, 北防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し, スクリーン健全)

図 12-1 水位上昇側の時刻歴波形 (1, 2号炉取水ピットスクリーン室)
 (2/2)



※最大水位上昇量 10.31+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 10.9m

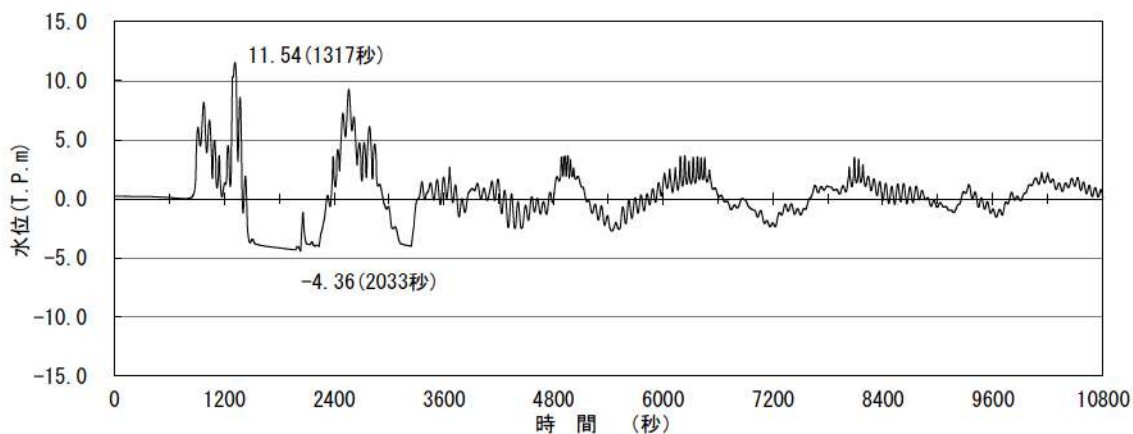
波源B, 防波堤健全 (現地形, 貝付着無し, スクリーン健全)



※最大水位上昇量 12.23+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 12.8m

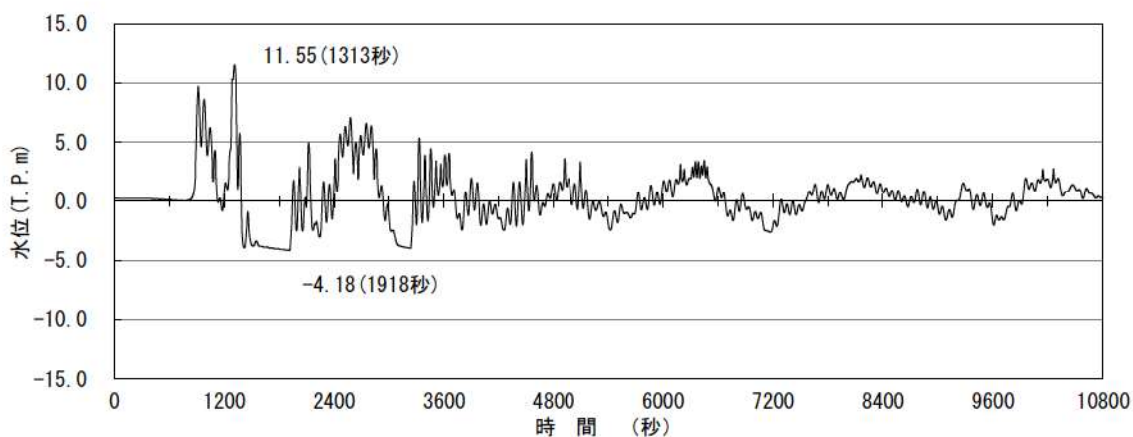
波源F, 北及び南防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し, スクリーン健全)

図 12-2 水位上昇側の時刻歴波形 (3号炉取水ピットスクリーン室)
 (1/2)



※最大水位上昇量 11.54+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 12.1m

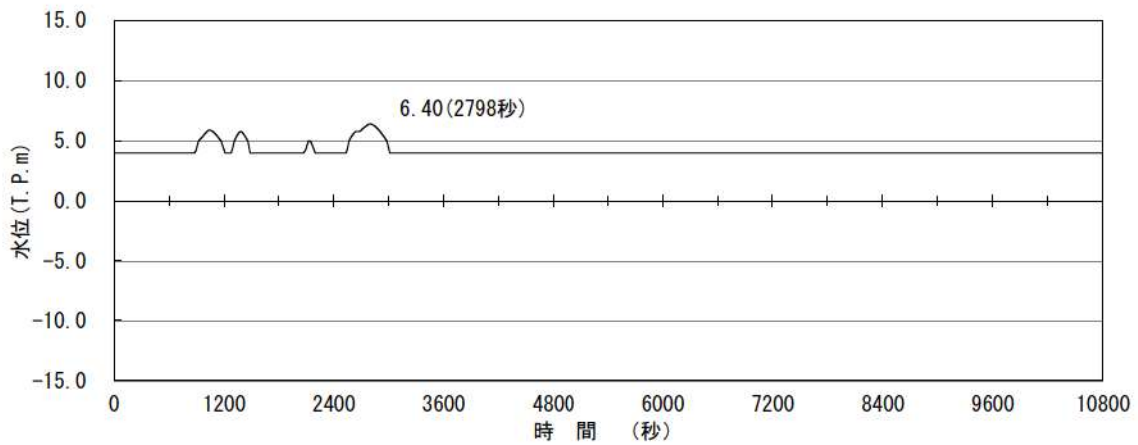
波源E, 南防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し, スクリーン健全)



※最大水位上昇量 11.55+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 12.1m

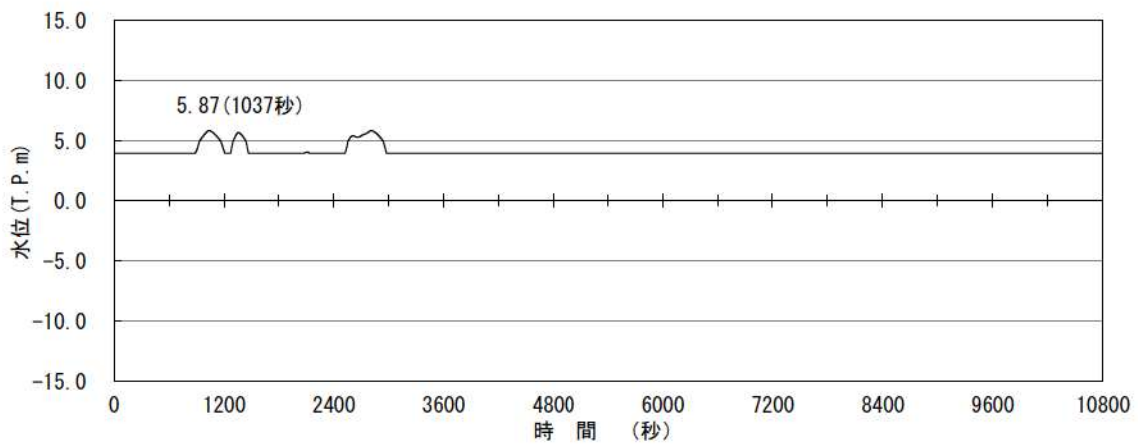
波源B, 北防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し, スクリーン健全)

図 12-2 水位上昇側の時刻歴波形 (3号炉取水ピットスクリーン室)
 (2/2)



※最大水位上昇量 6.40+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 7.0m

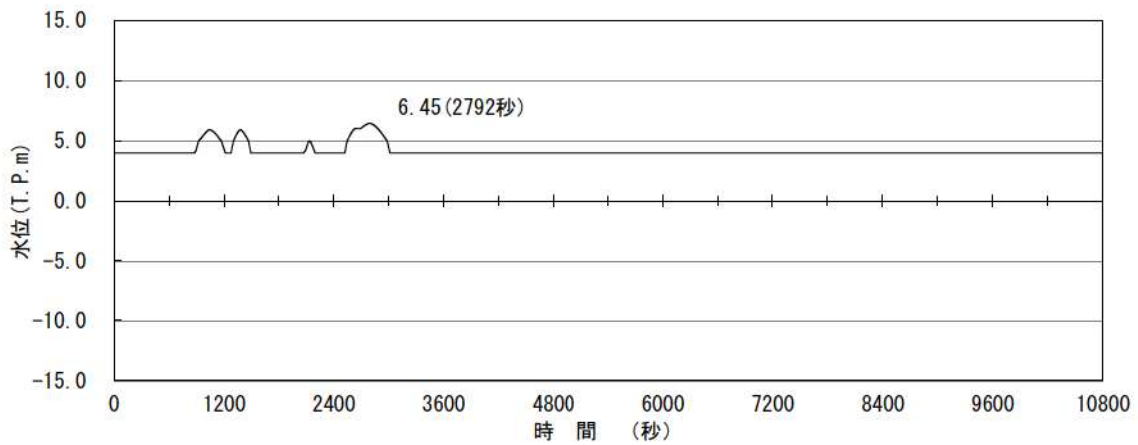
波源D, 防波堤健全 (現地形, 貝付着無し)



※最大水位上昇量 5.87+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 6.5m

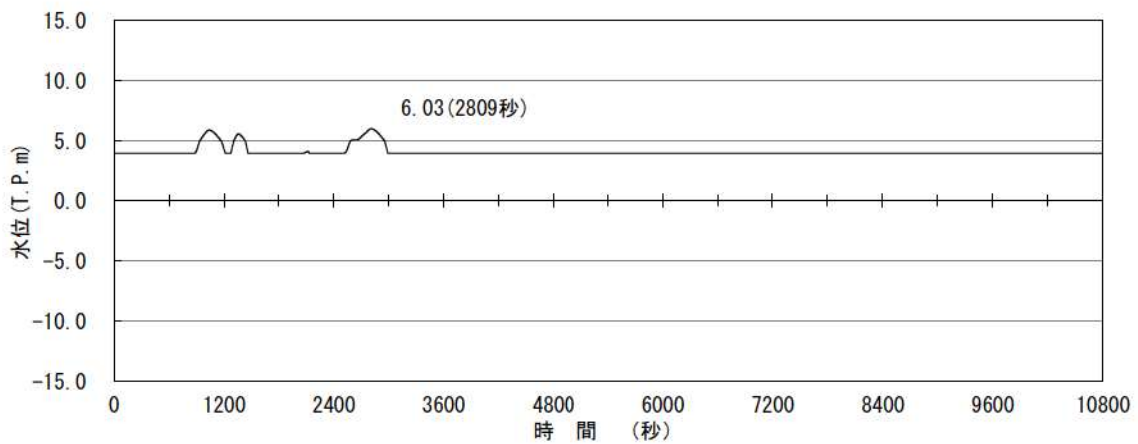
波源D, 北及び南防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し)

図 12-3 水位上昇側の時刻歴波形 (3号炉放水ピット)
 (1/2)



※最大水位上昇量 6.45+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 7.0m

波源D, 南防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し)



※最大水位上昇量 6.03+潮位のばらつき 0.14+観測地点の潮位差 0.01+地殻変動量 0.39
 ≒T.P. 6.6m

波源D, 北防波堤損傷 (現地形, 貝付着無し)

図 12-3 水位上昇側の時刻歴波形 (3号炉放水ピット)
 (2/2)

追而
(解析結果を記載する)

図 13 水位下降側の時刻歴波形

地震による建造物の損傷に係る管路解析の評価

1. はじめに

管路解析の構造モデルを構成する建造物を対象に、基準地震動による被害想定を行い、建造物の損傷が管路解析を用いた入力津波の設定に及ぼす影響について検討を行う。

2. 対象建造物


管路解析の対象水路は、1, 2号取・放水設備及び3号取・放水設備である。そのうち、1, 2号取水設備及び3号取水設備は基準地震動に対して耐震性を有することから対象外とし、基準地震動に対して耐震性を有していない1, 2号放水設備及び3号放水設備を対象に被害想定を行う。

3. 放水系設備概要

1, 2号放水設備及び3号放水設備の平面図を参考図1, 1, 2号放水設備縦断面図を参考図2, 3号放水設備縦断面図を参考図3, 1, 2号放水路及び3号放水路トンネルの標準断面図を参考図4, 1, 2号・3号放水池断面図を参考図5に示す。



参考図1 放水設備の平面図

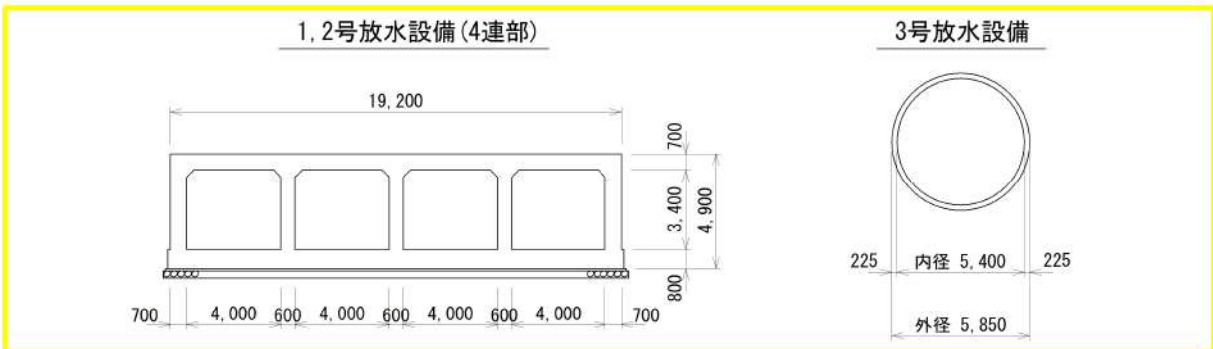
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



参考図2 1号放水設備の縦断図（縦横比 5.0 : 1.0）

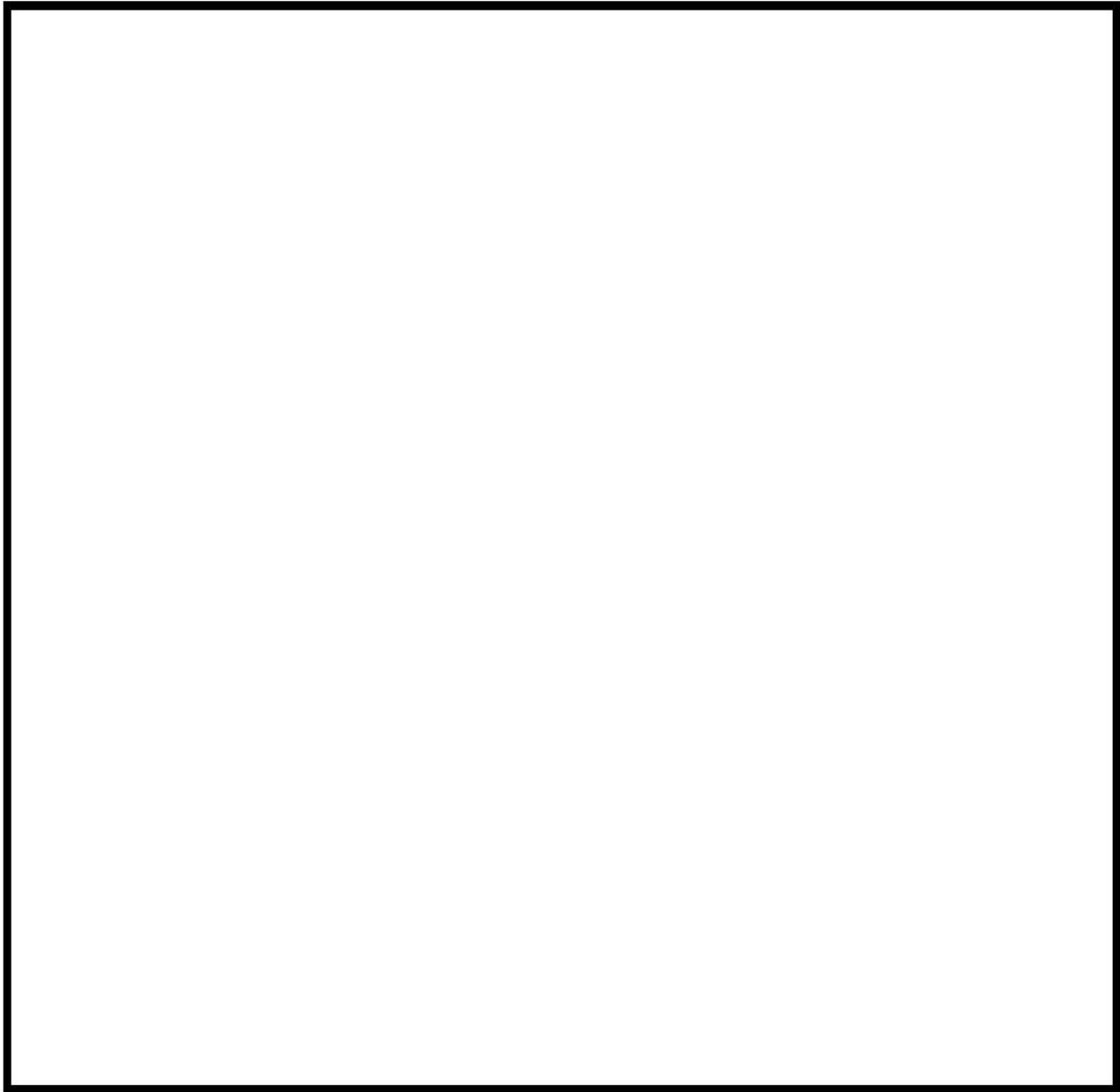


参考図3 3号放水設備の縦断図（縦横比 2.5 : 1.0）



参考図4 1, 2号放水路及び3号放水路トンネルの標準断面図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



参考図 5 1, 2号放水池及び3号放水池の断面図



枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4. 地震時の被害想定

1, 2号放水設備は、砂層境界から海側の放水路及び放水池の支持地盤は砂・砂礫層であり、基準地震動による液状化に伴う側方流動及び沈下が生じる可能性がある。

3号放水設備も同様に、岩盤境界から放水池にかけて放水路トンネル及び放水池の支持地盤は砂・砂礫層であることから、基準地震動による液状化に伴う側方流動及び沈下が生じる可能性がある。

それに伴い、放水路・放水池は変形及び不同沈下による段差、各構造物の変形に伴う部材の損傷が想定される。

よって、被害想定としては、基準地震動による液状化に伴う沈下が発生し、耐震性を有していない、1, 2号放水路及び3号放水路が損傷することが想定される。

5. 地震による被害想定を反映した管路解析の必要性

被害想定である地震時の放水路・放水池の変形及び不同沈下による段差、各構造物の変形に伴う部材の損傷を考慮した場合は、1, 2号放水路及び3号放水路ともに通水断面の減少、もしくは閉塞されることから、津波の遡上が抑制されることにより、流入量は健全時よりも小さくなる。

よって、損傷時ではなく健全時での管路解析を実施する場合の方が、津波の遡上を保守的に評価することができることから、地震による損傷を考慮した管路解析は不要と考えられる。

【参考文献】

- 1) 土木学会(2016)：原子力発電所の津波評価技術 2016，公益社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会
- 2) 電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版-
- 3) 千秋(1967)：発電水力演習
- 4) 土木学会(1999)：水理公式集(平成 11 年版)

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。

上昇側の水位変動については朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを考慮した上昇側評価水位，下降側の水位変動については朔望平均干潮位及び潮位のばらつきを考慮した下降側評価水位を設定した。

朔望平均潮位は，1961 年 9 月～1962 年 8 月の泊発電所の南方約 5 km に位置している「岩内港（国土交通省所管）」の潮位観測記録に基づき設定している。

なお，朔望平均潮位の算出に用いた潮位記録取得期間から現在まで時間が経過していることから，至近 8 ヶ年（2014 年 1 月～2021 年 12 月）及びデータ分析期間初期約 5 ヶ年（1971 年 3 月～1975 年 12 月^{※1}）のデータについても分析したうえで，保守的になるようデータ分析期間初期約 5 ヶ年（1971 年 3 月～1975 年 12 月）のデータに基づき入力津波評価に用いる潮位を設定した。

入力津波の評価で考慮する潮位及びデータ分析の結果を，表 1 に示す。

※1 1967 年 1 月～1971 年 2 月におけるデータが受領できなかったことから，1971 年 3 月以降のまとまった期間のデータとした。

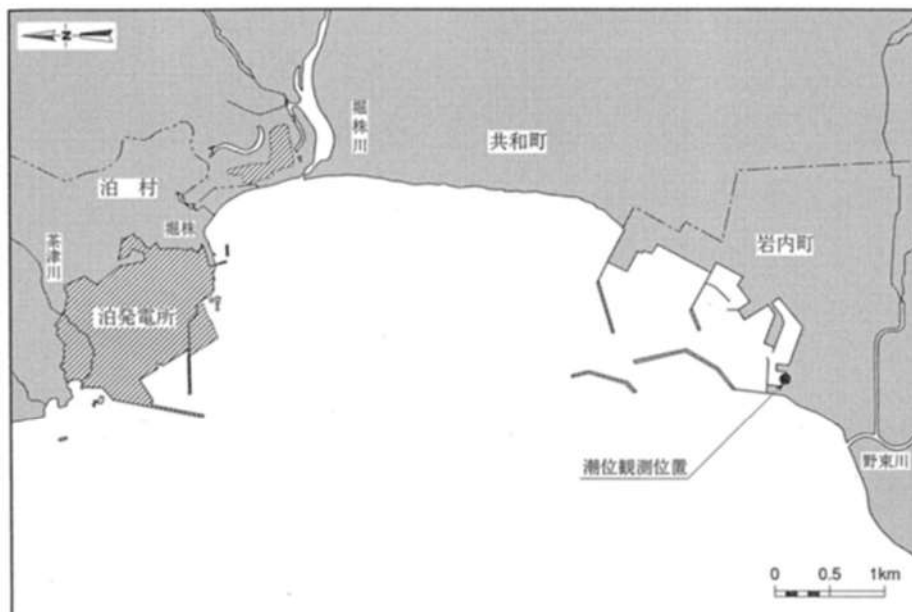


図 1 観測地点「岩内港」の位置

表 1 入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位

	入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位 (1961年9月～1962年8月)	至近8ヵ年 (2014年1月～2021年12月) の潮位分析結果		データ分析期間 初期約5ヵ年 (1971年3月～1975年12月) の潮位分析結果		入力津波評価に用いる潮位
		朔望平均潮位	標準偏差	朔望平均潮位	標準偏差	
朔望平均満潮位	T.P. 0.26m	T.P. 0.28m	0.11m	T.P. 0.26m	0.14m	T.P. 0.40m
朔望平均干潮位	T.P. -0.14m	T.P. -0.13m	0.12m	T.P. -0.20m	0.13m	T.P. -0.33m

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、1971年～2018年までの約48カ年の潮位観測記録のデータ分析を行った。分析結果を図2に示す。

平均潮位の変化について線形近似を実施し、潮位の変化量を算定した結果、データの分析を行った約48カ年で -6 cm (-0.11 cm/年)であり、緩やかな下降傾向が見られるものの、急激な変化は見られないことを確認した。

以上より、入力津波に用いる潮位条件用のデータ抽出期間に問題はない。

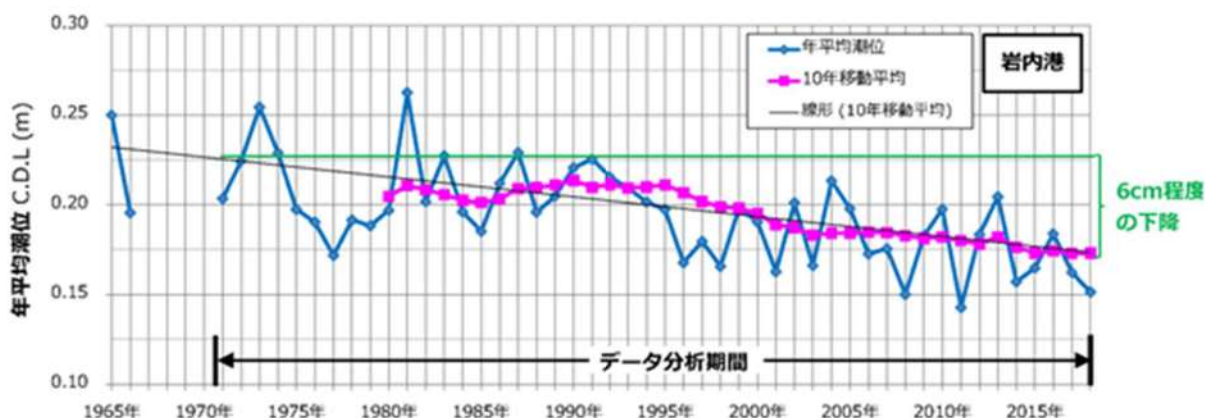


図2 年平均潮位の推移 (1965年～2018年)

また、2019年以降の最新データを追加した1971年～2021年までの約51カ年の潮位観測記録のデータ分析を行った。分析結果を図3に示す。

平均潮位の変化について線形近似を実施し、潮位の変化量を算定した結果、データの分析を行った約51カ年で -6 cm (-0.11 cm/年)であり、1971年～2018年における年平均潮位の推移と同様であることを確認した。

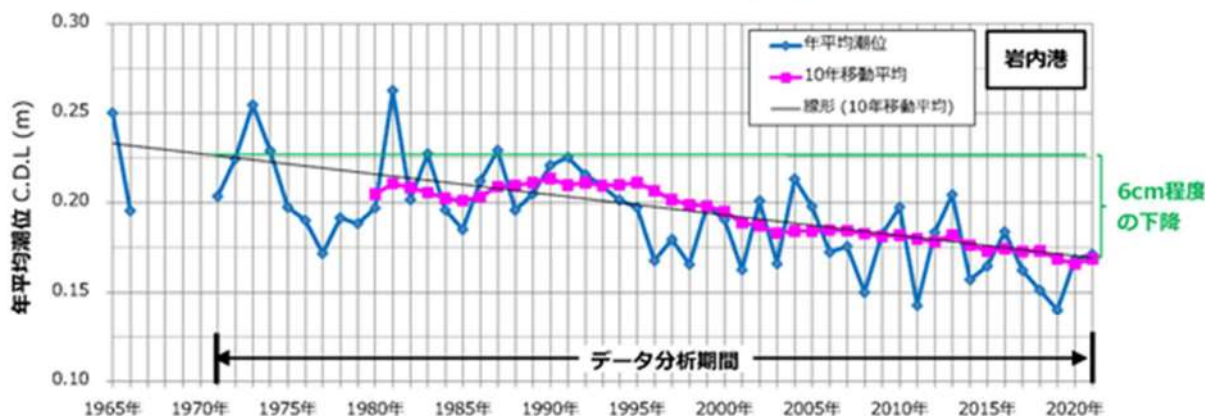


図3 年平均潮位の推移 (1965年～2021年)

3. 泊発電所の潮位観測記録と岩内港の潮位観測記録との比較について

泊発電所の潮位観測地点と泊発電所の潮位観測に用いている潮位観測地点「岩内港」(敷地から南約5km地点)の潮位観測記録を比較した。

泊発電所における潮位計の設置位置を図4に示す。

泊発電所の潮位観測地点と潮位観測地点「岩内港」の記録を比較するため、両地点の潮位観測記録から、日最高潮位及び日最低潮位の値を整理した。

泊発電所の潮位観測地点と潮位観測地点「岩内港」の過去1年間(2018年)の日最高及び最低潮位の比較を図5に示す。

検討結果から、泊発電所の潮位観測地点と潮位観測地点「岩内港」の波形には大きな差がなく、泊発電所の潮位観測地点と潮位観測地点「岩内港」の日最高潮位の差は年間平均0.01m、日最低潮位の差は年間平均0.01mとなる。

泊発電所で観測している潮位は、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、観測基準面の標高の見直しは行っていない。

朔望平均潮位については、岩内港の潮位観測記録に基づき評価を実施する。泊発電所の日最高潮位及び日最低潮位は共に岩内港に比べ年間平均0.01m高かったことを踏まえ、保守的な設定になるよう潮位差として上昇側水位に0.01mを考慮し、下降側水位には考慮しない。

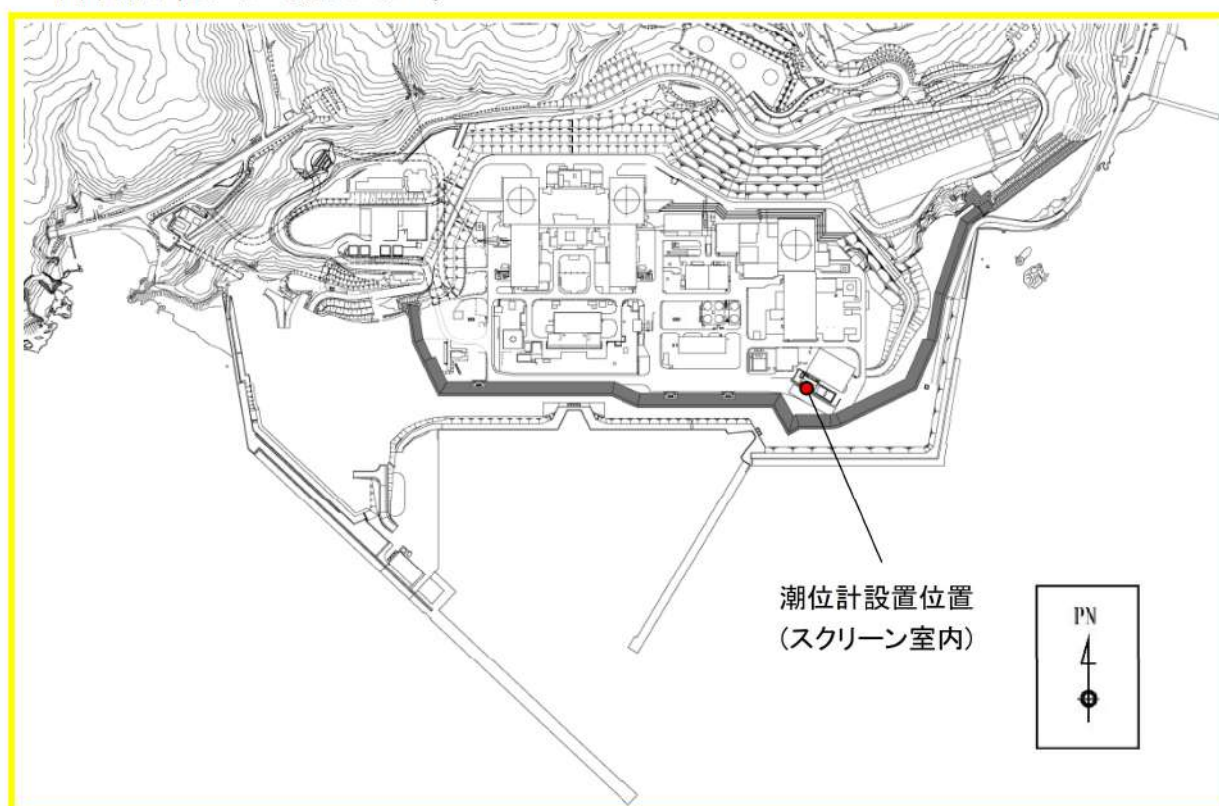


図4 泊発電所における潮位計設置位置

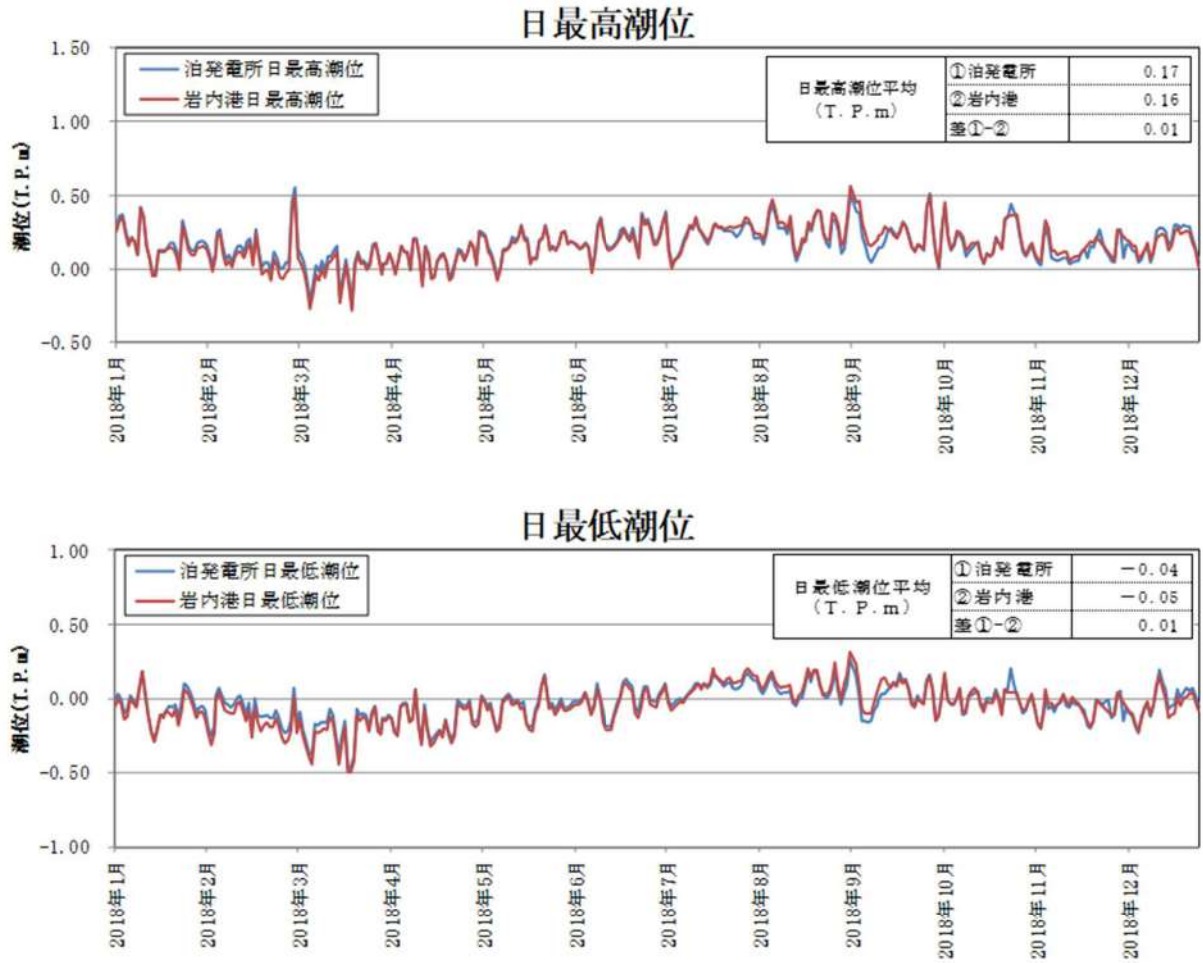


図5 泊発電所と潮位観測地点「岩内港」の日最高及び最低潮位の比較

4. 朔望平均潮位におけるばらつきの考慮について

入力津波の設定に用いる潮位条件として考慮する潮位のばらつきを把握するために、至近8ヵ年（2014年1月～2021年12月）及びデータ分析期間初期約5ヵ年（1971年3月～1975年12月）の朔望平均潮位に関するデータを分析した。

（1）至近8ヵ年（2014年1月～2021年12月）

至近8ヵ年（2014年1月～2021年12月）の朔望平均潮位に関するデータ分析の結果を表2及び図6に示す。標準偏差は満潮位で0.11m、干潮位で0.12mとなった。入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位（1961年9月～1962年8月）と至近8ヵ年（2014年1月～2021年12月）の朔望平均潮位の比較を表3に示す。両者を比較した結果、朔望平均満潮位の差は0.02m、朔望平均干潮位の差は0.01mである。

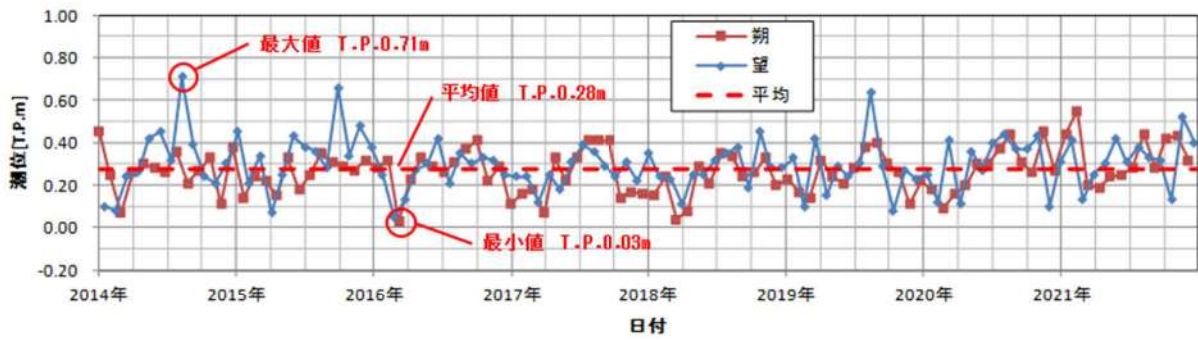
表2 至近8ヵ年（2014年1月～2021年12月）における朔望平均潮位

	満潮位	干潮位
最大値	T. P. 0. 71m	T. P. 0. 16m
平均値	T. P. 0. 28m	T. P. -0. 13m
最小値	T. P. 0. 03m	T. P. -0. 49m
標準偏差	0. 11m	0. 12m

表3 入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位（1961年9月～1962年8月）と至近8ヵ年（2014年1月～2021年12月）の朔望平均潮位の比較

	入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位（1961年9月～1962年8月）（A）	過去8ヵ年（2014年1月～2021年12月）の朔望平均潮位（B）	（B）－（A）
朔望平均満潮位	T. P. 0. 26m	T. P. 0. 28m	0. 02m
朔望平均干潮位	T. P. -0. 14m	T. P. -0. 13m	0. 01m

朔望満潮位



朔望干潮位

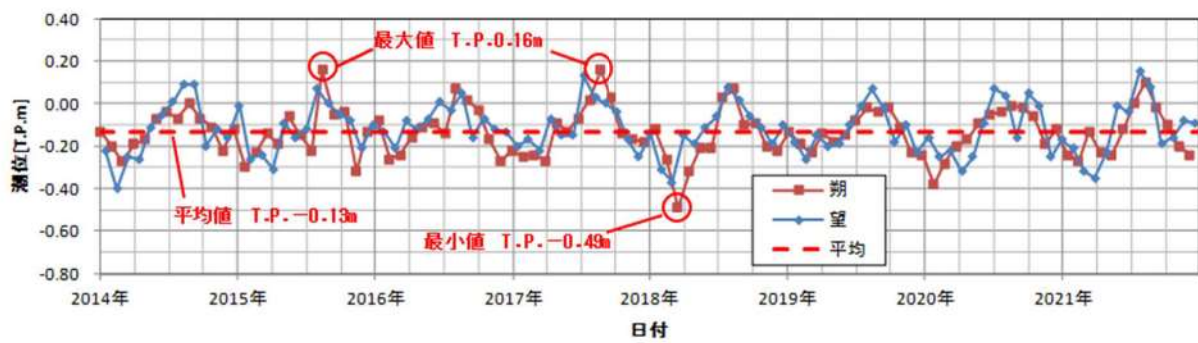


図6 至近8ヵ年（2014年1月～2021年12月）の各月の朔望潮位の推移

(2) データ分析期間初期約5ヵ年(1971年3月～1975年12月)

データ分析期間初期約5ヵ年(1971年3月～1975年12月)の朔望平均潮位に関するデータ分析の結果を表4及び図7に示す。標準偏差は満潮位で0.14m、干潮位で0.13mとなった。入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位(1961年9月～1962年8月)とデータ分析期間初期約5ヵ年(1971年3月～1975年12月)の朔望平均潮位の比較を表5に示す。両者を比較した結果、朔望平均満潮位の差は0.00m、朔望平均干潮位の差は0.06mである。

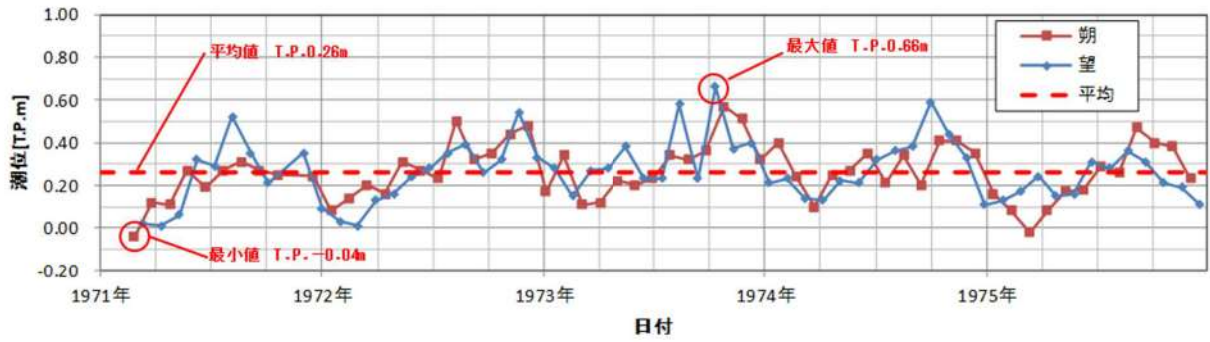
表4 データ分析期間初期約5ヵ年(1971年3月～1975年12月)における朔望平均潮位

	満潮位	干潮位
最大値	T. P. 0.66m	T. P. 0.16m
平均値	T. P. 0.26m	T. P. -0.20m
最小値	T. P. -0.04m	T. P. -0.48m
標準偏差	0.14m	0.13m

表5 入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位(1961年9月～1962年8月)とデータ分析期間初期約5ヵ年(1971年3月～1975年12月)の朔望平均潮位の比較

	入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位(1961年9月～1962年8月)(A)	データ分析期間初期約5ヵ年(1971年3月～1975年12月)の朔望平均潮位(B)	(B)-(A)
朔望平均満潮位	T. P. 0.26m	T. P. 0.26m	0.00m
朔望平均干潮位	T. P. -0.14m	T. P. -0.20m	0.06m

朔望満潮位



朔望干潮位

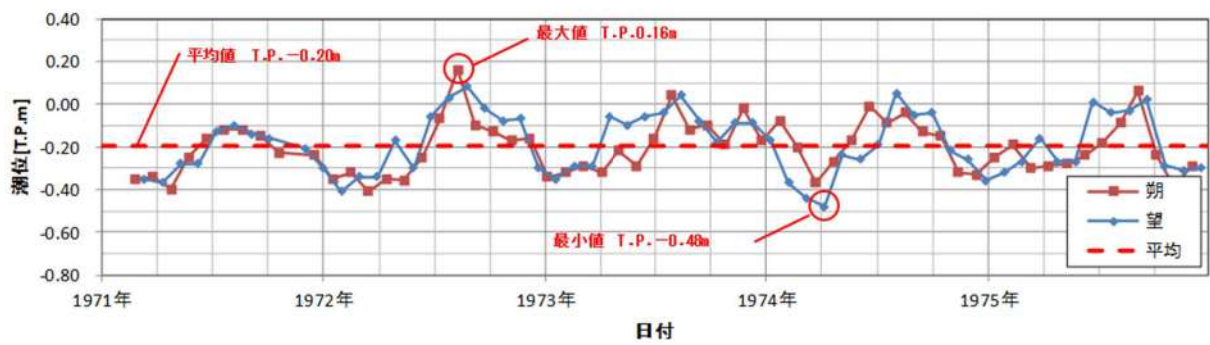


図7 データ分析期間初期約5カ年（1971年3月～1975年12月）の各月の朔望潮位の推移

(3) まとめ

潮位のばらつきについては、入力津波の評価で考慮する朔望平均潮位（1961年9月～1962年8月）、至近8ヵ年（2014年1月～2021年12月）及びデータ分析期間初期約5ヵ年（1971年3月～1975年12月）の朔望平均潮位を比較し、保守的な設定になるようデータ分析期間初期約5ヵ年の朔望平均潮位のばらつきを考慮することとする（図8）。

- ▶ 水位上昇側については、岩内港のデータ分析期間初期約5ヵ年の朔望平均満潮位 T.P. 0.26m に標準偏差 0.14m を加えると、T.P. 0.40m となるため、入力津波の評価で考慮する朔望平均満潮位 T.P. 0.26m との差分 0.14m を、評価のばらつきとして考慮する。加えて、入力津波の評価に当たっては、泊発電所と岩内港の潮位差 0.01m を考慮する。
- ▶ 水位下降側については、岩内港のデータ分析期間初期約5ヵ年の朔望平均干潮位 T.P. -0.20m から標準偏差 0.13m を差し引くと、T.P. -0.33m となるため、入力津波の評価で考慮する朔望平均満潮位 T.P. -0.14m との差分 0.19m を、評価のばらつきとして考慮する。

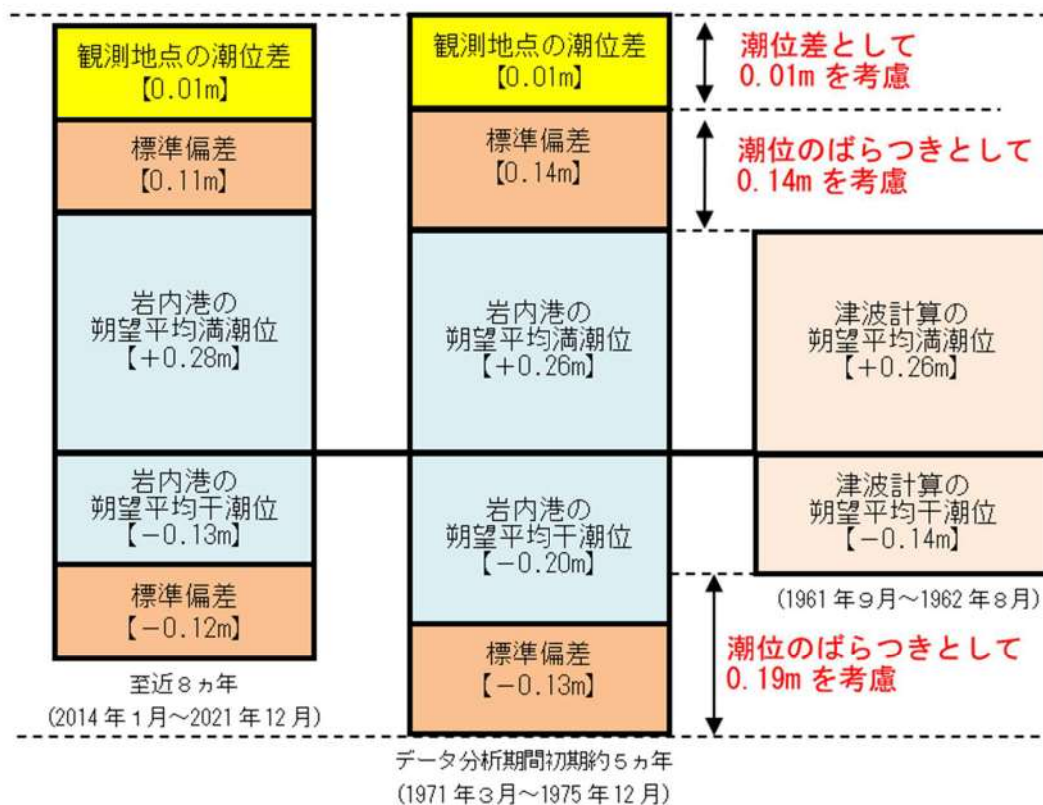


図8 潮位のばらつき考慮の考え方

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、過去48年（1971年～2018年）の潮位観測記録に基づき、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。

さらに上記、再現期間を検討した過去48年（1971年～2018年）以降の近年の潮位観測記録を含めた過去51年（1971年～2021年）の潮位観測記録についても確認し、再現期間100年に対する期待値の比較を行った。

（1）高潮の評価

観測地点「岩内港」における過去48年（1971年～2018年）の年最高潮位を表6に示す。また、表から算定した観測地点「岩内港」における最高潮位の超過発生確率を図9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	T.P.	0.63m
5年	T.P.	0.73m
10年	T.P.	0.80m
20年	T.P.	0.87m
50年	T.P.	0.96m
100年	T.P.	1.03m

表6 観測地点「岩内港」における年最高潮位

年	最高潮位 発生日	年最高潮位 (T.P.m)	(参考) 年最高潮位上位10位
1971	10月12日	0.570	
1972	9月18日	0.640	
1973	10月15日	0.660	
1974	10月4日	0.590	
1975	9月8日	0.470	
1976	9月15日	0.510	
1977	7月11日	0.360	
1978	8月4日	0.505	
1979	3月31日	0.575	
1980	11月1日	0.515	
1981	11月4日	0.565	
1982	8月29日	0.485	
1983	11月25日	0.640	
1984	8月23日	0.770	5
1985	10月8日	0.670	
1986	9月22日	0.750	9
1987	9月1日	1.000	1
1988	12月15日	0.640	
1989	8月28日	0.700	
1990	8月23日	0.790	4
1991	7月26日	0.620	
1992	10月31日	0.710	
1993	1月29日	0.630	
1994	10月13日	0.810	3
1995	11月9日	0.760	7
1996	6月19日	0.580	
1997	8月5日	0.650	
1998	11月9日	0.730	
1999	10月3日	0.710	
2000	9月2日	0.750	9
2001	8月23日	0.660	
2002	10月23日	0.700	
2003	12月26日	0.770	5
2004	9月8日	0.960	2
2005	9月8日	0.610	
2006	9月20日	0.760	7
2007	9月8日	0.650	
2008	11月30日	0.458	
2009	8月21日	0.598	
2010	12月4日	0.628	
2011	7月4日	0.488	
2012	9月18日	0.538	
2013	8月18日	0.578	
2014	8月11日	0.708	
2015	10月2日	0.658	
2016	8月31日	0.658	
2017	9月19日	0.558	
2018	9月6日	0.568	

(参考) 年最高潮位上位 10 位と発生要因

順位	最高潮位 (T.P.m)	発生年月日	発生要因
1	1.000	1987年9月1日	台風12号
2	0.960	2004年9月8日	台風18号
3	0.810	1994年10月13日	台風29号
4	0.790	1990年8月23日	台風14号
5	0.770	1984年8月23日	台風10号
6	0.770	2003年12月26日	低気圧
7	0.760	1995年11月9日	低気圧
8	0.760	2006年9月20日	台風13号
9	0.750	1986年9月22日	台風16号
10	0.750	2000年9月2日	台風12号

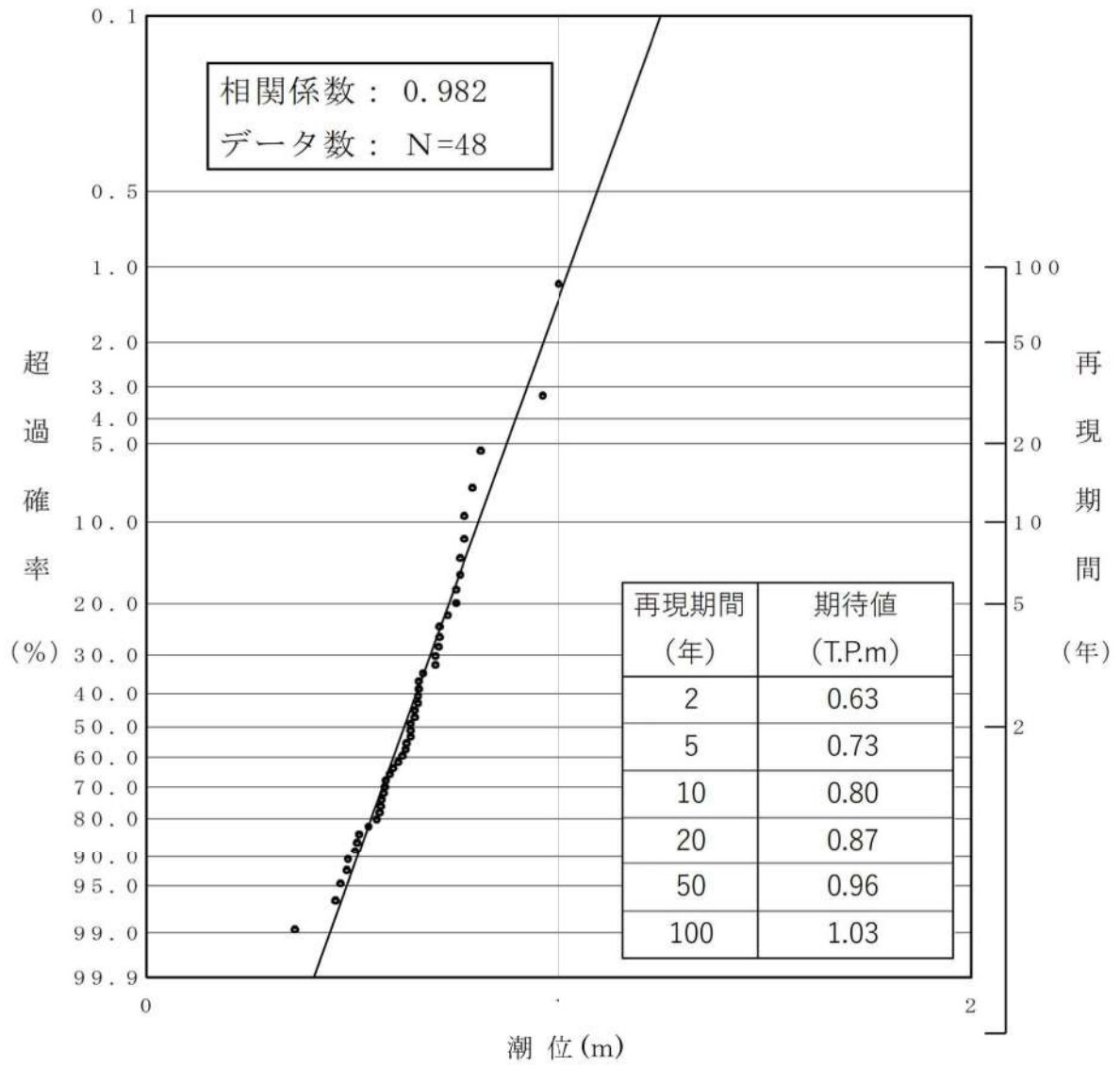


図9 観測地点「岩内港」における最高潮位の超過発生確率

●：追而

(2) 高潮の考慮

基準津波による水位の年超過確率は、●～●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

(T.P. 1.03m) と、入力津波で考慮する朔望平均満潮位 (T.P. 0.26m) 及び潮位のばらつき (0.14m) 及び泊発電所と岩内港の潮位差 0.01m の合計の差である 0.62m を外郭防護の裕度評価において参照する。(図 10)

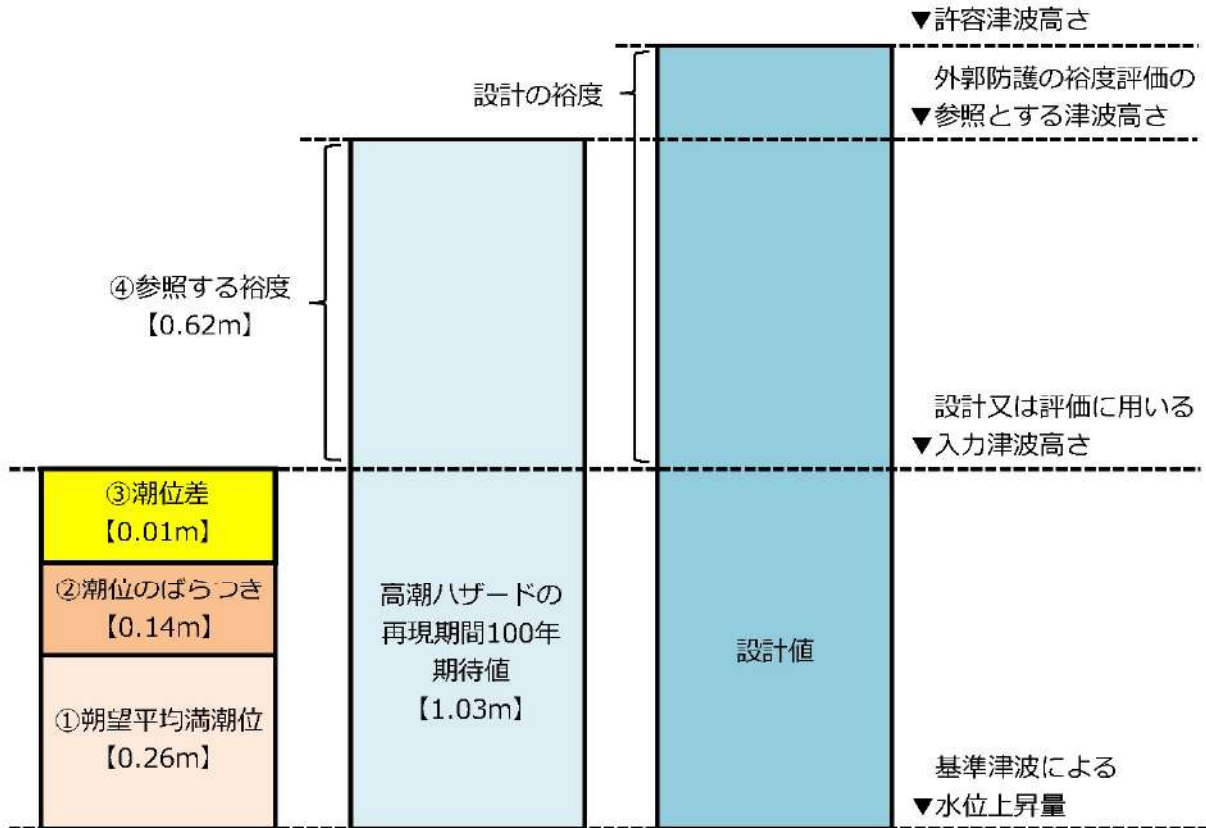


図 10 潮位等の考慮方法の概念図

(3) 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 (T. P. 1. 03m) 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過去 51 年 (1971 年～2021 年) を対象に、観測地点「岩内港」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 11 に示す。この図より、100 年に対する期待値は T. P. 1. 02m 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 1971 年～2018 年を対象に算出した再現期間 100 年に対する期待値 (T. P. 1. 03m) を用いる。

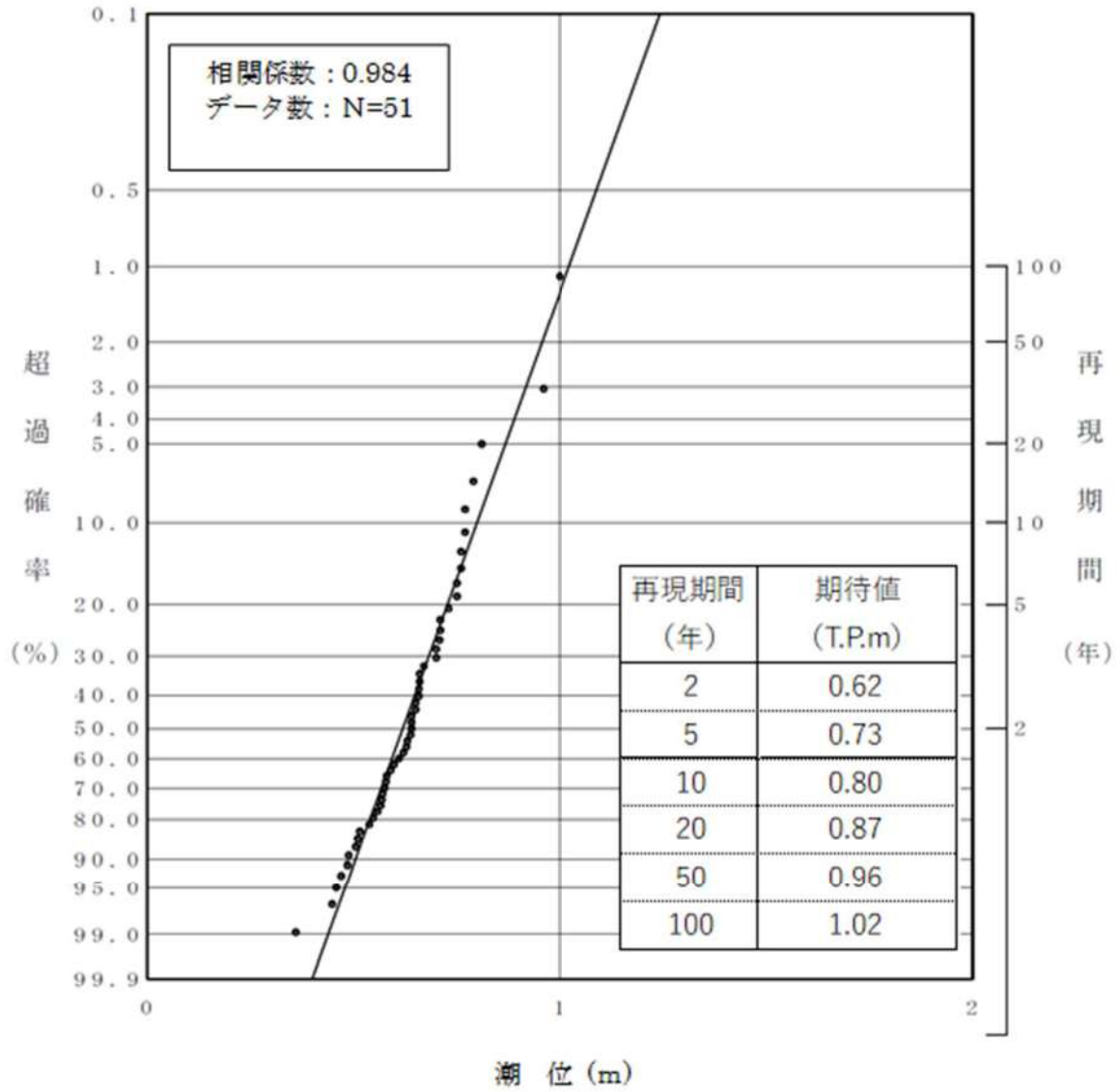
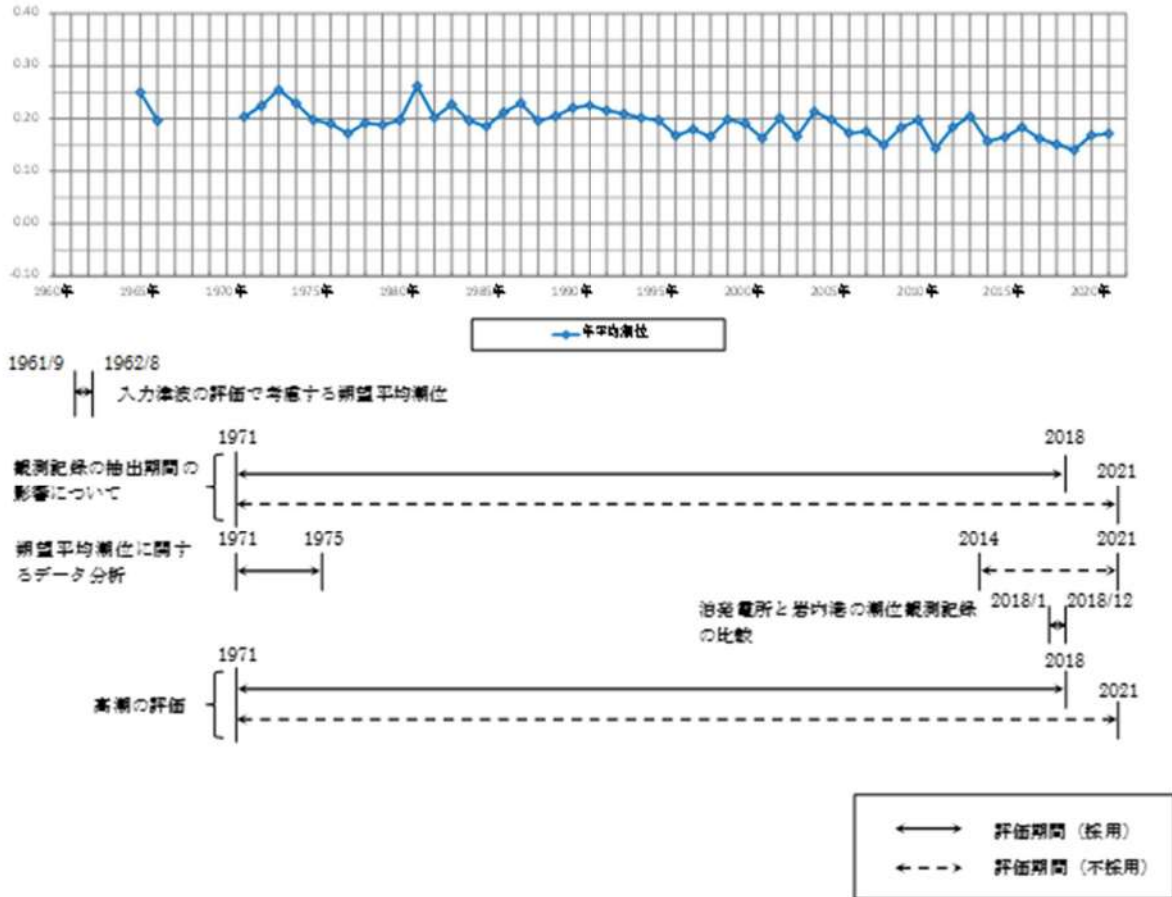


図 11 近年の観測記録による最高潮位の超過発生確率

潮位データの評価期間について

津波評価に考慮する潮位の検討に用いた潮位データの評価期間を参考図 1 に示す。



参考図 1 潮位データの評価期間

津波防護対策の設備の位置づけについて

泊発電所 3 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）。

また、津波防護対策の設置による既設の施設への影響について別紙 1 に整理した。

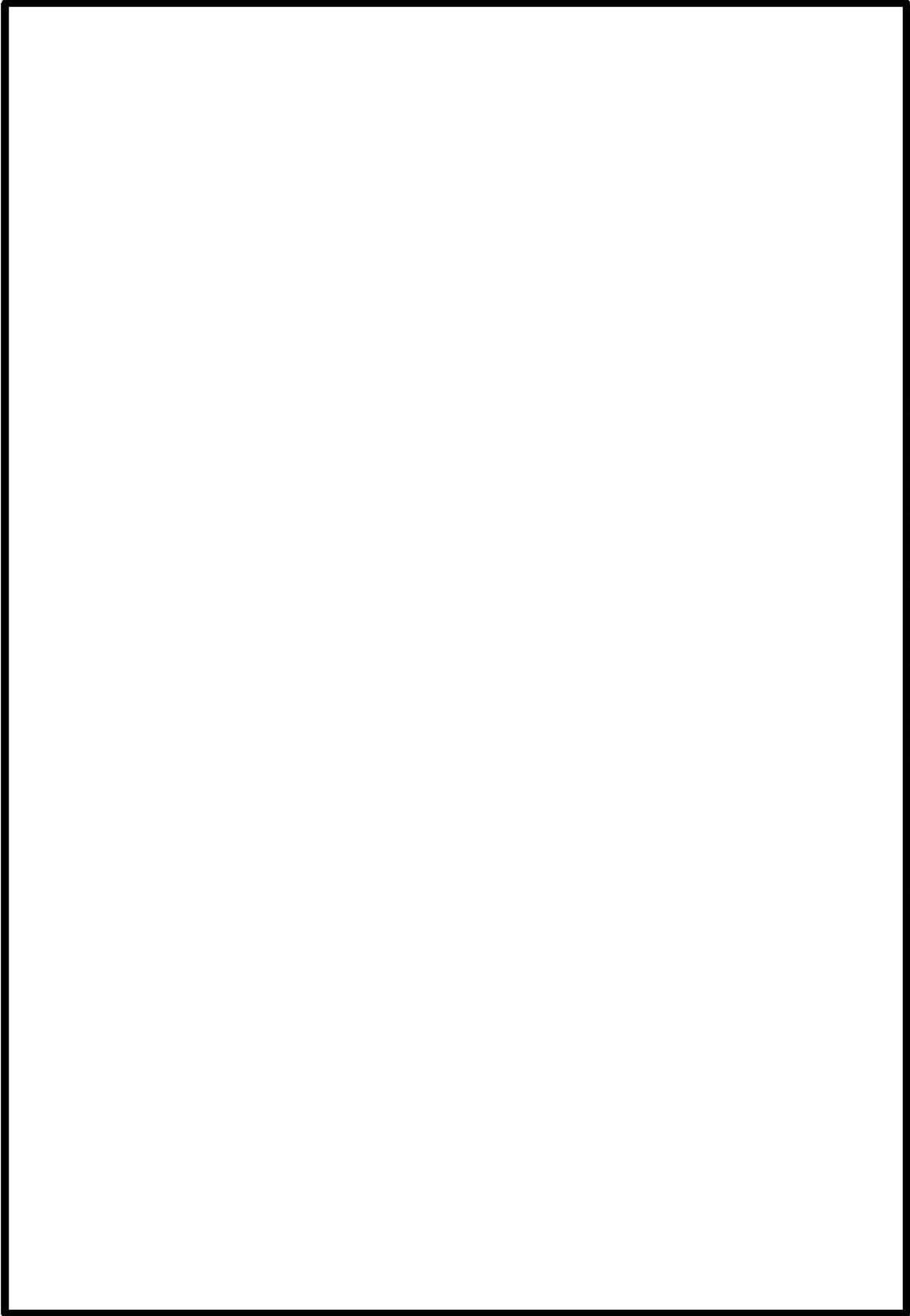


図1 3号炉における津波防護対策設備の概要

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表1 各津波防護対策の分類整理 (1/2)

分類	定義 ^{※1}	施設・設備 ^{※1}	目的 ^{※1}	防潮堤	3号炉取水ピットスクリーン室 防水壁	1号及び2号炉 取水路 流路縮小工	1号及び2号炉 放水路 逆流防止設備	3号炉 放水ピット 流路縮小工	3号炉原子炉補機 冷却海水放水路 逆流防止設備
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）	○ 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
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 ・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	・敷地内に、 津波を浸水及 び漏水させな い（外郭防護） ・浸水防護重 点化範囲内 に、津波や内 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	○ 敷地への津波の 流入を防止する （外郭防護1） × 該当しない

※1 耐津波設計に係る設工認審査ガイド 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}	屋外排水路 逆流防止設備	浸水防止蓋	水密扉	ドレンライン 逆止弁	貫通部止水処置	貯留堰
津波防護施設	外郭防護及び内郭防護を行う土木、建築物	・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）	× 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	○ 引き波時において、原子炉補機冷却海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保する
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）	○ 敷地への津波の流入を防止する（外郭防護1）	○ 敷地、原子炉補機冷却海水ポンプエリア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、原子炉補機冷却海水ポンプエリアへの津波の流入を防止する（外郭防護1）	○ 原子炉補機冷却海水ポンプエリアへの津波の流入を防止する（外郭防護1）	× 該当しない
		・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	・浸水防護重点化範囲内に、津波や内水が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	○ 地震によるタービン建屋内の循環水系配管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への流入を防止する。	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない

※1 耐津波設計に係る設工認審査ガイド 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

津波防護対策が既設の施設の機能に与える影響及び対応方針について

1. 概要

泊3号炉の津波防護対策（防潮堤を除く。以下同じ。）は、図1のフローに基づき、津波の流入の可能性のある取水路、放水路等の経路及び浸水防護重点化範囲に流入する可能性のある経路に対して実施する。表1に津波防護対策の既設との取り扱い及び先行審査実績の有無を整理した。既設との取り合いがない対策は、既設の施設に与える影響はないことから、既設との取り合いがある津波防護対策を抽出対象とした。また、既設との取り合いがある対策のうち、先行審査実績がある対策は、既設の施設への影響を踏まえた設計が実現可能であることから、本資料では先行審査実績がない対策または先行審査実績がある対策のうち泊3号炉で特徴的な対策を抽出対象とし、以下4つの対策について既設の施設の機能に与える影響を整理した。

【抽出対象】

- ・ 1号及び2号炉取水路流路縮小工
- ・ 1号及び2号炉放水路逆流防止設備
- ・ 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁
- ・ 3号炉放水ピット流路縮小工

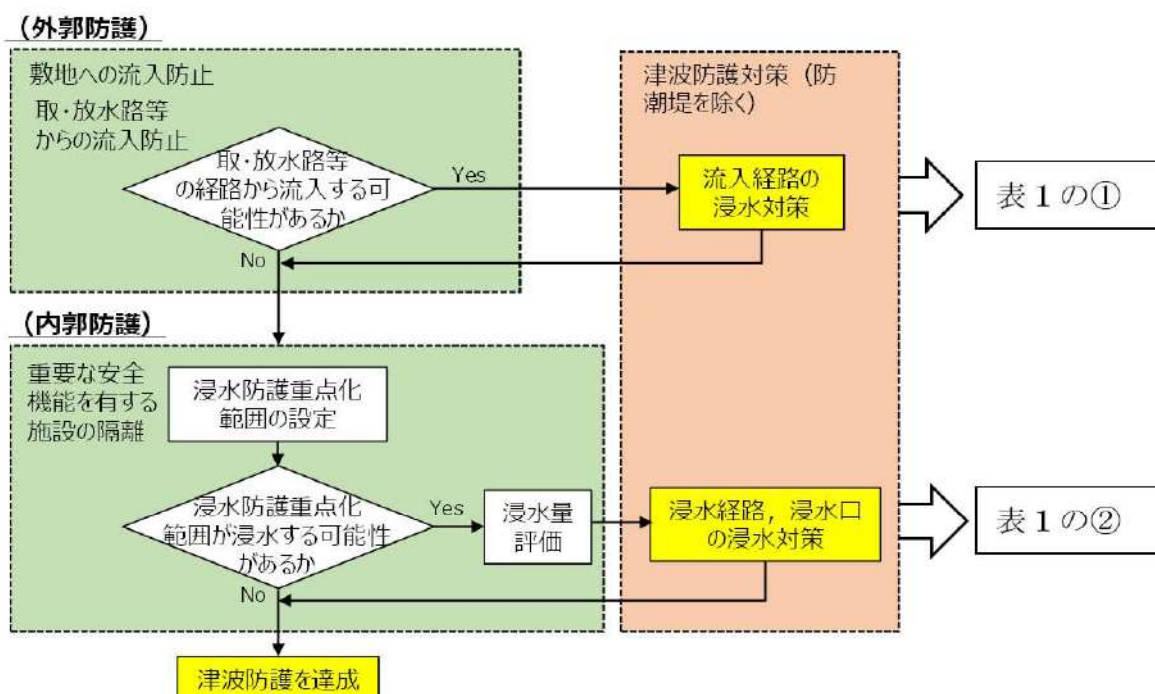


図1 津波防護対策（防潮堤を除く）の選定フロー

表1 津波防護対策（防潮堤を除く）の既設との取り合い及び先行審査実績の有無

津波流入の可能性のある経路		津波防護対策（浸水対策）		既設との取り合い	先行審査実績
1号及び2号炉	取水路	1号及び2号炉取水路流路縮小工		○	無し ^{※1}
	放水路	1号及び2号炉放水路逆流防止設備		○	有り ^{※2}
—	屋外排水路	屋外排水路逆流防止設備		×	有り
3号炉	取水路	3号炉取水ピットスクリーン室防水壁		○	有り ^{※3}
		3号炉取水ピットスクリーン室防水壁	水密扉	×	有り
			ドレンライン逆止弁	○	有り
		原子炉補機冷却海水ポンプエリア	浸水防止蓋	○	有り
	貫通部止水処置		○	有り	
	放水路	3号炉放水ピット流路縮小工		○	無し ^{※1}
		3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備		○	有り
	地震による機器の損傷箇所	原子炉建屋及び原子炉補助建屋と電気建屋，原子炉補助建屋と出入管理建屋との境界	水密扉	○	有り
貫通部止水処置			○	有り	
原子炉建屋とタービン建屋との境界		ドレンライン逆止弁	○	有り	
		貫通部止水処置	○	有り	

- ※1 先行廃止措置プラントにおいては，取水路及び放水路に適用実績は有るが，供用プラントにおいて適用実績はない。
- ※2 先行プラントにおいて，補機冷却系放水路で逆流防止設備の適用実績は有り，機能，構造的について同様のものを採用予定だが，泊は設置箇所が放水路（暗渠）であり特徴的である。
- ※3 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁は，先行審査実績のある地上部設置部分以外に地下部も含めた防水壁構造（ピット方式）が特徴的である。

2. 津波防護対策が既設の施設の機能に与える影響

(1) 1号及び2号炉取水路流路縮小工

1号及び2号炉取水路流路縮小工は、1号及び2号炉取水路に設置する鋼製の構造物であり、既設の施設との取り合いは1号及び2号炉取水路であることから、当該施設への機能及び施設管理に与える影響とその対応方針を以下のとおり整理した*。1号及び2号炉取水路流路縮小工の構造や原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能に与える影響等含めて詳細は、添付資料31参照。

※添付資料31に記載のとおり、1号及び2号炉のプラント状態は、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止を前提として本整理は行った。

a. 既設の施設の機能に与える影響

(a) 対象となる既設の施設及び構造

既設影響の対象となる既設の施設は、1号及び2号炉取水路であり、構造は図2のとおり。

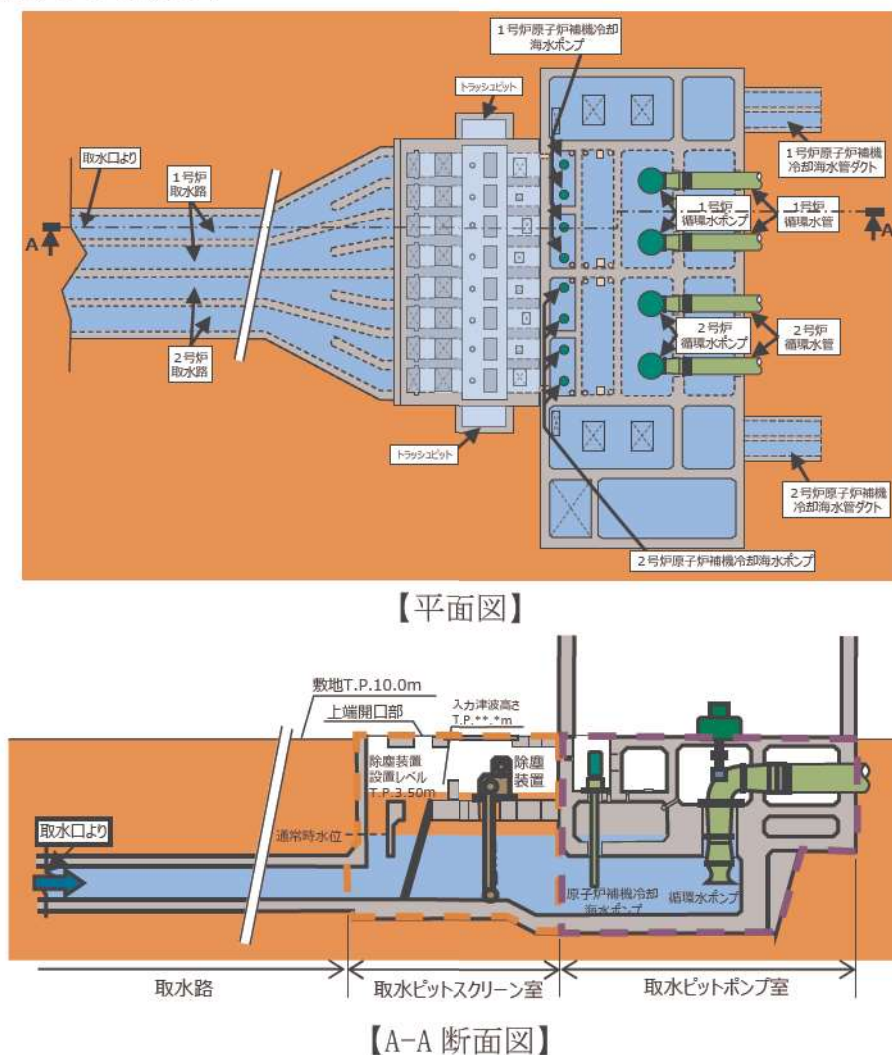


図2 1号及び2号炉取水路 既設構造概要図

(b) 既設の施設（1号及び2号炉取水路）が本来有する機能

▶安全重要度

1号及び2号炉のプラント状態としては、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止を前提としており、一時的に流路縮小工を設置した状態において、安全重要度は設定しないが、プラント通常運転状態における安全重要度は以下のとおり。

【プラント通常運転状態の安全重要度：MS-1】

取水路は、「発電用軽水型原子炉施設の安全上の機能別重要度分類に関する審査指針」において、「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」のうち、当該系の原子炉補機冷却海水系の直接関連系としてMS-1に該当する。

▶耐震重要度：耐震Sクラスの間接支持構造物

3号炉新規制基準適合性審査において、1号及び2号炉取水路の防潮堤直下については、耐震Sクラスである防潮堤及び流路縮小工の間接支持構造物として設計する。

なお、1号及び2号炉建設時においては、1号及び2号炉取水路は、耐震Cクラスに該当するが、安全上必須な機器である原子炉補機冷却海水ポンプの取水性確保のため、基準地震動に対する耐震性を確保している。

▶機能

1号及び2号炉取水路は、取水口で取込んだ海水を取水ピットまで導くための水路であり、1号及び2号炉それぞれ2条ずつ（計4条）設置している。

【設計要件】

1条あたり $1\text{m}^3/\text{s}$ （原子炉補機冷却海水として $1\text{m}^3/\text{s}$ ）

なお、1号及び2号炉のプラント通常運転状態においては、1条あたり $20\text{m}^3/\text{s}$ （復水器冷却水として $19\text{m}^3/\text{s}$ 、原子炉補機冷却海水として $1\text{m}^3/\text{s}$ ）

(c) 既設の施設の機能に与える影響及び対応方針

【既設の施設の機能に与える影響の有無】

- ▶ 1号及び2号炉取水路流路縮小工の設置により、取水経路が縮小されることで、取水路の損失水頭が増加する。
- ▶ 1号及び2号炉取水路流路縮小工部の開口部下端高さまでしか通水できなくなるため、取水ピットポンプ室の水位下限に影響する。
- ▶ 1号及び2号炉取水路流路縮小工部が海生生物の付着や砂の流入により閉塞する可能性がある。

【影響への対応方針】

- 1号及び2号炉取水路流路縮小工設置により増加する損失水頭は僅かであり，1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態における取水ピットポンプ室水位は僅かに低下するが，原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位から十分余裕があるため，取水機能への影響はない。
- 1号及び2号炉取水路流路縮小工の開口部下端高さは，原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位から十分余裕があるため，取水機能への影響はない。
- 1号及び2号炉取水路流路縮小工の開口部は，断面縮小に伴い当該区間の流速が増大することにより，砂による閉塞はなく，流路縮小工設置前より当該区間には海生生物が付着しにくいことから貝付着による閉塞の可能性もない。

(d) 施設管理に与える影響及び対応方針

【施設管理に与える影響の有無】

- 1号及び2号炉取水路流路縮小は，取水路内のルート上に設置することから，取水路内の点検時のアクセス性に影響がある。

【影響への対応方針】

- 1号及び2号炉取水路内のアクセス性については，1号及び2号炉取水路流路縮小工設置箇所の前後に取水路内へのアクセスが可能な開口が確保されており，流路縮小工設置後においても取水路全体の点検は可能である（図3）。

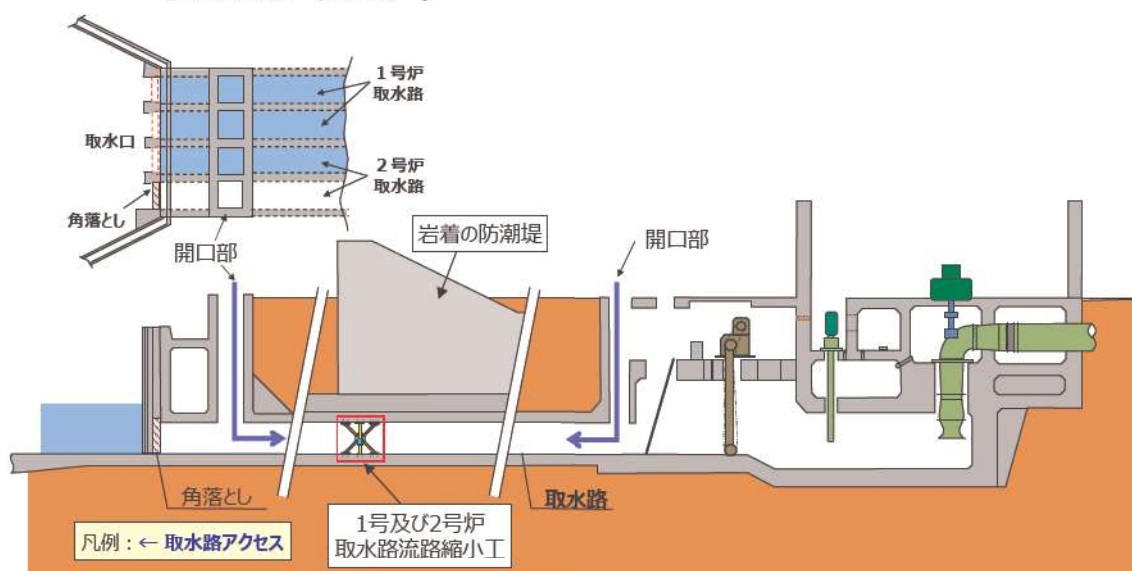


図3 1号及び2号炉取水路流路縮小工設置後の施設管理

【プラント通常運転状態の安全重要度：P S－3】

放水路は、「発電用軽水型原子炉施設の安全上の機能別重要度分類に関する審査指針」において、「異常事態の起因事象となるものであって、P S－1及びP S－2以外の構築物、系統及び機器」のうち、当該系の循環水系統（P S－3）の間接関連系としてP S－3に該当する。

▶耐震重要度：耐震Sクラスの間接支持構造物

3号炉新規制基準適合性審査において、1号及び2号炉放水路の防潮堤直下については、耐震Sクラスである防潮堤及び逆流防止設備の間接支持構造物として設計する。

なお、1号及び2号炉建設時においては、1号及び2号炉放水路は、耐震Sクラス及び耐震Bクラスに属する施設以外の施設のため、耐震Cクラスに該当する。

▶機能

1号及び2号炉放水路は、タービン駆動蒸気と熱交換された復水器冷却水、原子炉補機冷却水冷却器等と熱交換された原子炉補機冷却海水、温水ピット排水等のその他の排水を放水ピットから放水池まで導くための水路であり、1号及び2号炉それぞれ2条ずつ（計4条）設置している。

【設計要件】

1条あたり1m³/s（原子炉補機冷却海水として1m³/s）

なお、1号及び2号炉のプラント通常運転状態においては、1条あたり20m³/s（復水器冷却水として19m³/s、原子炉補機冷却海水として1m³/s）

(c) 既設の施設の機能に与える影響及び対応方針

【既設の施設の機能に与える影響の有無】

▶放水路に逆流防止設備を設置することで、通常放水時の損失水頭が上昇し、放水ピット及び放水路の水位が上昇するため、「原子炉補機冷却海水を放水ピットから放水池まで導く機能」に影響を与える。

▶逆流防止設備への海生生物の付着により放水路が閉塞する可能性がある。

【影響への対応方針】

▶逆流防止設備設置により、プラント停止状態における原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水ピット立坑水位は僅かに上昇するが、原子炉補機冷却海水放水路下端高さよりも十分低いことから、放水機能への影響はない。

▶放水路の至近の点検結果では、前回定期点検後から新たな貝等の付着は確認されていない。また、放水路に設置する逆流防止設備の開口部は、断面縮小に伴い当該区間の流速が増大することにより、海生

生物が付着しにくくなることから、貝付着による閉塞の可能性はない。

(d) 施設管理に与える影響及び対応方針

【施設管理に与える影響の有無】

➤ 1号及び2号炉放水路逆流防止設備は、放水路内のルート上に設置することから、放水路内の点検時のアクセス性に影響がある。

【影響への対応方針】

➤ 1号及び2号炉放水路内のアクセス性については、1号及び2号炉放水路逆流防止設備設置箇所的前後に放水路内へのアクセスが可能な開口が確保されており、逆流防止設備設置後においても放水路全体の点検は可能である（図5）。

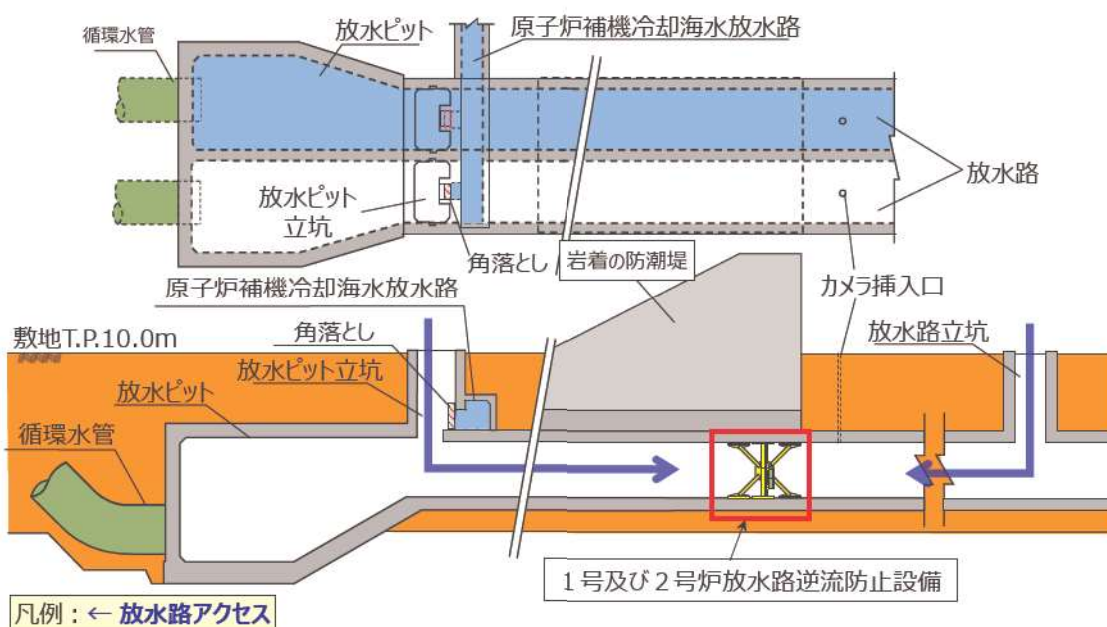


図5 1号及び2号炉放水路逆流防止設備設置後の施設管理

(3) 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁

a. 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設置目的

3号炉取水路から遡上する津波に対して、3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部の周囲を3号炉取水ピットスクリーン室防水壁で囲み、壁内に貯留することにより、津波が敷地へ流入することを防止する。

b. 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構造概要

➤3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部の周囲に設置する鋼製及びRC造の構造物であり、地下部も含めた防水壁構造（ピット方式）である。

➤また、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁には、人及び車輛がアクセス可能となるよう水密扉を設置する。

c. 既設の施設の機能に与える影響

(a) 対象となる既設の施設及び構造

既設影響の対象となる既設の施設は、3号炉取水ピットスクリーン室であり、構造は図6、図7のとおりであり、当該施設への機能及び施設管理に与える影響とその対応方針を以降で整理する。

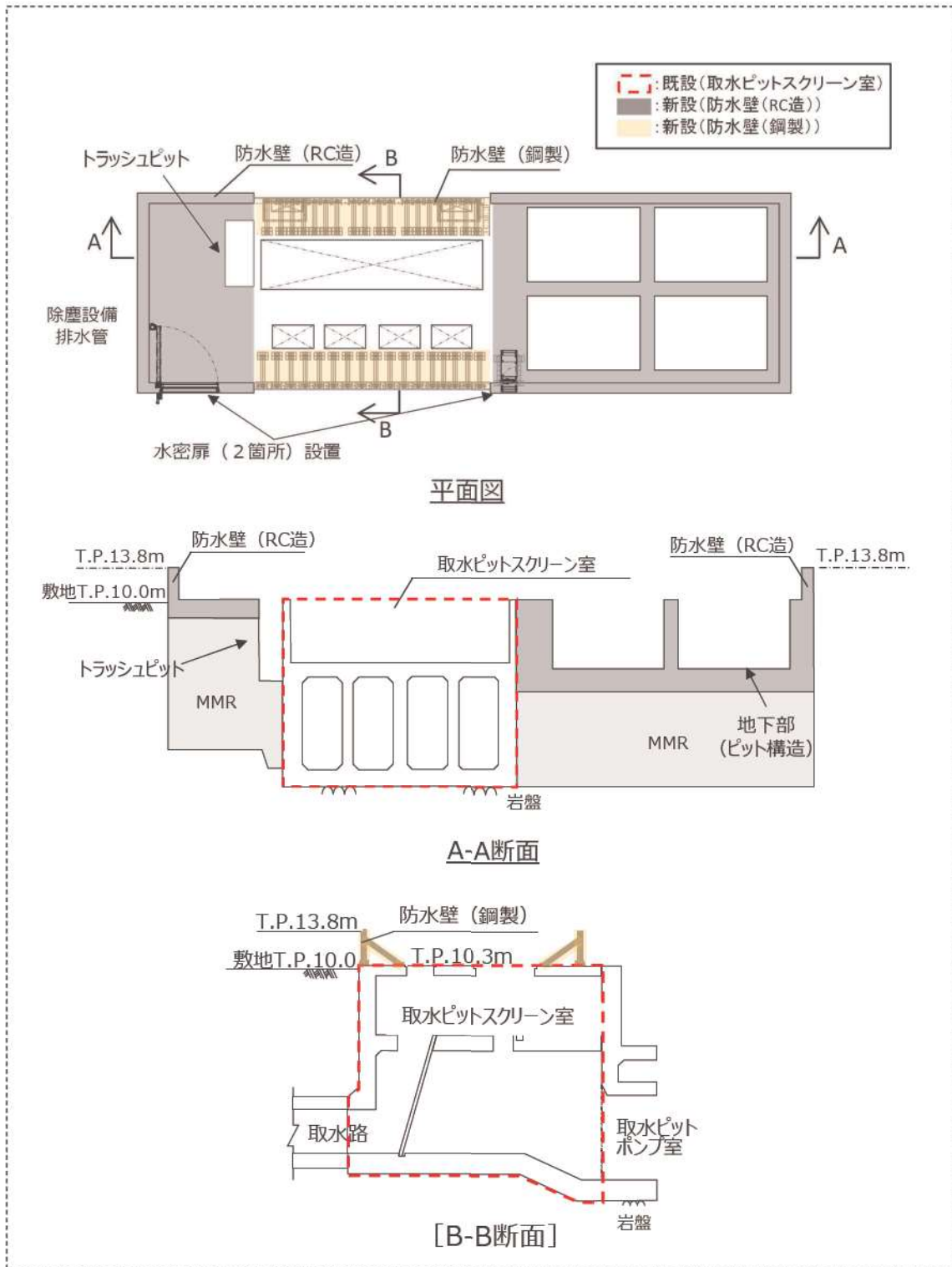


図7 3号炉取水ピットスクリーン室(防水壁設置後)構造概要図

追而【防水壁高さ，構造】
 破線囲部分については，入力津波解析結果を踏まえた構造決定後に精緻化する。

(b) 既設の施設（3号炉取水ピットスクリーン室）が本来有する機能

▶安全重要度：MS－1

3号炉取水ピットスクリーン室は、「発電用軽水型原子炉施設の安全上の機能別重要度分類に関する審査指針」において、「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」のうち、当該系の原子炉補機冷却海水系の直接関連系としてMS－1に該当する。

▶耐震重要度：耐震Cクラス

3号炉取水ピットスクリーン室は、耐震Cクラスに該当するが、安全上必須な機器である原子炉補機冷却海水ポンプの取水性確保のため、基準地震動に対する耐震性を確保することとしている。

▶機能

3号炉取水ピットスクリーン室は、以下の機能を有する。

- ・循環水ポンプ及び原子炉補機冷却海水ポンプの水源を確保するため、取水口より取り込んだ海水の通水及び貯水機能（図8）
- ・3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部は、除塵装置等の点検のためにクレーンで除塵装置等を搬出入する機能（図8）

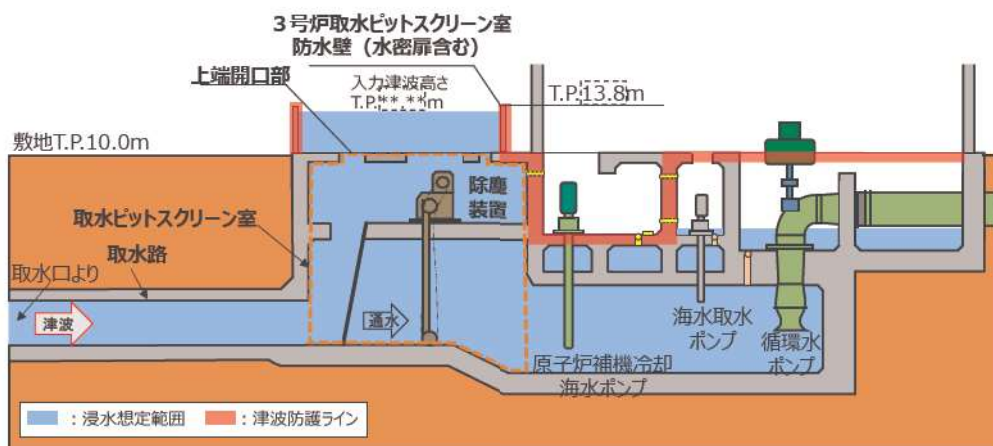


図8 3号炉取水系断面図（防水壁設置後）

追而【防水壁高さ及び入力津波高さ】

破線囲部分については、入力津波の解析結果を踏まえ記載する。

(c) 既設の施設の機能に与える影響及び対応方針

【既設の施設の機能に与える影響の有無】

- ▶3号炉取水ピットスクリーン室防水壁は、3号炉取水ピットスクリーン室内に設置するものではないため、海水通水及び貯水機能に与える影響はない。

▶ 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設置により、3号炉取水ピットスクリーン室躯体上部に作用する荷重が増加することで、3号炉取水ピットスクリーン室の耐震性に影響がある。

【影響への対応方針】

3号炉取水ピットスクリーン室の耐震性への影響を考慮し、躯体上部に設置する3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構造を鋼製壁とする等、荷重影響を低減した設計とする。

d. 施設管理に与える影響及び対応方針

【施設管理に与える影響の有無】

3号炉取水ピットスクリーン室内には、除塵装置が設置されており、除塵装置の施設管理に与える影響を以下のとおり確認した。

▶ 3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部の周りには3号炉建設時より除塵装置のメンテナンスに使用する常設橋型クレーンを設置していた^{※1}が、常設橋型クレーンの耐震性はCクラスのため、耐震Sクラスである3号炉取水ピットスクリーン室防水壁に対し、当該クレーンの地震等による倒壊により、波及的影響を及ぼす可能性がある。

※1 建設時に設置した常設橋型クレーンは波及的影響防止の観点から既に撤去済であり、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設置スペースを確保する観点でも基準地震動による地震力に対する耐震性を確保した常設橋型クレーンは再構築しない方針としている。

上記の通り、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁に対する波及影響防止の観点から常設橋型クレーンを撤去し再構築しない方針としたことにより、現行の除塵装置のメンテナンス運用に対して影響^{※2}を及ぼすこととなるため、常設橋型クレーンを使用しない新たなメンテナンス手法について対応していく必要がある。

※2 具体的な影響としては、常設橋型クレーンが使用できない状況においては、既設除塵装置のうち長尺、重量物の引き上げができなくなる。

▶ 3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部の周囲を3号炉取水ピットスクリーン室防水壁で囲うため、除塵装置の点検のための3号炉取水ピットスクリーン室へのアクセス性への影響がある。

【影響への対応方針】

▶ 常設橋型クレーンを使用せず現行とおり除塵装置のメンテナンスを達成するため、以下に記載する設備改造及びメンテナンス運用を成立させることで、メンテナンスに対する影響を回避する。

追而

(除塵装置の具体的な点検方針については、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の基本設計完了後に記載する。)

- 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁内へ人及び車輛のアクセスが可能となるよう水密扉を設置する設計とする。なお、先行プラントにおいても大型車輛が通行可能なサイズの水密扉は採用されており、実績のある構造で設計する。

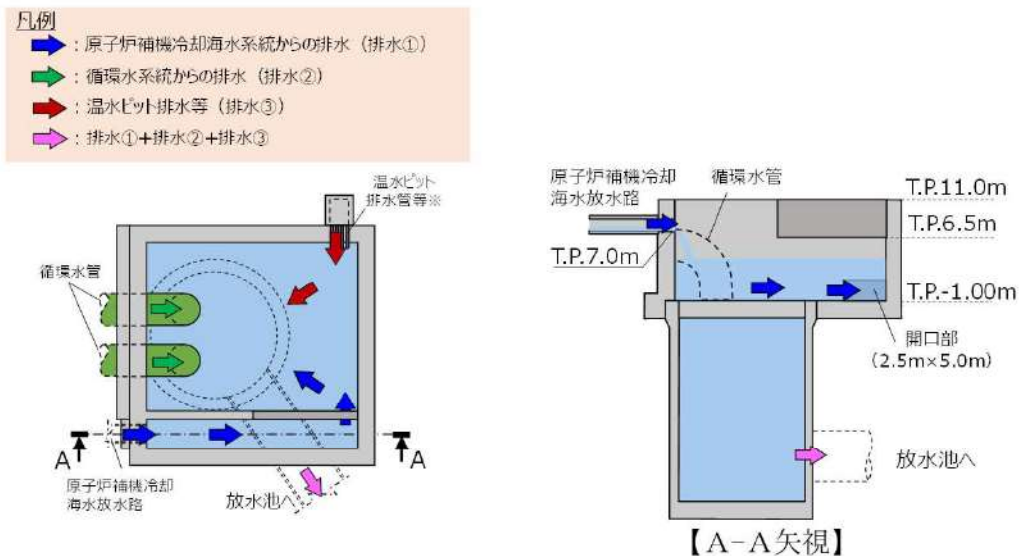
(4) 3号炉放水ピット流路縮小工

3号炉放水ピット流路縮小工は、3号炉放水ピットに設置するコンクリート構造物であるため、既設の施設である3号炉放水ピットについて、当該施設への機能及び施設管理に与える影響とその対応方針を以下のとおり整理した。3号炉放水ピット流路縮小工の構造や放水ピットに放水する原子炉補機冷却海水系等の放水機能に与える影響等含めて詳細は、添付資料 33 参照。

a. 既設の施設の機能に与える影響

(a) 対象となる既設の施設及び構造

既設影響の対象となる既設の施設は、3号炉放水ピットであり、構造は図9のとおり。



※ 温水ピット排水，濃縮海水排水，海水ピット排水，定常排水処理水，非定常排水処理水，定検用軸冷水海水及び原子炉補機冷却海水ポンプストレナ排水の配管が設置されている。

図9 3号炉放水ピット 既設構造概要図

(b) 既設の施設（3号炉放水ピット）が本来有する機能

▶安全重要度：PS-3

3号炉放水ピット（放水路含む）は、「発電用軽水型原子炉施設の安全上の機能別重要度分類に関する審査指針」において、「異常事態の起因事象となるものであって、PS-1及びPS-2以外の構築物、系統及び機器」のうち、当該系の循環水系統（PS-3）の間接関連系としてPS-3に該当する。

▶耐震重要度：耐震Cクラス

3号炉放水ピットは、耐震Sクラス及び耐震Bクラスに属する施設以外の施設のため、耐震Cクラスに該当する。

▶機能

循環水系統や原子炉補機冷却海水系統からの海水等を合流させて放水

路へと導き、3号炉放水ピットと放水池の水頭差により外海に水中放流する。(図9, 10)

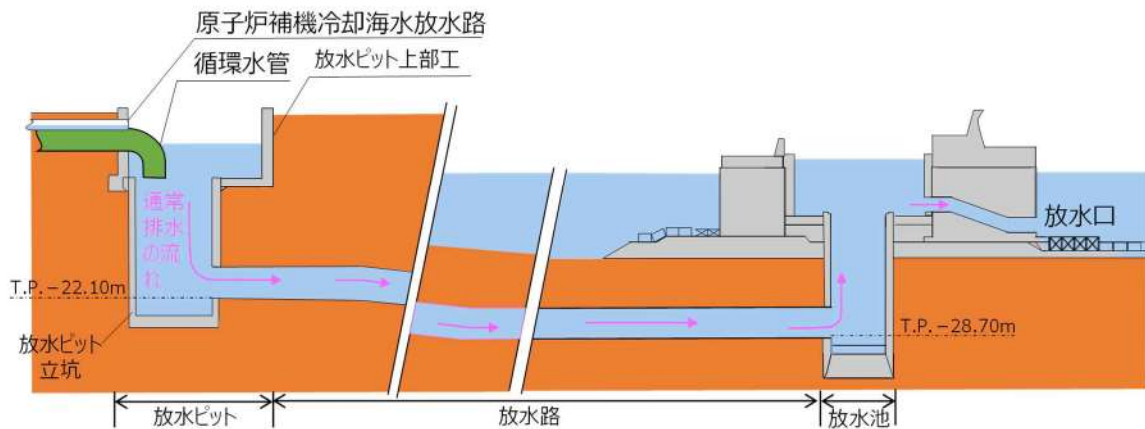


図10 3号炉放水系 断面図 (流路縮小工設置前)

(c) 既設の施設の機能に与える影響及び対応方針

【既設の施設の機能に与える影響の有無】

3号炉放水ピット流路縮小工の設置により、3号炉放水ピット開口が縮小され、流路抵抗が上昇するため、放水機能に影響がある。

【影響への対応方針】

原子炉補機冷却海水系統や循環水系統等の放水機能について影響がないよう、3号炉放水ピット流路縮小工設置後においても、通常運転時及び津波遡上時ともに排水可能な設計とする。

(d) 施設管理に与える影響及び対応方針

【施設管理に与える影響の有無】

➤ 3号炉放水ピット上部工はコンクリート構造物であり、コンクリートの劣化モードとして、中性化及び塩害等が挙げられるため、目視でコンクリート表面のひび割れ、剥離等の状態を定期的を確認しているが、3号炉放水ピット流路縮小工の設置により、放水ピット上部工の内壁の一部がコンクリートで覆われ、気中に露出しなくなることから、外観目視点検の範囲が変更となり、影響がある。

➤ 3号炉放水ピット立坑及び放水路はコンクリート構造物であり、3号炉放水ピットから水中カメラを入れてコンクリートの状態を定期的を確認することにより健全性評価を行っているが、3号炉放水ピット流路縮小工の設置により水中カメラを入れる箇所を変更する必要があり、影響がある。

➤ 循環水管は、鋼構造物であり、劣化モードは、内面及び外面の塗膜の

剥離等で海水と接触した場合の腐食等が挙げられるが、建屋外に設置する範囲は基本的に埋設されており、自然環境の影響を受けにくいことから、内面の劣化が支配的であり循環水管の内部から目視による鋼材の状態確認や管厚、変位及び防食装置の測定を定期的に行っている。また、放水ピット内の循環水管は、気中環境にあり自然環境による影響を受けることから、上記の内部点検に加えて外面の劣化を外観目視点検により確認しているが、3号炉放水ピット流路縮小工設置により放水ピット内の循環水管の一部がコンクリートで覆われることから、外観目視点検の範囲が変更となり、影響がある。

【影響への対応方針】

- ▶放水ピット上部工の流路縮小工設置面は、コンクリートで覆われることから、目視可能な範囲と比較して中性化及び塩害等の劣化は進行しにくいいため、目視可能範囲の外観目視点検結果に基づき、放水ピット上部工全体の健全性の評価を行うことで施設管理を行うことができる。
- ▶水中カメラを入れる箇所を循環水管に変更することで、現行の確認範囲に変更はなく従来とおりの施設管理を行うことができる（図11）。
- ▶循環水管の内部点検は、流路縮小工設置後も現行実施範囲から変更することなく対応可能である。また、放水ピット内の循環水管の一部コンクリートで覆われる範囲は、自然環境による影響を受けにくいいため、内面の劣化が支配的であり、既設の埋設範囲と同様に内部点検の結果から健全性の評価を行うことで施設管理を行うことができる。

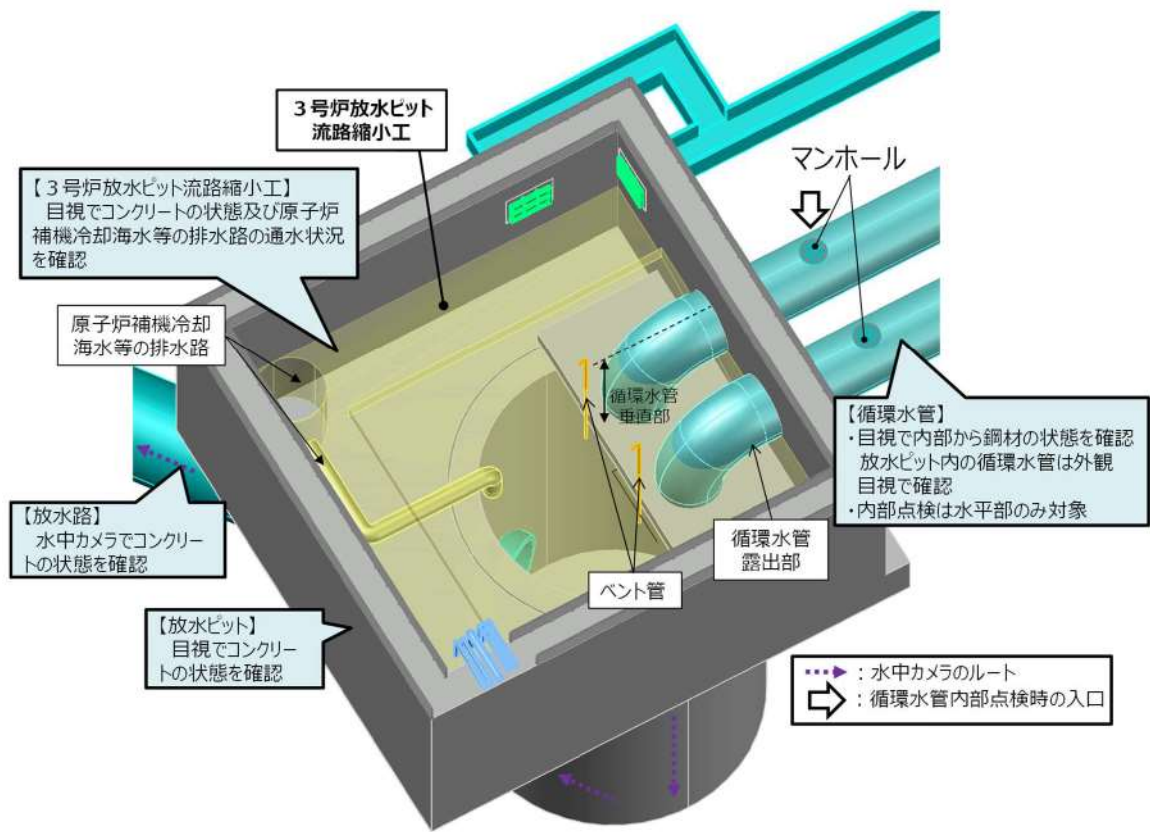


図 11 3号炉放水ピット流路縮小工設置後の施設管理

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「地震による溢水に加えて津波の流入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，考慮すべき具体的な溢水事象として以下の4事象を挙げている。（図1）

- a. タービン建屋における溢水
- b. 循環水ポンプ建屋における溢水
- c. 屋外タンク等による屋外における溢水
- d. 建屋外周地下部における地下水位の上昇

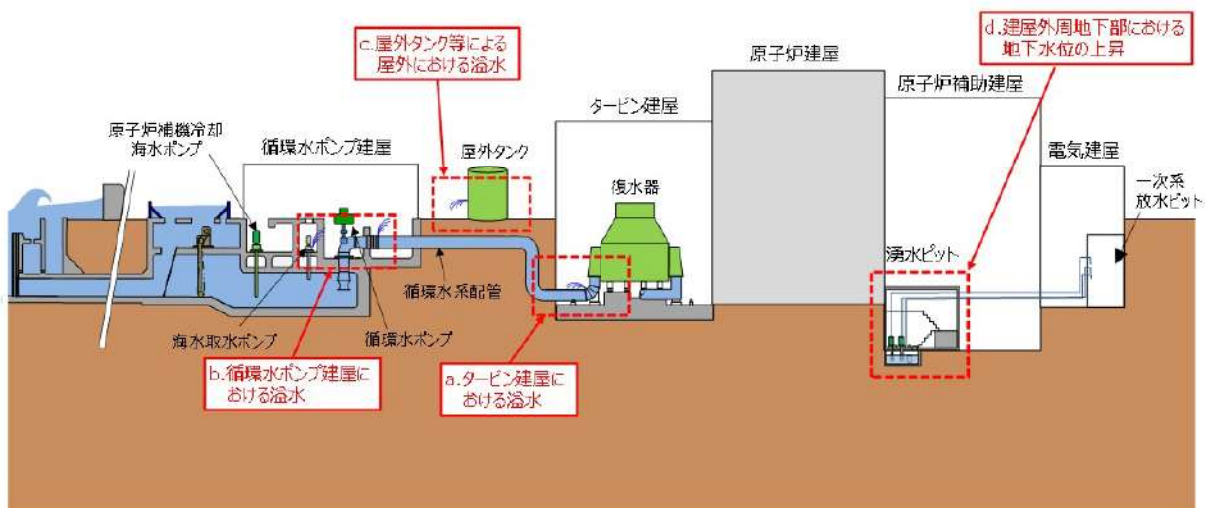


図1 地震による溢水の概念図

これらの各事象による a., c., d. 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。

a. については，地震に起因する地下ダクト内の耐震Cクラス配管の損傷により，保有水が溢水するとともにタービン建屋で溢水した津波が損傷箇所を介して，地下ダクトと接続されている電気建屋及び出入管理建屋に浸水するため，津波による溢水量として各建屋で発生する溢水量を見込んでいることから，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いる電気建屋及び出入管理建屋の溢水量についても，該当箇所を抜粋して示す。

また，c. による溢水の発生時において考慮が必要となるディーゼル発

電機燃料油貯油槽タンク室及びディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチへの流入に関し、ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室とディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチの構造及び防護方針を別紙1に示す。

2. タービン建屋における溢水（事象 a.）

9. タービン建屋からの溢水影響評価

9. 1 評価条件

溢水源となりうる機器が存在するタービン建屋において、想定する機器の破損等により生じる溢水、消火水の放水により生じる溢水、地震による機器の破損によって生じる溢水が発生した場合に、この溢水が、防護対象設備を設置している原子炉建屋に伝播するか否かについての溢水影響評価を行った。

なお、タービン建屋における単一機器の破損により生じる溢水量及び消火水の放水により生じる溢水量は、地震に起因する機器の破損に伴う溢水量に包含されることから、ここでは、地震に起因する機器の破損に伴う溢水量について評価を行った。また、タービン建屋内に循環水管が設置されていることを考慮し、タービン建屋における事象進展は以下のとおり想定した。

- (1) 地震により循環水管の伸縮継手部及び耐震Cクラス機器が破損し、溢水が発生する。
- (2) 耐震Cクラス機器の破損による溢水は瞬時に滞留し、循環水管の伸縮継手部からの溢水は循環水ポンプ停止まで継続する。
- (3) 地震に伴い、津波が来襲することを考慮する。

タービン建屋の溢水概念図を図 9-1 に示す。

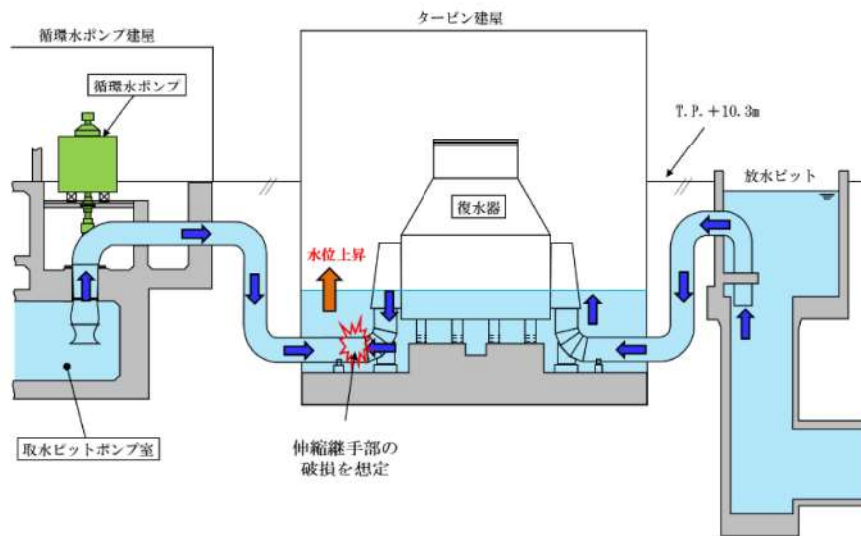


図 9-1 タービン建屋の溢水概念図

9. 2 評価に用いる各項目の算出

9. 2. 1 タービン建屋における溢水源

系統図及び機器配置図を用いて、タービン建屋内に存在する溢水源となる系統を抽出した。抽出結果を添付資料 12 に示す。

9. 2. 2 タービン建屋における溢水量

以下のとおり、タービン建屋における地震に起因する機器の破損に伴う溢水量を算出した。算出結果を添付資料 16 に示す。

地震に起因する機器の破損に伴う溢水量は、以下の条件に基づき算出した。その結果、各系統の溢水量の合計は、40,990m³となった。

- a. 系統保有水量には配管保有水量に加えて、機器の内容積も考慮する。
- b. 循環水管については、地震発生からポンプ停止までの時間を考慮し、循環水ポンプ出口の伸縮継手部の全周破損に伴う漏えい開始から 46 分後に循環水ポンプ吐き出し停止となり漏えいが止まるものとして算定した。

追而【地震津波側審査の反映】

タービン建屋からの溢水評価については、循環水管の伸縮継手破損部からの津波流入を考慮していることから、以下の破線囲部分¹は基準津波確定後の評価結果を反映する。

さらに津波来襲時の溢水量を考慮する。

津波来襲時の取水側水位 (T.P. [] m) 及び放水ピット水位 (T.P. [] m) とタービン建屋内の溢水水位 (T.P. 5.7m) を比較した結果、タービン建屋内への津波流入量は [11,870] m³ となった。

9. 2. 3 タービン建屋における溢水経路

タービン建屋における、地震に起因する機器の破損に伴い発生した溢水は、階段室、グレーチングが設置された開口部等を経由し、最終的には最地下階に貯留される。タービン建屋における溢水経路を添付資料 26 に示す。

9. 3 評価結果

9. 3. 1 タービン建屋からの溢水影響評価結果

タービン建屋における没水水位は、[T.P. 8.3m] となり、溢水経路上にある、原子炉建屋との境界（貫通部等）に対しては溢水防護措置（ドレンライン逆止弁の設置、配管等の貫通部への止水処置等）を講ずることで、タービン建屋からの溢水による影響がないことを確認した。

表 9-1 にタービン建屋における評価結果を示す。また、タービン建屋断面図を図 9-2 に示す。

表 9-1 タービン建屋における評価結果（没水）

フロア	溢水量 (m ³)	空間容積 (m ³)	溢水水位 (m)
B1F (T.P. 2.8m)	52,860	61,500	T.P. 8.3m
B2F (T.P. -1.7m)			

9 条-別添 1-53

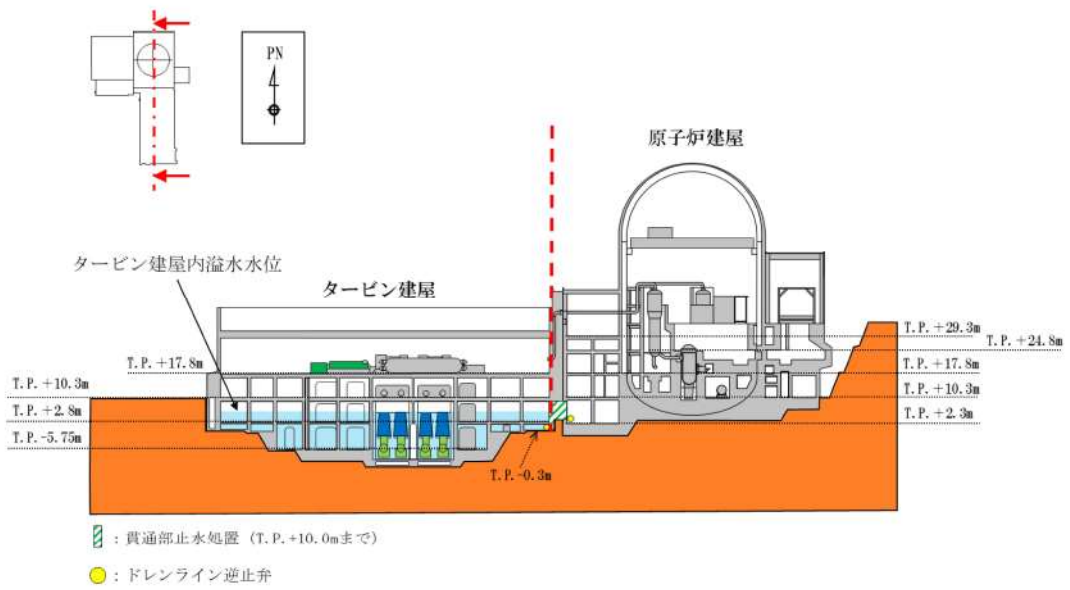


図 9-2 タービン建屋断面図

9. 3. 2 タービン建屋からの溢水影響を防止する対策内容

(1) タービン建屋からの溢水伝播に対して止水を期待する設備

タービン建屋からの溢水伝播に対して止水を期待する設備について表 9-2 に整理する。

表 9-2 タービン建屋からの溢水伝播に対して止水を期待する設備

設置建屋	設置レベル	対象	種別	区分	箇所数
原子炉建屋	T.P. 2.3m	ドレンライン逆止弁	逆止弁	新設	4

3. 電気建屋における溢水（事象 c.）

10 電気建屋からの溢水影響評価

(1) はじめに

溢水源となりうる機器が存在する電気建屋において、想定する機器の破損等により生じる溢水、消火水の放水により生じる溢水、地震による機器の破損によって生じる溢水が発生した場合に、この溢水が、防護対象設備を設置している原子炉建屋及び原子炉補助建屋に伝播するか否かについての溢水影響評価を行う。

なお、電気建屋における単一機器の破損により生じる溢水量及び消火水の放水により生じる溢水量は、地震に起因する機器の破損に伴う溢水量に包含されることから、ここでは、地震に起因する機器の破損に伴う溢水量について評価を行う。

(2) 電気建屋における溢水源

系統図及び機器配置図を用いて、電気建屋内に存在する溢水源となる系統を抽出した。抽出結果を添付資料 12 に示す。

(3) 電気建屋における溢水量

電気建屋において、地震に起因する機器の破損に伴う溢水量は、以下の条件に基づき算出した。算出結果を添付資料 16 に示す。その結果、各系統の溢水量の合計は 730m³となった。

- (a) 隔離操作により漏えい停止までの隔離時間を考慮し、配管の破損箇所からの流出流量に隔離時間を乗じて漏水量を設定する。
- (b) 系統保有水量には配管保有水量に加えて、機器の内容積も考慮する。

(4) 電気建屋における溢水経路

電気建屋における、地震に起因する機器の破損に伴い発生した溢水は、階段室、開口部等を経由し、最終的には最地下階である T.P. 2.3m に貯留される。電気建屋における溢水経路図を添付資料 27 に示す。

(5) 原子炉補機冷却海水放水路

電気建屋における没水水位の評価において、原子炉補機冷却海水系等の排水経路である原子炉補機冷却海水放水路は、基準地震動による地震力に対して通水機能を確保する設計とすることを考慮する。また、原子炉補機冷却海水放水路及び一次系放水ピットには津波を遡上させない方針とすることから、電気建屋内への津波流入は考慮しない。

(6) 電気建屋からの溢水影響評価結果

電気建屋における没水水位は、最地下階である T.P. 2.3m で 5.5m となるが、電気建屋地下部に設置された一次系放水ピット隔壁にひび割れが生じ、ピット内包水が電気建屋内に漏水する可能性を考慮し、没水水位は保守的に原子炉補機冷却海水放水路の流路開口上端の T.P. 8.7m とする。

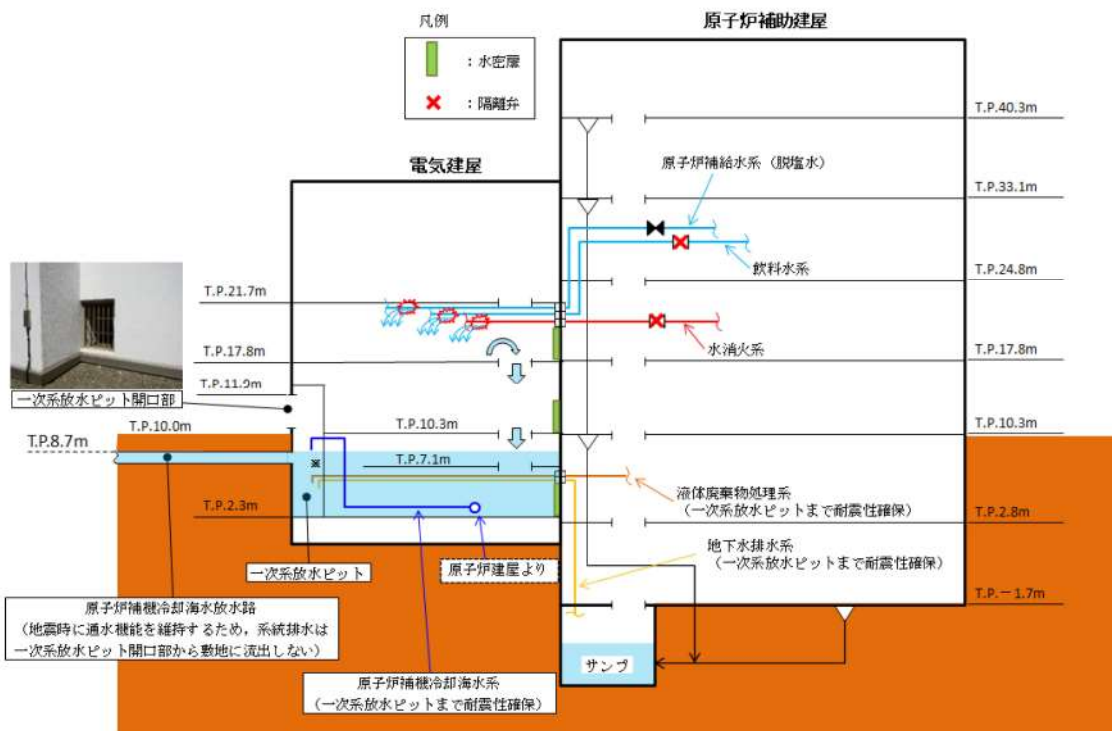
溢水経路上にある、原子炉建屋及び原子炉補助建屋との境界（貫通部等）に対しては、電気建屋における没水水位との関係を考慮した、溢水防護措置（水密扉の設置、配管等の貫通部への止水処置等）を講ずることで、電気建屋からの溢水による影響がないことを確認した。

表 10-1 に電気建屋における評価結果を示す。また、電気建屋の溢水概念図を図 10-1 に示す。

表 10-1 電気建屋における評価結果（没水）

フロア	溢水量 (m ³) ①	滞留面積 (m ²) ②	溢水水位 (m) ①/②
T.P. 2.3m	307	64 (T.P. 2.3m~T.P. 7.1m)	4.8 (満水)
	423	685 (T.P. 7.1m~T.P. 10.0m)	5.5 (4.8+0.7)
	—	—	6.4 ^{※1}

※1 電気建屋地下部に設置された一次系放水ピットから電気建屋内へ漏水した場合を想定し、電気建屋内の溢水水位が一次系放水ピットと同じレベルまで上昇することを考慮。溢水水位は保守的に原子炉補機冷却海水放水路の流路開口上端の T.P. 8.7m とした。



※ 一次系放水ピット隔壁にひび割れが生じ、建屋内に漏えいする可能性を考慮し、電気建屋内の溢水水位は原子炉補機冷却海水放水路の流路開口上端の T.P. 8.7m とした。ここで、下記に示す各系の合計通水流量（合計：7,263 m³/h）を原子炉補機冷却海水放水路で排水した場合においても、水力計算によって求めた一次系放水ピット水位は T.P. 8.2m であり、原子炉補機冷却海水放水路が満水になることはないため、電気建屋の没水水位である T.P. 8.7m は保守的な設定である。

- ・ 原子炉補機冷却海水系：6,800 m³/h（原子炉補機冷却海水ポンプの4台起動時）
- ・ 液体廃棄物処理系：30 m³/h（ポンプ定格流量）
- ・ 地下水排水系：25 m³/h（ " ）
- ・ 飲料水系：18 m³/h（ " ）
- ・ 水消火系：390 m³/h（ " ）

図 10-1 電気建屋の溢水概念図

(7) 電気建屋からの溢水影響を防止する対策内容

電気建屋からの溢水伝播に対して、止水を期待する設備について表 10-2 に整理する。

表 10-2 電気建屋からの溢水伝播に対して止水を期待する設備

設置建屋	設置レベル	対象	種別	区分	箇所数
原子炉補助建屋	T. P. 2. 3m	水密扉 No. 68 (A-G 階段室⇔電気建屋)	水密扉	新設	1
	T. P. 10. 3m	水密扉 No. 85 (常用系インバーター室⇔電気建屋)	水密扉	新設	1
		水密扉 No. 87 (A-F 階段室⇔電気建屋)	水密扉	新設	1
	TP. 17. 8m	水密扉 No. 142 (A-G 階段室⇔電気建屋)	水密扉	新設	1
		水密扉 No. 143 (原子炉補助建屋⇔電気建屋)	水密扉	新設	1
原子炉建屋	T. P. 4. 35m	水密扉 No. 69 (原子炉補機冷却水ポンプエリア⇔電気建屋)	水密扉	新設	1
	T. P. 10. 3m	水密扉 No. 93 (トラックアクセスエリア⇔電気建屋)	水密扉	新設	1
	T. P. 17. 8m	水密扉 No. 140 (原子炉建屋⇔電気建屋)	水密扉	新設	1

4. 出入管理建屋における溢水（事象 c.）

11 出入管理建屋からの溢水影響評価

(1) はじめに

溢水源となりうる機器が存在する出入管理建屋において、想定する機器の破損等により生じる溢水、消火水の放水により生じる溢水、地震による機器の破損によって生じる溢水が発生した場合に、この溢水が、防護対象設備を設置している原子炉補助建屋に伝播するか否かについての溢水影響評価を行った。

なお、出入管理建屋における単一機器の破損により生じる溢水量及び消火水の放水により生じる溢水量は、地震に起因する機器の破損に伴う溢水量に包含されることから、ここでは、地震に起因する機器の破損に伴う溢水量について評価を行った。

(2) 出入管理建屋における溢水源

系統図及び機器配置図を用いて、出入管理建屋内に存在する溢水源となる系統を抽出した。抽出結果を添付資料 12 に示す。

(3) 出入管理建屋における溢水量

出入管理建屋において、地震に起因する機器の破損に伴う溢水量は、以下の条件に基づき算出した。溢水量算出結果を添付資料 16 に示す。その結果、各系統の溢水量の合計は $1,070\text{m}^3$ となった。

- a. 隔離操作により漏えい停止までの隔離時間を考慮し、配管の破損箇所からの流出流量に隔離時間を乗じて漏水量を設定する。
- b. 系統保有水量には配管保有水量に加えて、機器の内容積も考慮する。

(4) 出入管理建屋における溢水経路

出入管理建屋における、地震に起因する機器の破損に伴い発生した溢水は、階段室を経由し、最終的には最地下階である T.P. 6. 3m に貯留される。出入管理建屋における溢水経路図を添付資料 28 に示す。

(5) 出入管理建屋からの溢水影響評価結果

出入管理建屋における没水水位は、T.P. 6. 3m で 2. 9m (満水)、T.P. 10. 3m で 0. 9m となり、溢水経路上にある、原子炉補助建屋との境界（貫通部等）に対しては、出入管理建屋における没水水位との関係を考慮した、溢水防護措置（水密扉の設置、配管等の貫通部への止水処置等）を講ずることで、出入管理建屋からの溢水による影響がないことを確認した。

表 11-1 に出入管理建屋における評価結果を示す。また、出入管理建屋の溢水概念図を図 11-1 に示す。

表 11-1 出入管理建屋における評価結果 (没水)

フロア	溢水量 (m ³)	滞留面積 (m ²)	溢水水位 (m)
	①	②	①/②
T. P. 6. 3m	1070	128	2.9 (満水)
T. P. 10. 3m	690	863	0.9

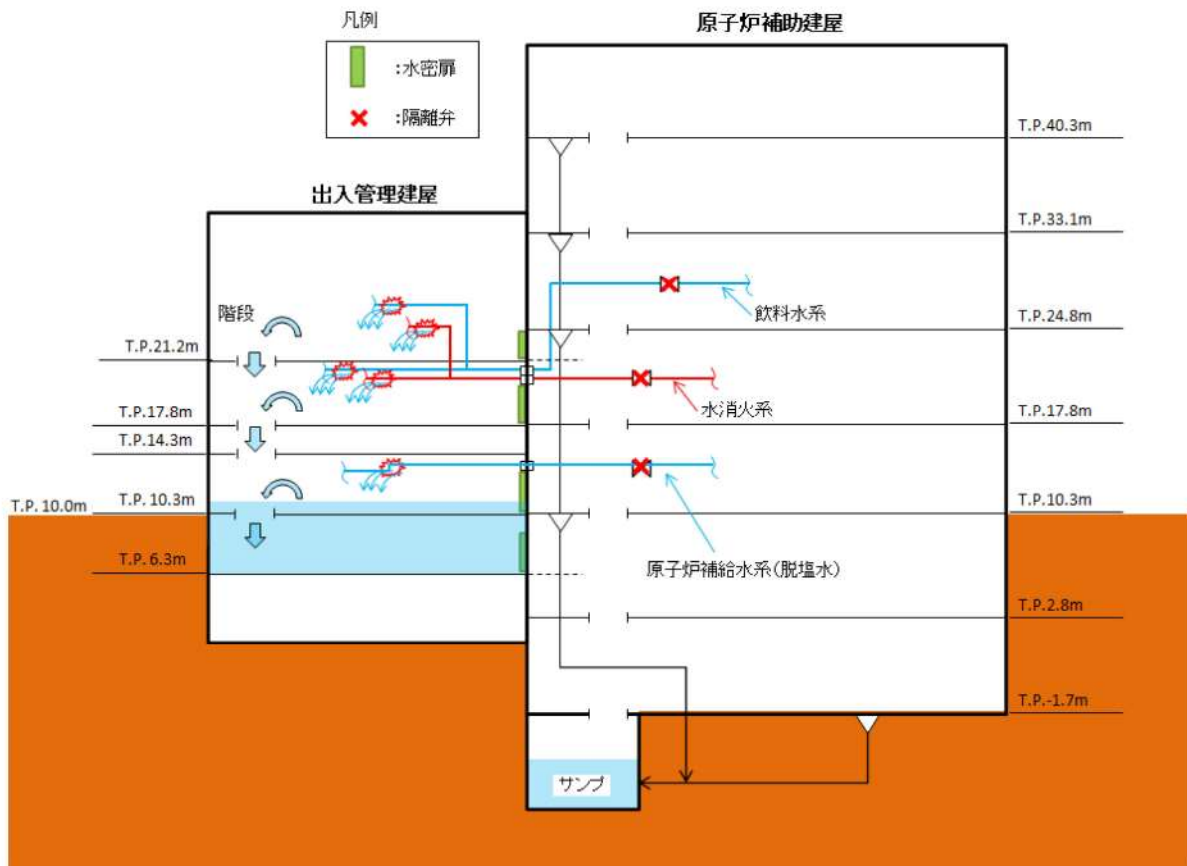


図 11-1 出入管理建屋の溢水概念図

9 条-別添 1-60

(6) 出入管理建屋からの溢水影響を防止する対策内容

出入管理建屋からの溢水伝播に対して、止水を期待する設備について表 11-2 に整理する。

表 11-2 出入管理建屋からの溢水伝播に対して止水を期待する設備

設置建屋	設置レベル	対象	種別	区分	箇所数
原子炉補助建屋	T. P. 6. 3m	水密扉 No. 73 (原子炉補助建屋⇔出入管理建屋)	水密扉	新設	1
	T. P. 10. 3m	水密扉 No. 77 (管理区域メイン出入口⇔出入管理建屋)	水密扉	新設	1
	T. P. 10. 3m	水密扉 No. 78 (原子炉補助建屋⇔出入管理建屋)	水密扉	新設	1
	T. P. 17. 8m	水密扉 No. 141 (原子炉補助建屋⇔出入管理建屋)	水密扉	新設	1
	T. P. 21. 2m	水密扉 No. 144 (原子炉補助建屋⇔出入管理建屋)	水密扉	新設	1

5. 屋外タンク等による屋外における溢水（事象 c.）

12 屋外タンクからの溢水影響評価

(1) はじめに

屋外タンク（屋外にあり溢水源となりうる設備を含む）自体は防護対象ではないが、屋外タンクの破損により生じる溢水が、防護対象設備の設置されている原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋に及ぼす影響を確認する。

なお、原子炉補機冷却海水等の系統排水については、敷地に流出させない方針とすることから溢水源として想定しない。

(2) 屋外タンクの抽出

泊発電所にある溢水影響評価の対象となる屋外タンクの配置を図 12-1 に、タンク容量を表 12-1 に示す。

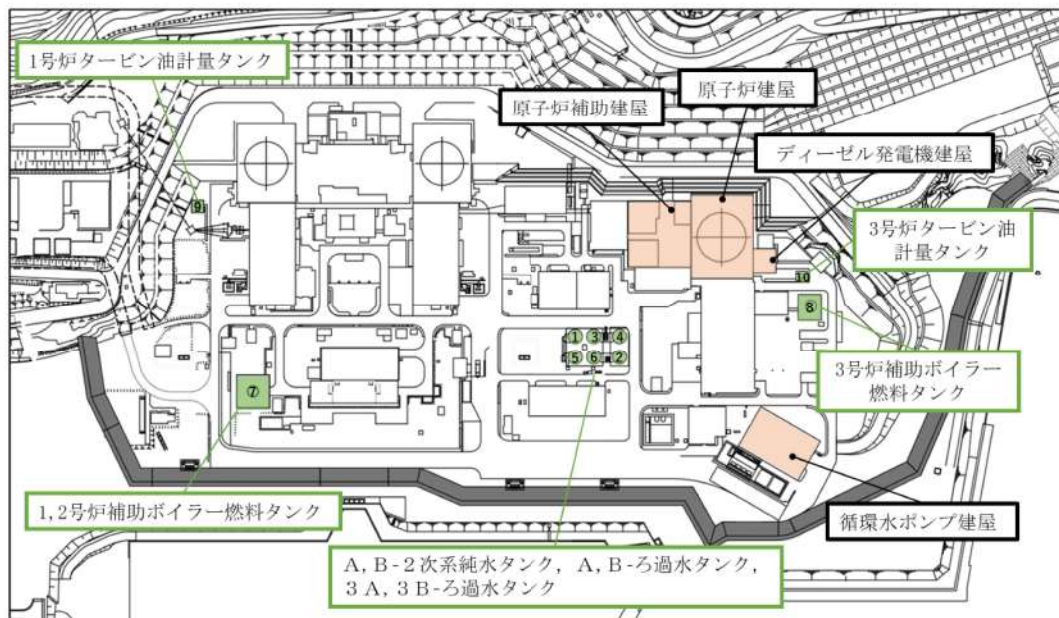


図 12-1 溢水影響評価の対象となる屋外タンクの配置図

表 12-1 溢水影響評価の対象となる屋外タンクの容量

No.	タンク名称	基数	容量 (m ³)	評価に用いる容量 (m ³)
1	A-2次系純水タンク	1	1,500	1,600
2	B-2次系純水タンク	1	1,500	1,600
3	3A-ろ過水タンク	1	1,500	1,600
4	3B-ろ過水タンク	1	1,500	1,600
5	A-ろ過水タンク	1	1,500	1,600
6	B-ろ過水タンク	1	1,500	1,600
7	1号及び2号炉 補助ボイラー燃料タンク	1	600	450*
8	3号炉 補助ボイラー燃料タンク	1	735	410*
9	1号炉 タービン油計量タンク	1	70	70
10	3号炉 タービン油計量タンク	1	110	0*
合計				10,530

※評価に用いる容量は、発電所の所則類に反映し、運用容量を超過しないように管理する。

なお、本事項は後段規則での対応が必要となる事項である（別添2参照）。

(3) 評価の前提条件

- a. 敷地内に広がった溢水は雨水排水路からの流出や地盤への浸透は考慮しない。
- b. タンクから漏えいした溢水は敷地全体に均一に広がるものとする。

(4) 屋外タンクによる溢水影響評価

屋外の溢水影響評価に影響を及ぼす大型の水源(1,000m³以上の大型タンク)については、最高使用圧力が静水頭であり、想定破損による評価が除外できる。このため、屋外タンクによる溢水影響評価においては、基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されないタンクについて、複数同時破損を想定した溢水影響評価を実施した。

その結果、屋外タンクの破損により生じる溢水が、防護対象設備の設置されている原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋に影響を及ぼさないことを確認した。なお、原子炉建屋及び原子炉補助建屋には、屋外に接する開口は無いことから、それぞれ隣接するタービン建屋及び出入管理建屋の出入口高さが最大浸水深を上回ることを確認した。

A1、A2-燃料油貯油槽タンク室及びB1、B2-燃料油貯油槽タンク室については、タンク室内に設置されているディーゼル発電機燃料油貯油槽及び燃料油配管は静的機器であることから、溢水影響がないと評価した。

表12-2に屋外タンクによる溢水影響評価結果を示す。

表12-2 屋外タンクによる溢水影響評価結果

建屋	建屋開口高さ (m)	溢水量 (m ³)	敷地面積 (m ²)	敷地浸水深 ^{※2} (m)	評価
原子炉建屋 (タービン建屋入口)	0.30 ^{※1}	10,530	116,800	0.10	○
ディーゼル発電機建屋	0.30 ^{※1}				
原子炉補助建屋 (出入管理建屋入口)	0.30 ^{※1}				
循環水ポンプ建屋	0.30 ^{※1}				

※1 建屋入口高さから敷地レベル T.P. 10.0m を引いた値

※2 敷地レベル T.P. 10.0m からの浸水深

屋外タンクからの溢水影響評価について

地震起因による屋外タンク等の破損により生じる溢水が、防護対象設備の設置されている原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋に及ぼす影響を確認した。

原子炉補機冷却海水等の系統排水については、敷地に流出させない方針とすることから溢水源として想定しない。

1. 溢水評価対象となる屋外タンク

泊発電所にある屋外タンクのうち、基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されないタンクについて評価を行った。評価の対象となる屋外タンクを表1に示す。

表1 溢水影響評価の対象となる屋外タンク

No.	タンク名称	基数	容量 (m ³)	評価に用いる容量 (m ³)
1	A-2次系純水タンク	1	1,500	1,600
2	B-2次系純水タンク	1	1,500	1,600
3	3A-ろ過水タンク	1	1,500	1,600
4	3B-ろ過水タンク	1	1,500	1,600
5	A-ろ過水タンク	1	1,500	1,600
6	B-ろ過水タンク	1	1,500	1,600
7	1号及び2号炉 補助ボイラー燃料タンク	1	600	450*
8	3号炉 補助ボイラー燃料タンク	1	735	410*
9	1号炉 タービン油計量タンク	1	70	70
10	3号炉 タービン油計量タンク	1	110	0*
合計				10,530

※評価に用いる容量は、発電所の所則類に反映し、運用容量を超過しないように管理する。

なお、本事項は後段規則での対応が必要となる事項である。(別添2参照)

2. 屋外タンク溢水評価モデルの設定

(1) 水源の配置

泊発電所の溢水影響評価対象となる屋外タンク配置図を図1に示す。

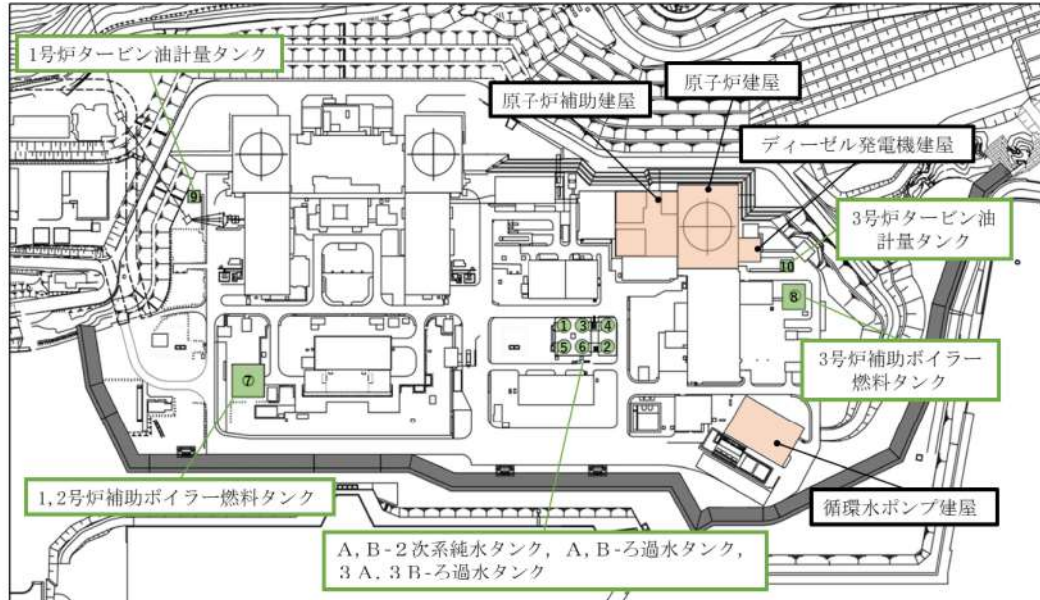


図1 溢水影響評価の対象となる屋外タンク配置図

(2) 評価条件

タンクの損傷形態及び流出水の伝播に係る条件について以下のとおり設定した。

- 基準地震動に対する耐震性が確保されている2次系純水タンク及びろ過水タンクについては、タンクと接続されているすべての配管について全周破断を想定した。
- 破断位置については、保守的にタンク付け根部とした。
- タンクからの流出については、タンク水頭に応じて流出流量が低下するものとして評価を実施した。
- 容量が1,000 m^3 以下のタンクについては、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した。
- 構内排水設備からの流出や、地盤への浸透は考慮しない。

(3) 解析モデル

解析に使用した敷地モデルを図2に示す。敷地モデルには保守性を考慮し、防潮堤の厚さを敷地側に2倍拡幅（循環水ポンプ建屋南側は1.5倍拡幅）させ、実際よりも滞留面積が小さくなるよう設定した。

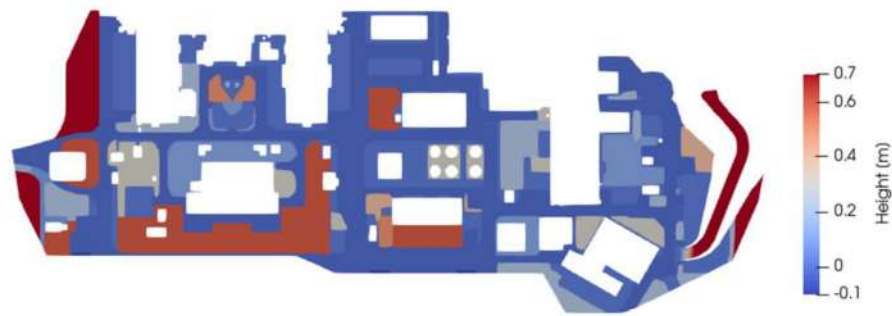


図2 敷地モデル

3. 評価結果

屋外タンク破損時の局所的な水位上昇について評価した結果、防護対象設備が設置されている建屋の開口高さを超えないことを確認した。

表2に結果を示す。また、溢水伝播挙動を図4に、測定箇所及び浸水深を図5-1及び図5-2に示す。

なお、原子炉建屋及び原子炉補助建屋には、屋外に接する開口は無いことから、それぞれ隣接するタービン建屋及び出入管理建屋の開口高さが最大浸水深を上回ることを確認した。

ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室については、ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室内に設置されている非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽及び燃料油配管は静的機器であることから、溢水影響がないと評価した。

表2 屋外タンクによる溢水影響評価結果

建屋	建屋開口高さ (m)	溢水量 (m ³)	最大浸水深 ^{※2} (m)	評価
原子炉建屋 (タービン建屋入口)	0.30 ^{※1}	10,530	0.27	○
ディーゼル発電機建屋	0.30 ^{※1}		0.17	
原子炉補助建屋 (出入管理建屋入口)	0.30 ^{※1}		0.19	
循環水ポンプ建屋	0.30 ^{※1}		0.17	

※1 建屋入口高さから敷地レベル T. P. 10.0m を引いた値

※2 敷地レベル T. P. 10.0m からの浸水深



図3 建屋外壁扉（代表例）

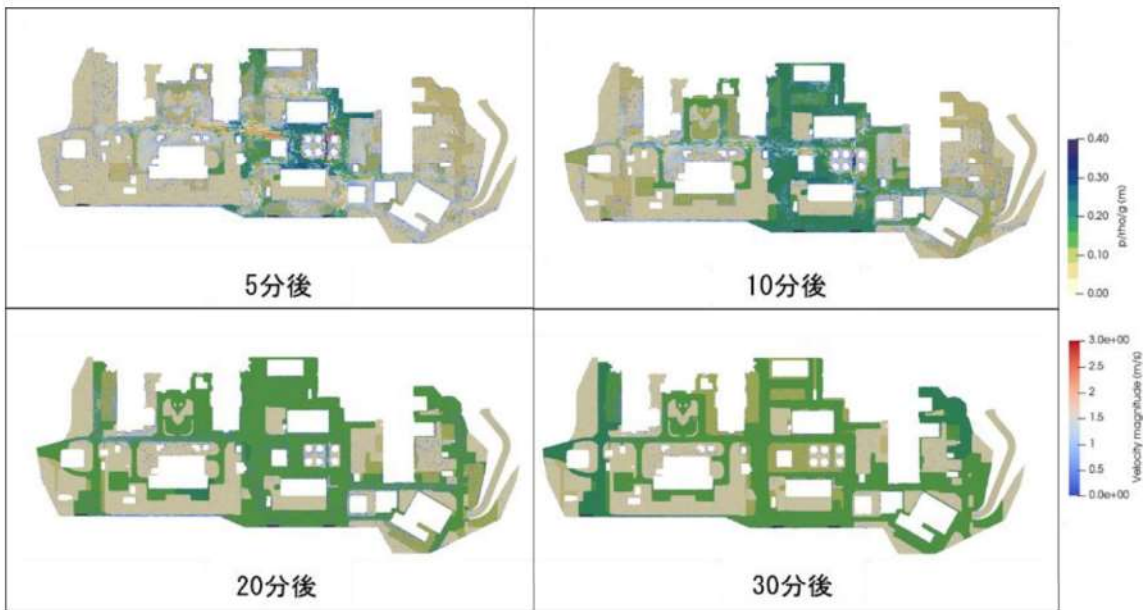
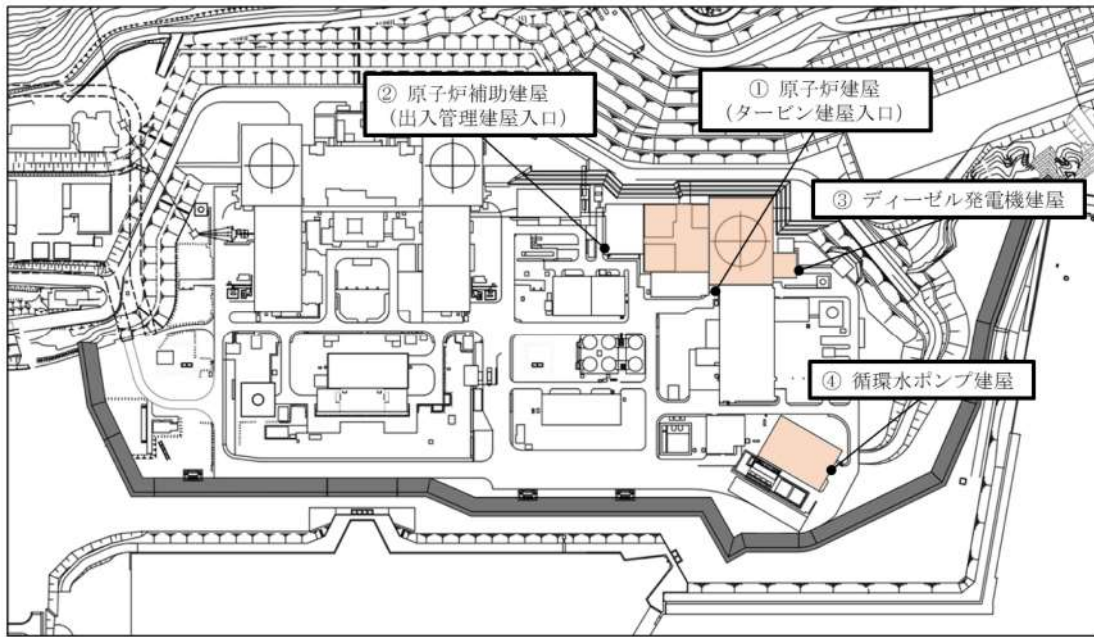


図4 溢水伝播挙動



- ① 原子炉建屋（タービン建屋入口）
- ② 原子炉補助建屋（出入管理建屋入口）
- ③ ディーゼル発電機建屋
- ④ 循環水ポンプ建屋

図 5-1 水位測定箇所

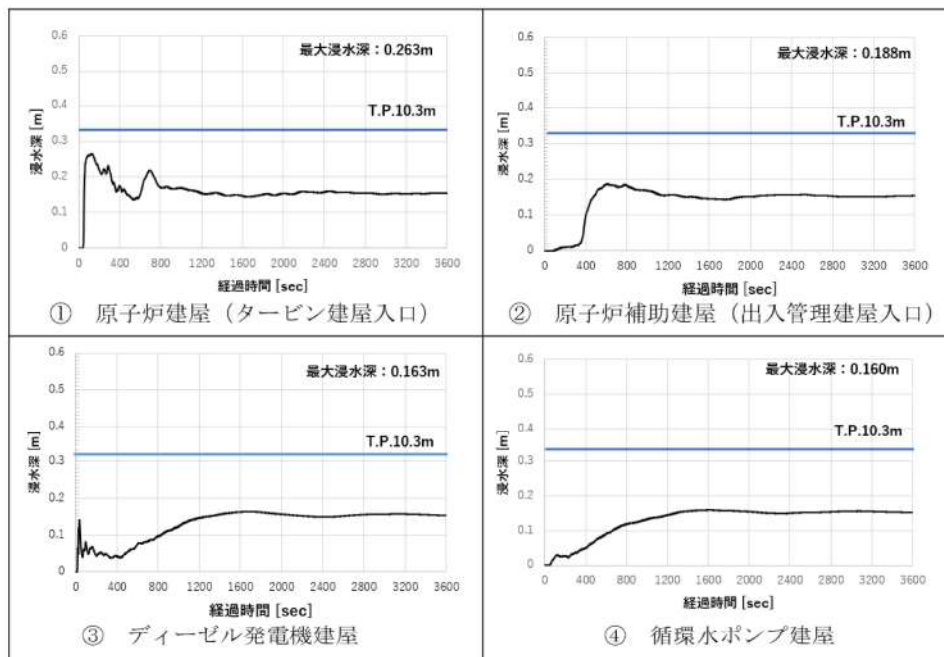


図 5-2 水位測定箇所における浸水深

6. 建屋外周地下部における地下水位の上昇（事象 d.）

13 地下水による影響評価

(1) 通常時の地下水の排水

原子炉建屋周辺の地下水は、以下のとおり排水される（図 13-1，図 13-2 参照）。

- 建屋底面に接する地盤からの湧水は、基礎底面下の集水管及びサブドレンに集水し、集水管の流末に設置されている湧水ピットから湧水ピットポンプ（湧水ピット 1 箇所につき湧水ピットポンプが 2 台設置されている）により排水配管を通して一次系放水ピットに排水される。
- 建屋周辺の地盤からの湧水は、基礎底面下の集水管のうち、外部に設置された集水管に集水し、集水管の流末に設置されている湧水ピットから湧水ピットポンプにより排水管を通して一次系放水ピットに排水される。

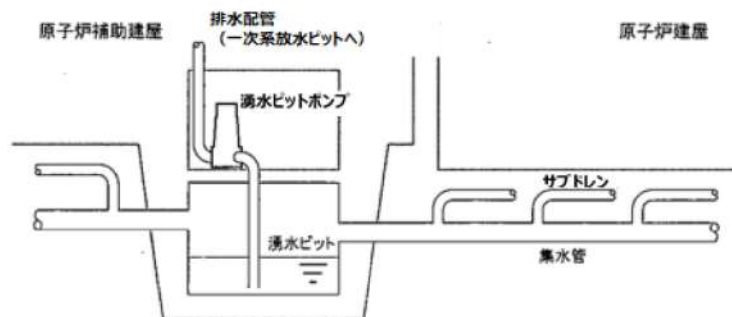


図 13-1 地下水排水設備の概要

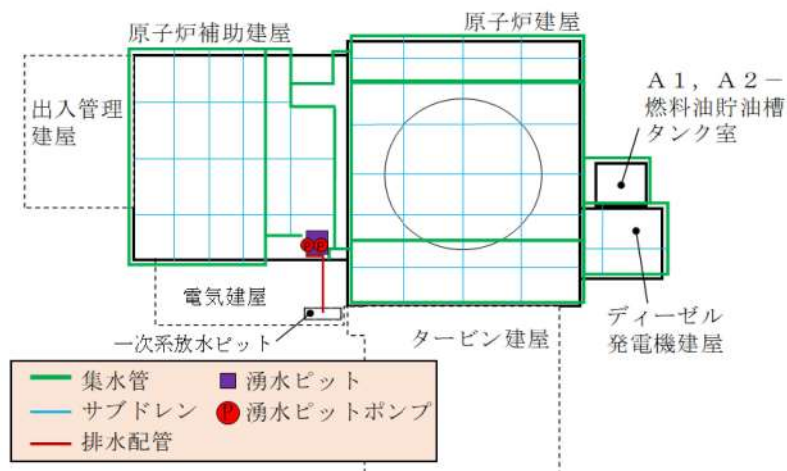


図 13-2 地下水排水設備の配置

(2) 湧水ピットポンプ停止時における地下水による影響

地下水排水設備については、想定される事象等を考慮し、信頼性向上対策を施すことで、供用期間のすべての状態において機能喪失しない設計とするものの、仮に湧水ピットポンプ停止により建屋周囲の水位が地表面まで上昇することを想定した場合でも、以下に示す理由により、地下水が防護対象設備を設置している区画へ流入することはない。

- a. 地下外壁にはアスファルト防水を施しており、さらに防水層の上に保護板を設置し、防水層が切れないように配慮している。
- b. 安全上重要な機器が設置されている原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋の地下外壁については、地震時に想定される残留ひび割れの評価結果から、「原子炉施設における建築物の維持管理指針・同解説（日本建築学会）」に示される、コンクリート構造物の使用性（水密）の観点から設定されたひび割れ幅の評価基準値【0.2mm 未満】を満足することを確認している。
- c. 原子炉補助建屋と湧水ピットの境界（湧水ピットポンプ設置床）に対しては、溢水防護措置（ドレンライン逆止弁の設置等）を講ずることにより、湧水ピットから原子炉補助建屋内に地下水が伝播しないよう配慮している。
- d. A1, A2－燃料油貯油槽タンク室及びB1, B2－燃料油貯油槽タンク室については、タンク室内に設置されているディーゼル発電機燃料油貯油槽及び燃料油配管は静的機器であることから、地下水の流入による溢水影響がないと評価した。
- e. 安全上重要な機器が設置されている循環水ポンプ建屋のうち取水ピットポンプ室の側壁については、止水機能が要求される構造部材として、「水道施設耐震工法指針・解説 2009」に規定されている照査基準のとおり、漏水が生じるような顕著な（部材を貫通するような）ひび割れが発生しないよう、目標性能としては鉄筋が降伏しないこと及び発生せん断力がせん断耐力以下になることを確認している。

ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室及び
ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチへの溢水流入に関して

ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室（以下、「D/G貯油槽タンク室」）及びディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ（以下、「トレンチ」）に関して、構造や防護方針を以下に示す。

(1) D/G貯油槽タンク室とトレンチの構造について

- D/G貯油槽タンク室とトレンチは、発電所敷地の地下部に設置されており、発電所敷地レベル面（T.P.10.0m）に上部開口がある。
- 発電所敷地レベル面（T.P.10.0m）の上部開口には、雨水流入防止用のコンクリート蓋及び鋼製蓋が設置されているが、津波や地震による溢水を考慮した設計ではないことから、敷地面に溢水が生じた場合は、上部開口（コンクリート蓋及び鋼製蓋の隙間）から、D/G貯油槽タンク室とトレンチ内に溢水が流入することを想定する。
- D/G貯油槽タンク室とトレンチの構造を図1に、コンクリート蓋及び鋼製蓋の詳細を図2に示す。

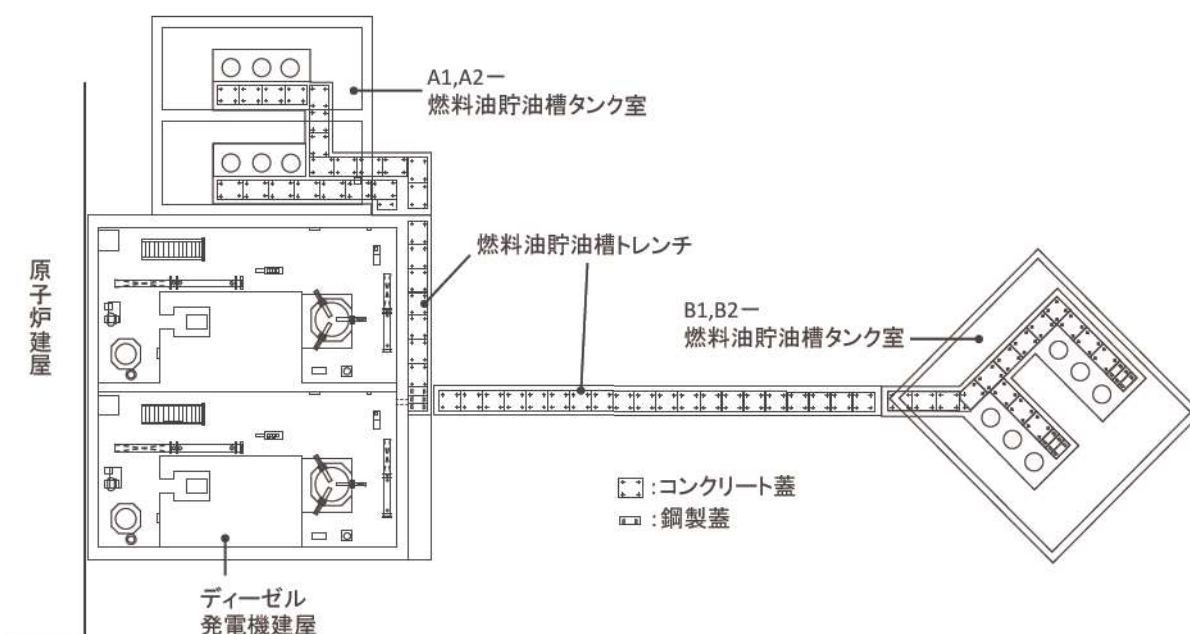


図1-1 D/G貯油槽タンク室とトレンチの構造図

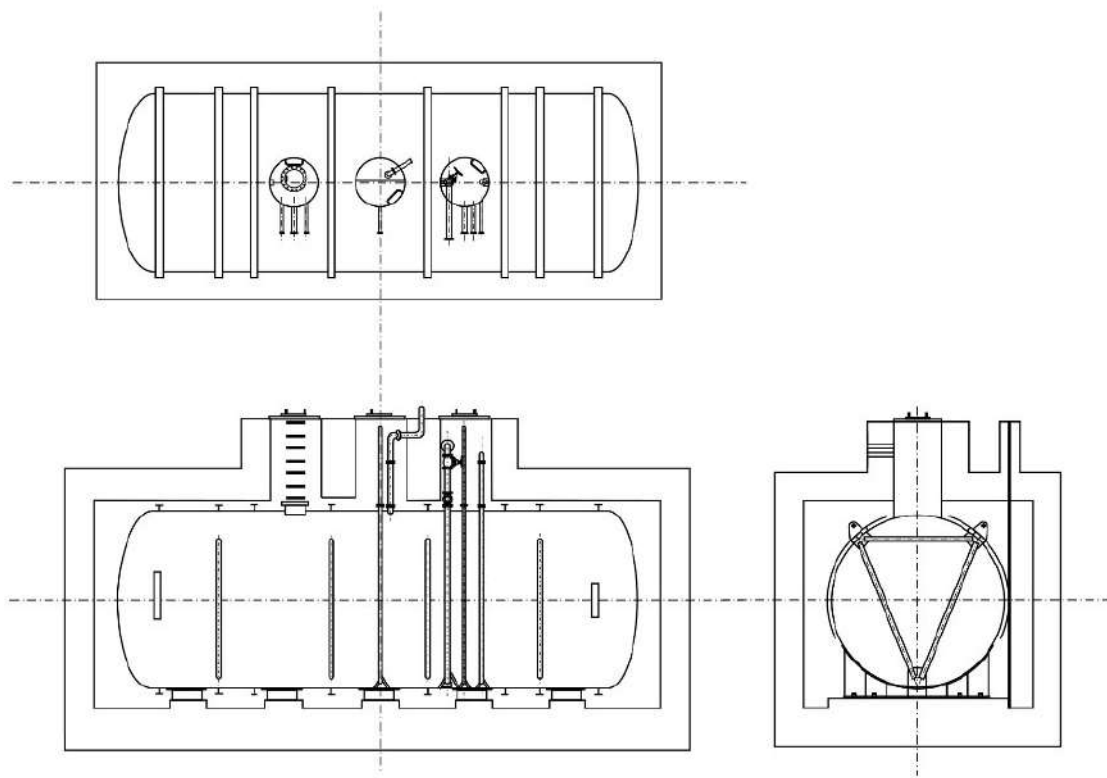


図 1-2 貯油槽タンク室の構造図

図 1-2

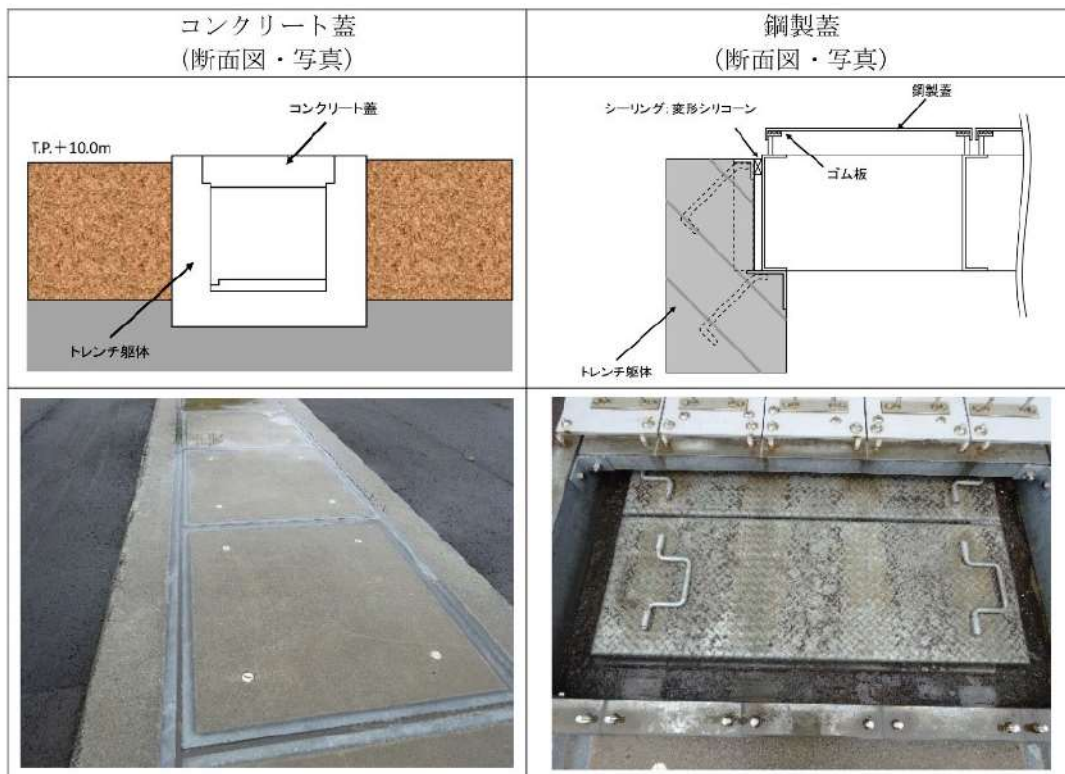


図 2 コンクリート蓋と鋼製蓋の詳細

(2) 浸水防護重点化範囲の設定について

- D/G貯油槽タンク室とトレンチ内には、耐震Sクラスの設備（静的機器）である「非常用ディーゼル発電機 燃料油貯油槽」と「非常用ディーゼル発電機 燃料油配管」が設置されているため、同エリアは浸水防護重点化範囲と設定する。
- 「非常用ディーゼル発電機 燃料油貯油槽」には、耐震Cクラスの通気口（大気開放部）が設置されているが、通気口（大気開放部）のレベルはT.P. 20.1m以上に設置されていることから、津波・溢水の流入経路とはならない。
- その他、耐震Sクラス以外の設備では、火災報知設備と付属ケーブル（電線管）がD/G貯油槽タンク室とトレンチ内に設置されている。
- 耐震Sクラス設備の配置を図3に示す。

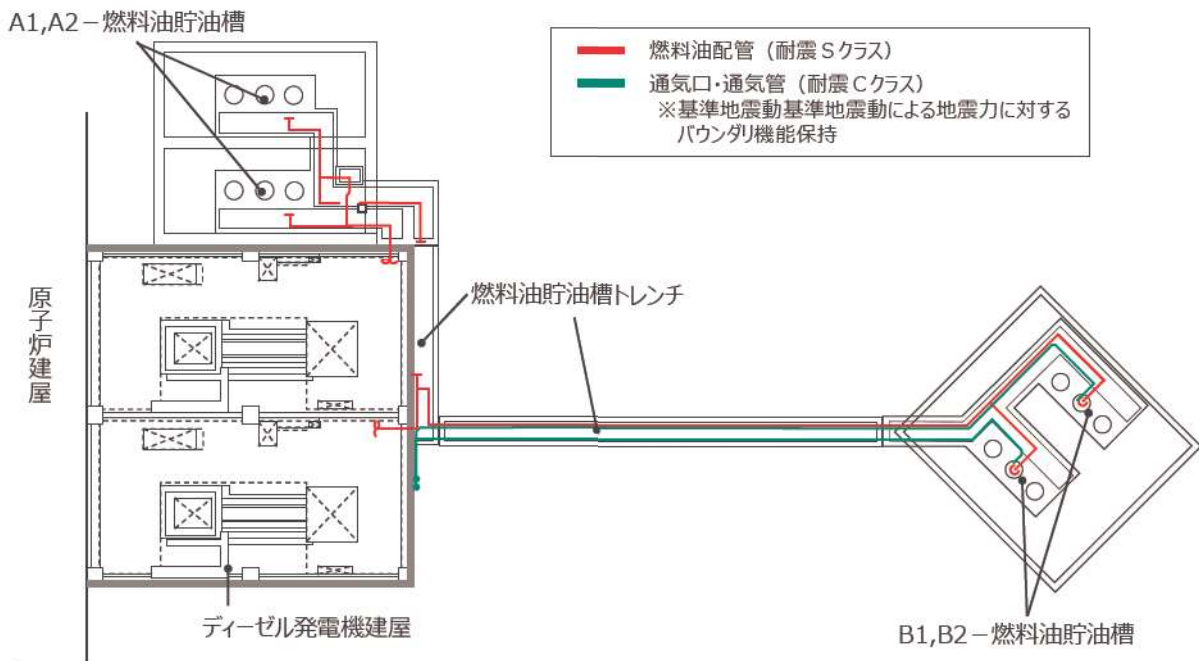


図3 D/G貯油槽タンク室とトレンチ内の耐震Sクラス設備

(3) D/G貯油槽タンク室とトレンチへの津波・溢水の流入について

- 外郭防護1において、津波の流入経路から敷地への流入を防止する方針としていることから、D/G貯油槽タンク室とトレンチに津波が流入することはない。
- 内郭防護にて、地震による溢水の流入を考慮した場合、「屋外タンク等による屋外における溢水」において敷地面に生じた溢水が、D/G貯油槽タンク室とトレンチの上部開口（コンクリート蓋及び鋼製蓋の隙間部）から、溢水が流入する。

(4) 隣接するディーゼル発電機建屋（浸水防護重点化範囲）との境界における対策

- D/G貯油槽タンク室とトレンチは、ディーゼル発電機建屋と隣接した構造となっており、境界壁には、「非常用ディーゼル発電機 燃料油配管」と「火災報知設備の電線管」が貫通している。
- ディーゼル発電機建屋は、津波防護対象設備を内包する建屋であることから、浸水防護重点化範囲と設定するため、D/G貯油槽タンク室とトレンチとの境界壁には、流入防止の対策（貫通部の止水処置）を講じ、「屋外タンク等による屋外における溢水」による溢水がD/G貯油槽タンク室とトレンチに流入した場合でも、ディーゼル発電機建屋へ溢水が流入しない設計とする。
- 図4に建屋貫通部の位置及び区画境界の整理した結果を示す。

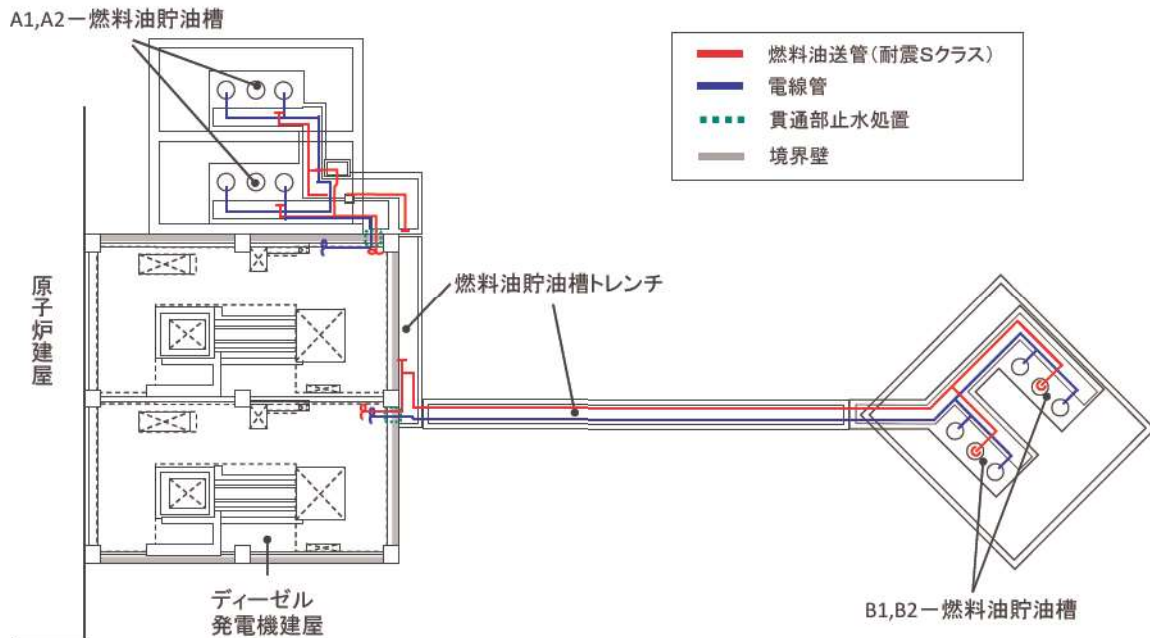


図4 建屋貫通部位置と区画境界の整理

(5) 浸水防護重点化範囲の設計方針について

- 津波の流入及び地震による溢水を踏まえた、浸水防護重点化範囲の設計方針を表1に示す。

表1 浸水防護重点化範囲の設計方針

	浸水防護重点化範囲	浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
範囲内に設置された設備	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震Sクラスの動的機器 (ポンプ, 電源盤等) ・耐震Sクラスの静的機器 (配管, タンク, 電路等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震Sクラスの静的機器 (配管, タンク, 電路等)
津波の流入を考慮する区画の場合	流入経路に対して、流入防止の対策を講じ、当該範囲への津波の流入を防止することで、安全上重要な機器が機能喪失することがない設計とする。	流入経路に対して、流入防止の対策を講じ、当該範囲への津波の流入を防止することで、安全上重要な機器が機能喪失することがない設計とする。
地震による溢水を考慮する区画の場合	動的機器については、溢水が流入することより機能喪失するため、区画内に溢水が流入しない設計とする。	溢水が流入することを前提とし、安全上重要な機器が機能喪失しないことを確認する。

(6) D/G貯油槽タンク室とトレンチの防護方針について

- D/G貯油槽タンク室とトレンチに設置された津波防護対象設備は、耐震Sクラスの静的機器である「非常用ディーゼル発電機 燃料油貯油槽」及び「非常用ディーゼル発電機 燃料油配管」のみである。
- D/G貯油槽タンク室とトレンチに流入するのは、地震による溢水のみであり、津波の流入はない。
- 以上のことから、D/G貯油槽タンク室とトレンチは、浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）に設定し、地震による溢水が流入することを前提とするが、エリア内に設置された津波防護対象設備が機能喪失しないことを確認することで、防護を達成する方針とする。
- 浸水防護重点化範囲の整理結果を図5に示す。
- 「非常用ディーゼル発電機 燃料油貯油槽」及び「非常用ディーゼル発電機 燃料油配管」については、後段（設工認）の段階で、「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に則り、安全性評価を実施し、安全機能に影響がないことを確認する。

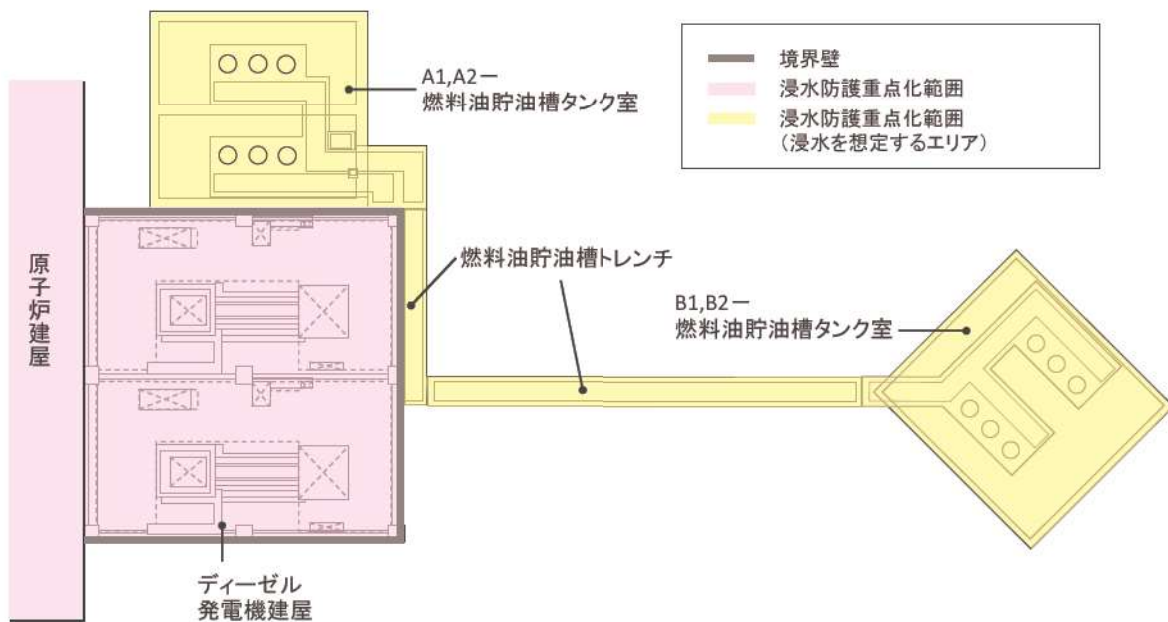


図5 浸水防護重点化範囲の整理

海水ポンプの水理試験について

1. 試験概要

原子炉補機冷却海水ポンプ（以下、海水ポンプという。）については、水位低下時にポンプ吸込口（以下、「ベルマウス」という。）から空気を吸い込み、ポンプが機能喪失に至らないよう、十分な水没深さを確保する設計としている。

従来設計においては、日本機械学会基準「ポンプの吸込水槽の模型試験法」(JSME S 004-1984)（以下「JSME 基準」という。）の「7. 試験結果の判定」に基づき、短時間の事象である引き津波に対しては、クラスⅡの断続渦を許容基準としている。すなわち、引き波時の水位において連続渦は許容しないが断続渦を許容する設計としている。

具体的な水位としては、JSME 基準の「解説 2. 吸込水槽の標準形状」に基づき、クラスⅡの 1.4D（D：ベルマウス径）の没水深さを考慮した T.P. -6.98m を海水ポンプの取水可能水位と設定している（図 1 及び表 1）。なお、没水深さ 1.4D は、表 1 に示す吸込水槽の標準形状（a）直線形～（d）複数形に対する最小没水深さを包括して 1.4D とした。

JSME 基準の標準形状に対する最小没水深さについては、様々な形状の取水路やポンプ仕様に対して汎用性を持たせたものであること、また、想定を超える引き津波に対して従来設計の最小没水深さ 1.4D を下回る可能性を想定して、海水ポンプの取水機能の喪失高さについては、泊発電所 3 号炉の取水路の形状や海水ポンプの仕様等を模擬した水理試験により限界水深を確認した。このとき、試験装置の形状、試験項目、条件、方法および判定基準については、JSME 基準を見直したターボ機械協会基準「ポンプ吸込水槽の模型試験方法（TSJ S 002:2005）」（以下「TSJ 基準」という。）に準拠した。

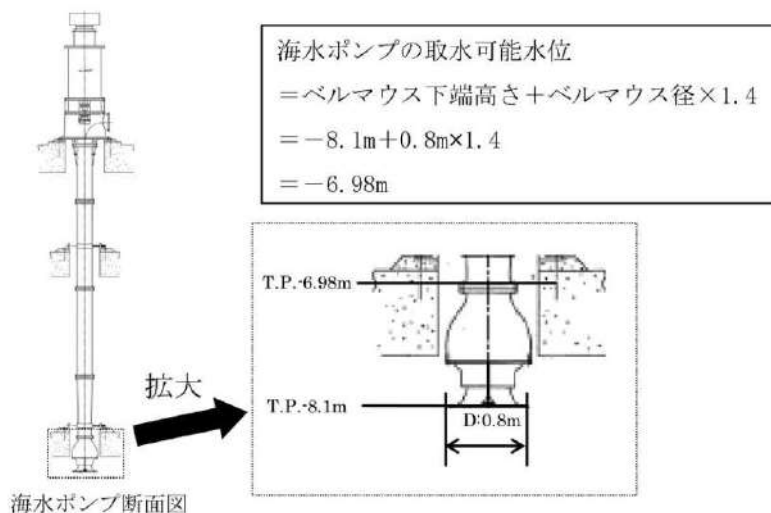


図 1 従来設計における海水ポンプ取水可能水位の考え方

表1 吸込水槽の標準形状に対する最小没水深さ (H_s)

水槽形状 ^{注1)}	最小没水深さ H_s ^{注2)}	
	クラス I	クラス II
(a) 直線形	$H_s \geq 1.5 \times D_0$	$H_s \geq 1.3 \times D_0$
(b) マウンド形	$H_s \geq 1.7 \times D_0$	$H_s \geq 1.4 \times D_0$
(c) 屈折形	$H_s \geq 1.7 \times D_0$	$H_s \geq 1.4 \times D_0$
(d) 複数形	$H_s \geq 1.5 \times D_0$	$H_s \geq 1.3 \times D_0$

注1) 水槽の各形式については解説図2・1を参照のこと。

注2) この値は空気吸込渦のみを考慮しているのでNPSHについては別途検討のこと。

(JSME 基準「解説 2. 吸込水槽の標準形状」解説表 2・1 より抜粋)

海水ポンプ水理試験の試験内容および試験結果は以下のとおりである。

1. 準拠規格

ターボ機械協会基準「ポンプ吸込水槽の模型試験方法」(TSJ S 002:2005)

2. 試験項目

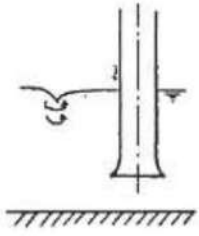
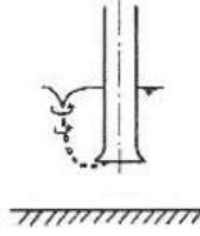
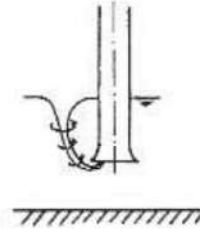
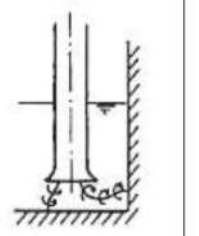
TSJ 基準に準拠し、以下の試験により模型水槽内の渦(空気吸込渦, 水中渦)の発生状況を観察し、限界水深を確認した。

①空気吸込渦試験

②水中渦試験*

ここで、渦の形状等について表2に示す。

表2 渦の形状等

名称	くぼみ渦	空気吸込渦		水中渦
		断続渦	連続渦	
形状				
定義	水面に発生する渦で、くぼみを形成するが、吸込口へは空気を吸込まない渦	水面から吸込口まで、断続的又は連続的な空気の吸込みを伴う渦 空気吸込渦の一種で、水面からの渦が吸込口まで達するが、空気の吸込みが空間的に繋がっていないもの	空気吸込渦の一種で、短時間でも水面からの渦が吸込口に達し、空気の吸込みが繋がったもの	一端は水槽底面、側壁あるいは後壁面にあり、他端は吸込口内にある渦で、渦中心が空洞を形成しているもの

※水中渦試験は、水槽内の側壁や床面から生じる水中渦発生の有無を確認するものであり、ポンプの限界水深を確認することと直接関係ないものであるが、水中渦はポンプの振動・騒音の原因となることが予測されることから、ポンプ健全性の確認のため、空気吸込渦試験と合わせて実施した。

3. 試験装置

(1) 模型水槽の範囲

TSJ 基準「5.1 模型水槽の範囲」には“取水路におけるスクリーンまたは沈砂地出口からポンプに至る部分を模型水槽の範囲とする”と記載されていることから、模型範囲を、下図のように取水路曲がり部から循環水ポンプに至る部分とした。なお、スクリーンから海水ポンプまでの範囲に設置された、除塵装置のスクリーン、スクリーン洗浄ポンプ等の各種ポンプ類及び海水ポンプ下流に設置されている循環水ポンプについても模擬した。

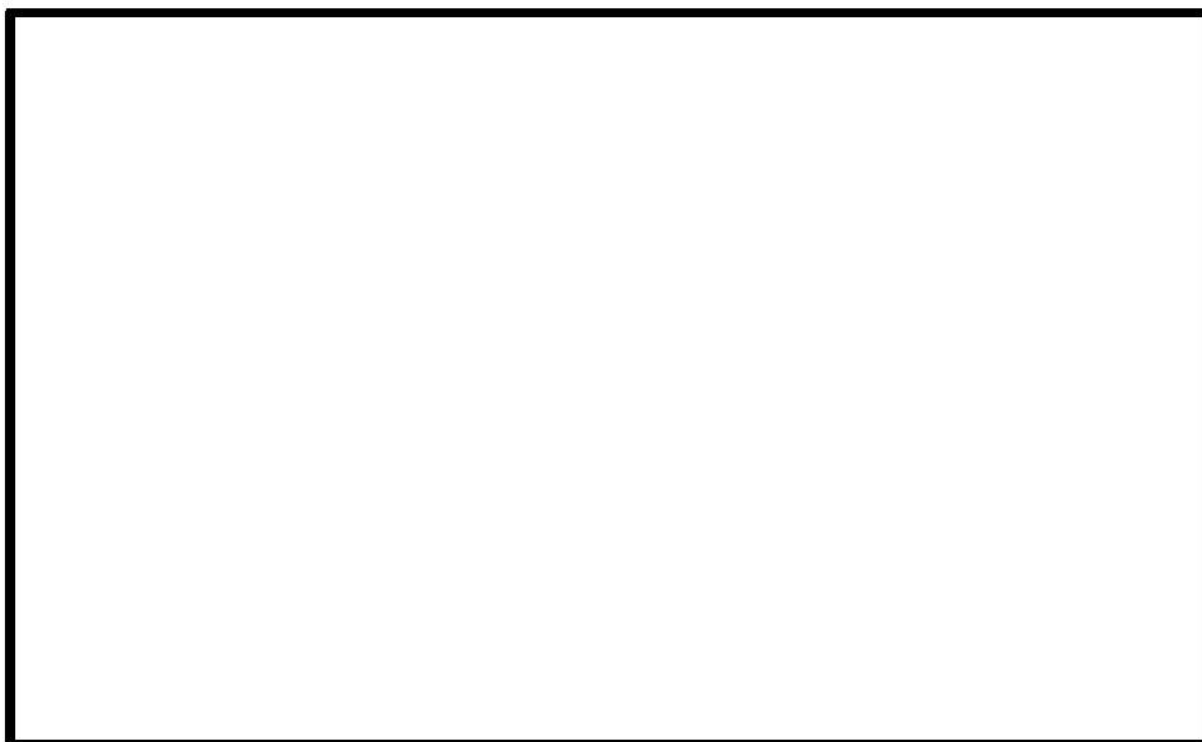



図2 模型水槽の範囲

(2) 模型縮尺

TSJ 基準「5.2 模型水槽の寸法範囲」の“模型試験におけるベルマウス径は 100mm 以上とする。”に準拠し、模型ポンプの吸込ベルマウス径が 100mm 以上となる模型を縮尺 1/8 で縮小し作成した (図3, 表3)。

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

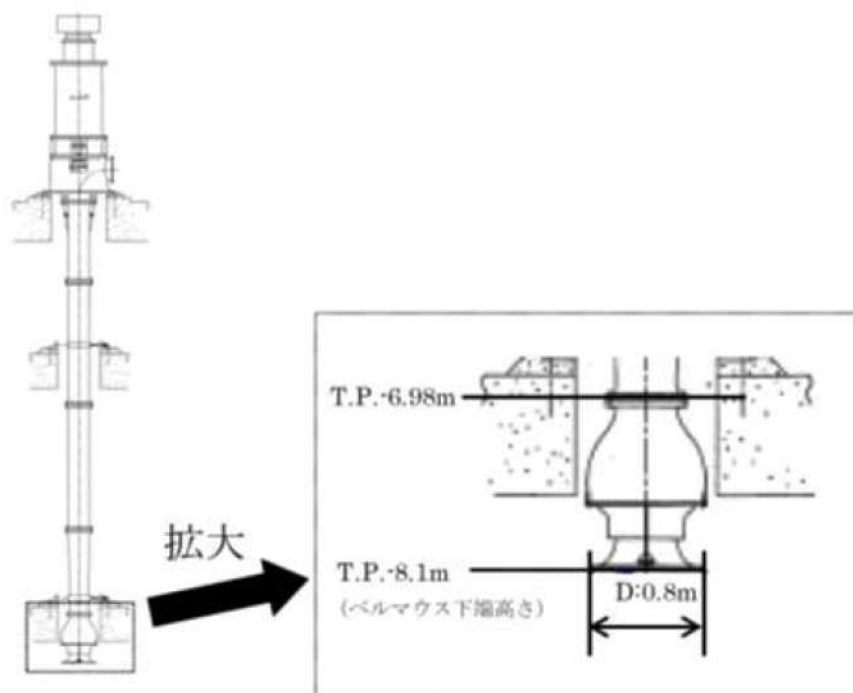


図3 海水ポンプ形状

表3 試験装置の模型縮尺比

模型縮尺 D_m/D_p	1/8
実機ポンプ 吸込ベルマウス口径 D_p	800mm
模型ポンプ 吸込ベルマウス口径 D_m	100mm

※ m : 模型, p : 実機

$$\frac{L_m}{L_p} = \frac{1}{8}$$

ここで, L : 代表長さ (ベルマウス口径 D) である。また, 添字 m : 模型, 添字 p : 実機を示す。

(3) 試験装置の構成

試験装置の概略図及び試験装置の全景写真を図4及び図5に示す。試験装置で模擬した主な内容は以下のとおり。

- ①泊発電所3号炉は、海水ポンプが全4台（2系統×2台/系統）設置されており、スクリーン室上流の取水路が曲がっていることから模型は2系統すべてを再現した（試験装置は1系統で流水路を変えて模擬）。
- ②本試験の目的が海水ポンプのベルマウス近傍の渦発生状況の確認であることから、海水ポンプのベルマウスの形状については、実機と幾何学的に相似な形状で製作した（図5写真参照）。なお、TSJ基準「5.3.2 吸込管形状」に基づき、羽根車は設けず、ベルマウスのケーシング部のみ模擬した。
- ③ピット下流に設置されている循環水ポンプは外形相似で製作した。また、ピット下流に設置されている海水取水ポンプ及びピット上流に設置されているスクリーン洗浄ポンプは、代表径の円柱構造物で模擬して製作した。なお、今回の試験では、海水ポンプの取水可能水位までに、循環水ポンプ、海水取水ポンプ及びスクリーン洗浄ポンプの吸込口が露出することから、取水は行わないこととした。
- ④除塵装置のスクリーン（バースクリーン及びトラベリングスクリーン）抵抗は圧損が実機と等価となるよう金網や格子で模擬した。

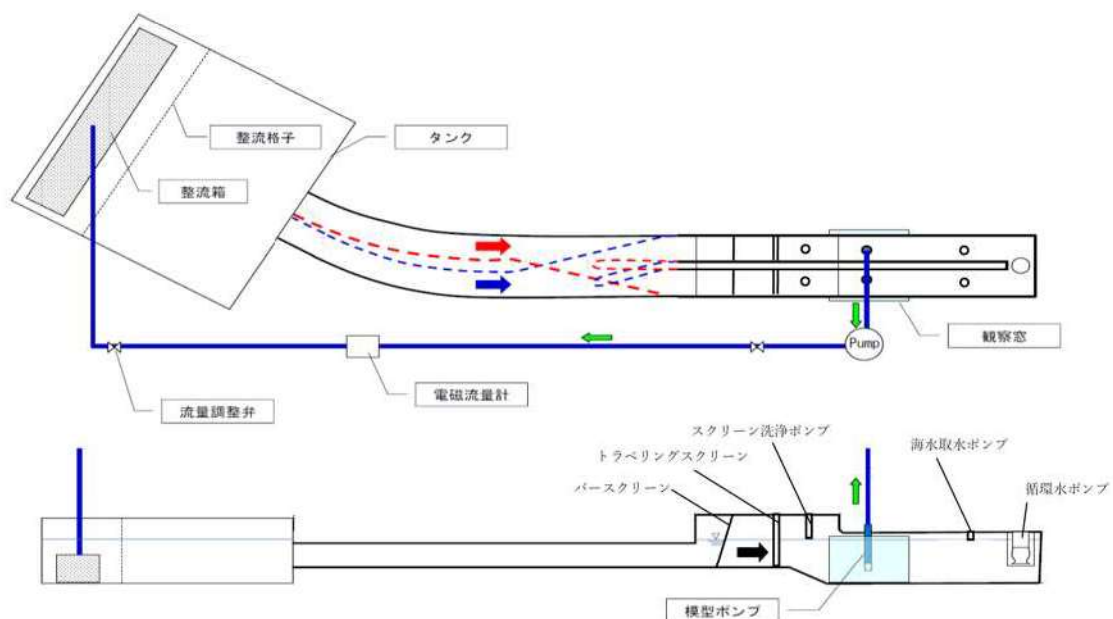


図4 水理試験装置概略図



試験装置全景



ポンプ部ベルマウス

図5 水理試験装置写真

4. 試験条件

TSJ 基準によれば、水槽形状が幾何学的に相似であれば、空気吸込渦と水中渦の発生は、下記の条件で相似とすることができると規定されていることから、各試験条件は以下のとおりとした。

a. 空気吸込渦試験

取水槽や取水路の流れは、重力と流れの慣性力の比（無次元数：フルード数 F_r ）を模型と実機で一致させれば、主要な流れを相似にすることができる。ここでフルード数を算出する式を示す。

$$F_r = \frac{V_m}{\sqrt{g \times L_m}} = \frac{V_p}{\sqrt{g \times L_p}}$$

ここで、 F_r ：フルード数、 V ：流速、 g ：重力加速度、 L ：代表長さ（ベルマウス口径）である。また、添字 m ：模型、添字 p ：実機を示す。

空気吸込渦試験では、TSJ 基準に準拠し、フルード数一致よりやや流速を上げた中間流速の相似条件で試験を実施した。このときの相似条件は、下式のとおり。

$$\frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^{0.2}$$

$$\frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^{2.2}$$

ここで、 V ：流速、 Q ：流量、 L ：代表長さ（ベルマウス口径）である。また、添字は m ：模型、 p ：実機を示す。

表 4 に空気吸込渦試験の試験条件を示す。

表4 空気吸込渦の試験条件

	実機 [添字 p]	模型 [添字 m]
L : 代表長さ [mm]	Φ800	Φ100
V : 流速 [m/s]	0.94	0.62
Q : 流量 [m ³ /h]	1,700	17.5

b. 水中渦試験

水中渦は一種のキャビテーション現象であり、基本的には、水槽内部のフローパターンとベルマウス流速でコントロールされる。

本試験については、TSJ 基準に準拠し、流速一致の相似条件で試験を実施した。このときの相似条件は、下式のとおり。

$$V_m = V_p$$

$$\frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^2$$

ここで、V : 流速, Q : 流量, L : 代表長さ (ベルマウス口径) である。また、添字は m : 模型, p : 実機を示す。

表5に水中渦試験の試験条件を示す。

表5 水中渦の試験条件

	実機 [添字 p]	模型 [添字 m]
L : 代表長さ [mm]	Φ800	Φ100
V : 流速 [m/s]	0.94	0.94
Q : 流量 [m ³ /h]	1,700	26.5

なお、海水ポンプ水理試験における、海水ポンプ実機の流量条件については、上表のとおり定格流量 1,700m³/h であるが、原子炉補機冷却海水系における設計上想定される海水ポンプ 1 台当たりの流量は表6に示すとおり 1,349~1,648m³/h であることから、海水ポンプ流量のばらつきを考慮したとしても本試験条件は妥当である。

表6 泊3号炉海水ポンプの運転モード

機器名称	設備 台数	1台当りの 定格流量 (m ³ /h)	海水使用量 (m ³ /h)						
			起動時	通常運転時	余熱除去時	燃料交換時	安全注入時 (※2)	再循環時 (※2)	電源喪失時 (※2)
原子炉補機冷却水 冷却器	4	1,050	4	2	4	2	1	2	2
			4,200	2,100	4,200	2,100	1,050	2,100	2,100
ディーゼル発電機	2	230	2	2	2	2	1	1	1
			460	460	460	460	230	230	230
空調用冷凍機 (括弧内は冬季少流量時)	4	125 (25)	4	4	4	4	2	2	2
			500 (100)	500 (100)	500 (100)	500 (100)	250 (50)	250 (50)	250 (50)
海水ポンプ電動機 冷却海水	4	4	4	4	4	4	2	2	2
			16	16	16	16	8	8	8
海水ポンプ出口スト レーナ連続ブロー水	4	110	2	2	2	2	1	1	1
			220	220	220	220	110	110	110
合計 (括弧内は空調用冷凍機の冬季少流量時の合計)			5,396 (4,996)	3,296 (2,896)	5,396 (4,996)	3,296 (2,896)	1,648 (1,448)	2,698 (2,498)	2,698 (2,498)
海水ポンプ 必要台数			4	2	4	2	1	2	2
流量 (m ³ /h/台) (括弧内は空調用冷凍機の冬季少流量時の流量)			1,349 (1,249)	1,648 (1,448)	1,349 (1,249)	1,648 (1,448)	1,648 (1,448)	1,349 (1,249)	1,349 (1,249)

※1 各欄上の数値は運転台数を示す。

※2 片系列での運転台数

※3 片系列2台の合計4台であるが、1系列当たりの使用台数は1台

5. 試験方法

- ① 試験装置内への水道水の注入または排出を行い、所定の水位に設定する。
- ② 送水ポンプを起動し、所定の流量になるよう流量調整を行い、流量が安定した後、空気吸込渦や水中渦の発生状況を観察する。
- ③ 渦の発生状況は、肉眼で10分間の観察を行う。

なお、試験結果の判定（渦発生の確認）については、海水ポンプの設計製作を行ったプラントメーカーにおいて、社内認定要領に基づき認定された資格者が実施している。

6. 判定基準

a. 空気吸込渦試験

空気吸込渦に対する限界水深は連続的な空気吸込渦が発生し始める水没深さとする。今回の試験では、くぼみ渦、断続渦は許容するが、連続渦は許容しない。

b. 水中渦試験

肉眼で観察して渦(空洞)が見えないこと(ただし、渦糸は許容する。)

7. 試験結果

空気吸込渦試験および水中渦試験の結果を表7に示す。試験の結果、ベルマウス径の1.4倍を考慮した設計上の取水可能水位 T.P. -6.98m では連続渦が発生しないことを確認した。さらに試験水位を下げ T.P. [] では連続渦が発生しないことを確認した。その後、T.P. [] からさらに試験水位を下げ、T.P. [] で連続渦の発生を確認した。

なお、水中渦は発生しないことを確認した。

以上より、泊発電所3号炉の海水ポンプの取水可能水位は T.P. [] であることを確認した。

※ この値は、空気吸込渦のみを考察しているが、NPSH については、海水ポンプは立型のピットポンプであり、取水可能水位でポンプ羽根車が水没していることから問題ない。

[] 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表 7 試験結果

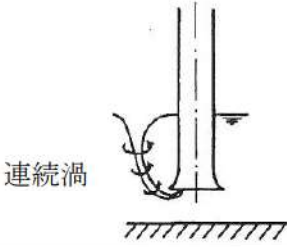
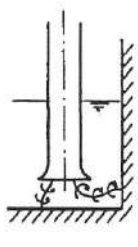
渦の種類	空気吸込渦	水中渦
	 <p>連続渦</p>	
判定基準	<ul style="list-style-type: none"> ・連続渦は許容しない ・くぼみ渦，断続渦は許容する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・渦発生を許容しない
試験結果	<ul style="list-style-type: none"> ・水位 T.P. で断続渦および連続渦は発生しない。 ・水位 T.P. で連続渦発生を確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ・渦は発生しない。



図 6 渦発生状況写真

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8. 試験の妥当性について

(1) 津波来襲時の水面揺動に関する考察

- ・津波来襲時は、水位変動が生じているのに対して、水理試験の状態では、海水ポンプの運転のみを模擬した場合、取水ピット水量に対して、ポンプ吸い込み量が少ないため、比較的水面の揺動は小さい。
- ・本試験は、ポンプの空気吸込渦を観察することとしているが、連続渦のような空気吸込渦が発生する状態としては、ポンプ回りの流況が安定している方が起こりやすい。このため、津波来襲時のように水位変動が生じている場合の方が、発生した渦が断続渦から連続渦へと成長しにくく、これに対して、揺動が小さい本水理試験の条件の方が、保守的であると言える。

(2) スケール効果について

- ・水槽の水面に生じる渦の形状は、流れのもつ慣性力と重力が支配的な因子となって定まるものであるため、基本的には、実機と模型のフルード数 F_r (重力と流れの慣性力の比) を一致させれば相似条件が満たされる。このため、くぼみ渦といった水面現象を観察する場合は、フルード数 F_r を一致させ試験を実施することとなる。

(参考：フルード数 F_r)

$$F_r = \frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_p}{\sqrt{g \cdot L_p}}$$

F_r : フルード数 V : 流速 g : 重力加速度 L : 代表長さ (ベルマウス口径) 添字は m : 模型, p : 実機
--

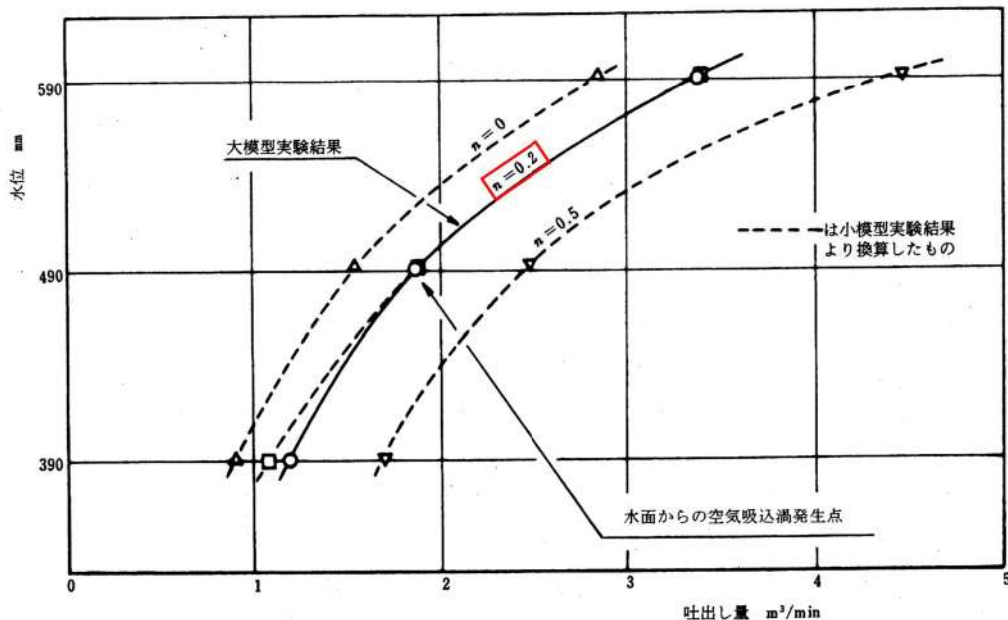
- ・しかし、空気吸込渦は、水面と海水ポンプのベルマウスを結ぶ渦であり、ベルマウスへ向かう水中の流れにも関係することから、表面張力や粘性の影響を考慮する必要がある。
- ・このため、模型比とフルード数 F_r に対する倍率の関係に関して各種試験が行なわれており、模型比と流速比との間に次式が成り立つとし、指数 $n=0.2$ が一般に利用されており、TSJ 基準においても推奨しており、本試験においても採用している。

$$\frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^n$$

V : 流速 L : 代表長さ (ベルマウス口径) 添字 m : 模型, p : 実機

($n=0.2$ のとき : 本試験条件) $\frac{V_m}{V_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^{0.2}$, $\frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{L_m}{L_p} \right)^{2.2}$

- ・ 指数 $n=0.2$ の妥当性を確認するため、TSJ 基準（解説）では、上記式の指数 n を 0, 0.2 及び 0.5 に変えて、空気吸込渦の試験を小模型と大模型（模型比 1/2.5）を用いて実施しており、下図のとおり、点線の小模型試験結果のうち $n=0.2$ の曲線が、実機の大模型試験結果とほぼ一致した結果が紹介されている。



解説図 11 空気吸込渦の相似則確認実験の一例（小模型と大模型の比 1/2.5）⁽⁵⁾

- ・ なお、同解説においては、上記のような指数 $n=0.2$ とし相似則が有効に働く模型寸法の条件として、ポンプのベルマウス口径を 100mm 以上とすることとされており、本試験においては、この条件を満足するために、海水ポンプのベルマウス口径を 100mm とし模型を作成し試験を実施している。
 - ・ 以上のように、本試験は、空気吸込渦を観察する上で最良な相似条件を用いて実施している。
- (3) 水槽形状の幾何学的相似であることの確認について
- ・ 本試験に用いる水槽は、「3. (2) 模型縮尺」のとおり、模型の各部寸法が海水ポンプの吸込ベルマウス口径を基準とした模型比で縮尺 1/8 となるよう作成している。
 - ・ 作成した水槽が、実機と幾何学的相似であることを確認するため、各部寸法を計測し、JIS に基づく許容値内に製作誤差が収まることを確認している。
- 各部寸法の計測結果を表 8 に示す。

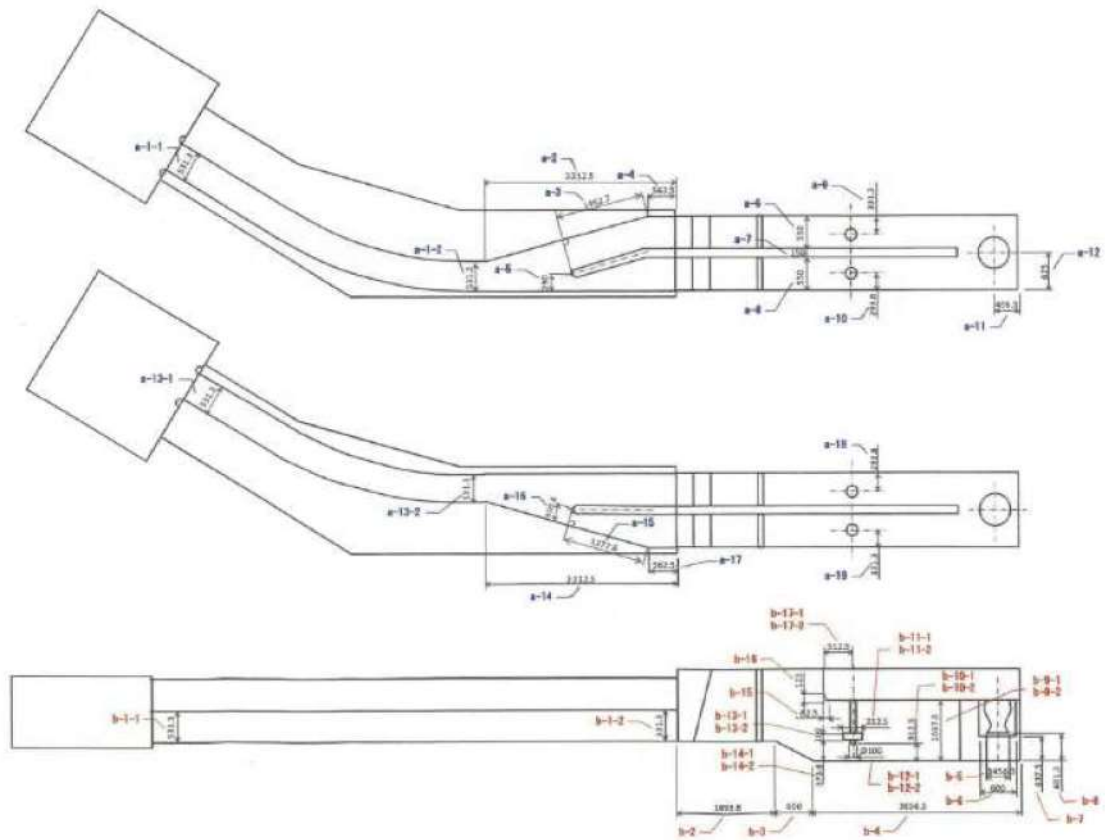
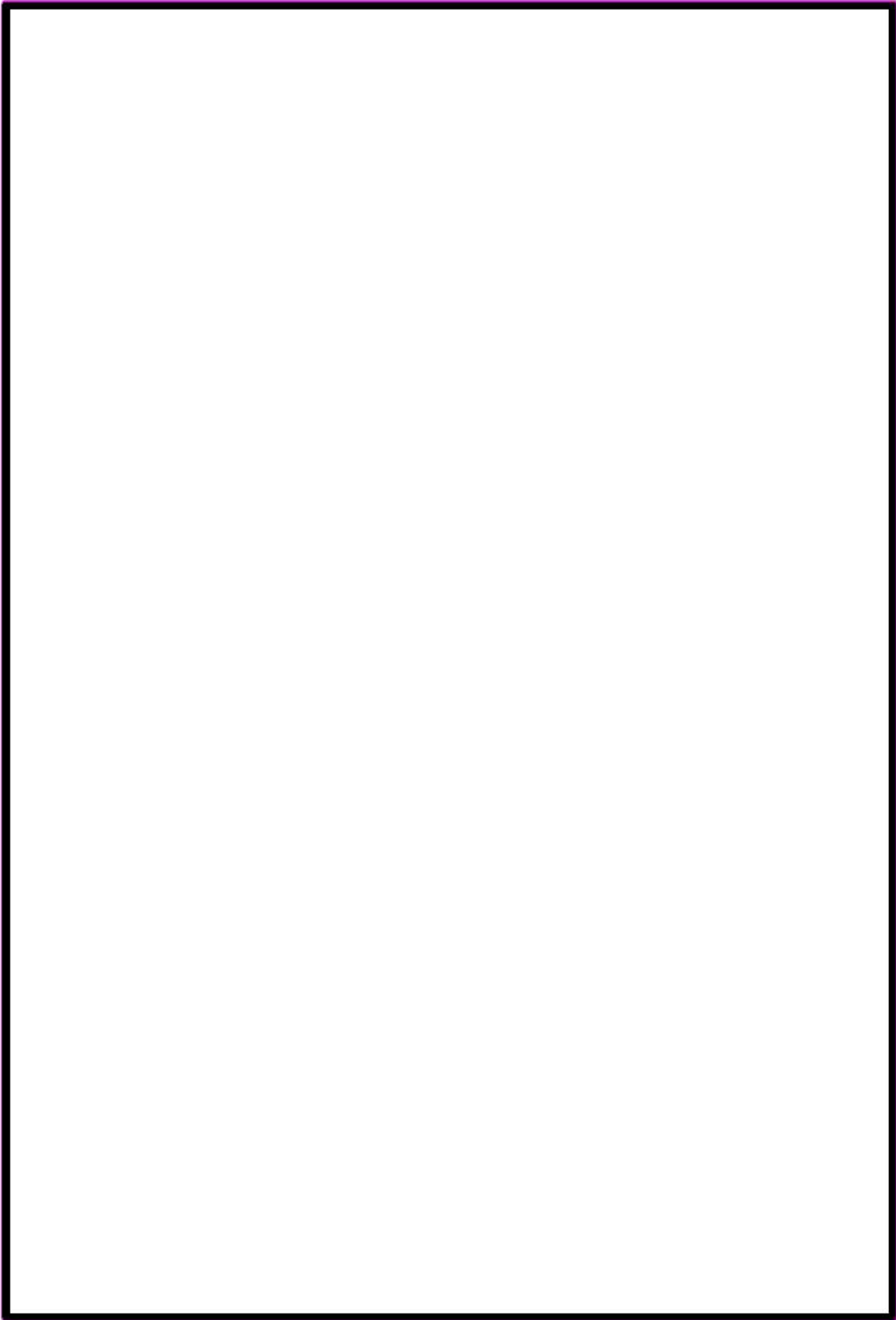



図7 水理試験模型の寸法計測部

表 8 各部寸法の計測結果



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

貯留量の算定について

貯留量の算定については、貯留堰天端高さが取水路及び取水ピットポンプ室底部より上部に位置することから、貯留堰天端高さからの水深を考慮した取水路内の貯留量を算出している。なお、取水路内の貯留量の算出においては、ハンチ部の減分及び10cmの貝付着代による減分を考慮する。

取水口、取水路内の各区分における断面積（①～④）及び取水ピットスクリーン室内の各区分における断面積（①～⑤）、取水ピットポンプ室内の各区分における断面積（①～⑤）と、貯留堰天端高さからの水深に基づき算出した結果をそれぞれ表1に示す。また、3号炉取水路の平面図及び断面図を図1に示す。

表1 3号炉貯留容量

区分		対象面積 ^{*1} (m ²)	水深(m)	体積 (m ³) [A]	減分 (m ³) [B]	貯留量(m ³) [A-B]
取水口		142.95	3.50	500.32	24.39	475
取水路	①	66.28	3.50	231.98	10.99	220
	②	21.25	3.50	74.37	3.50	70
	③	642.14	3.50	2247.49	106.65	2140
	④	324.47	3.50	1135.64	52.29	1083
取水ピット スクリーン室	①	43.08	3.50	150.78	4.66	146
	②	186.00	3.50	651.00	41.69	609
	③	24.38	3.50	85.33	15.61	69
	④	14.96	3.50	52.36	3.26	49
	⑤	122.32	3.50	428.12	19.46	408
取水ピット ポンプ室	①	64.24	3.50	224.84	10.22	214
	②	5.66	3.50	19.81	11.94	7
	③	304.48	3.50	1065.68	48.44	1017
	④	77.33	3.50	270.65	19.63	251
	⑤	14.44	3.50	50.54	7.84	42
計						6800



図1 3号炉取水路の平面図及び断面図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

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，流入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原子炉建屋，原子炉補助建屋に流入防止の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。

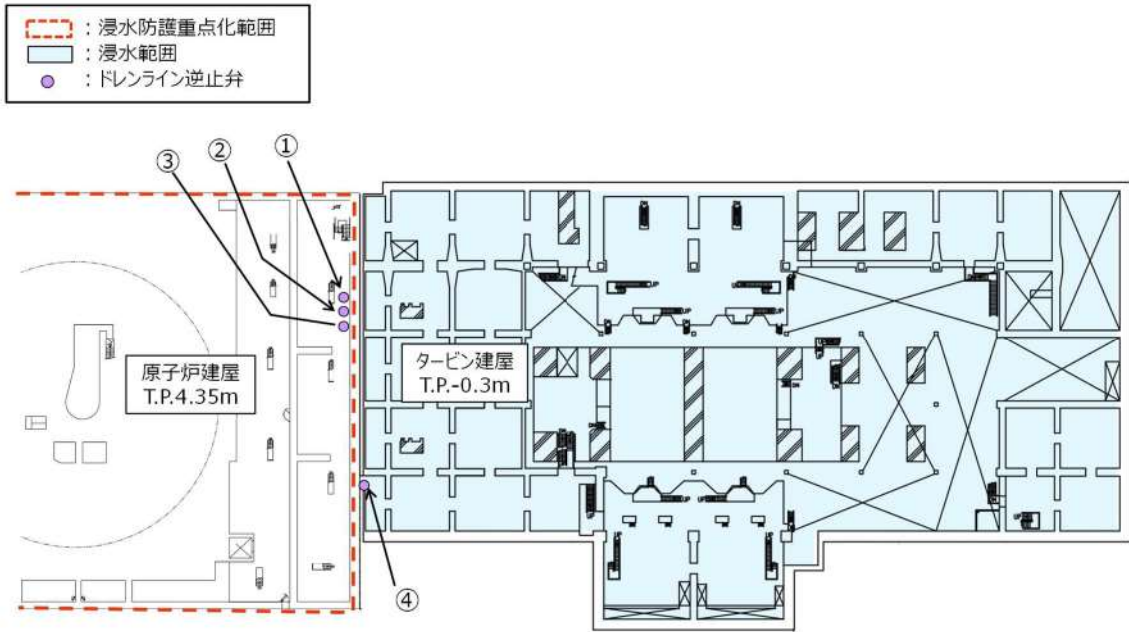
2. 浸水防止の対策の位置

(1) 原子炉建屋

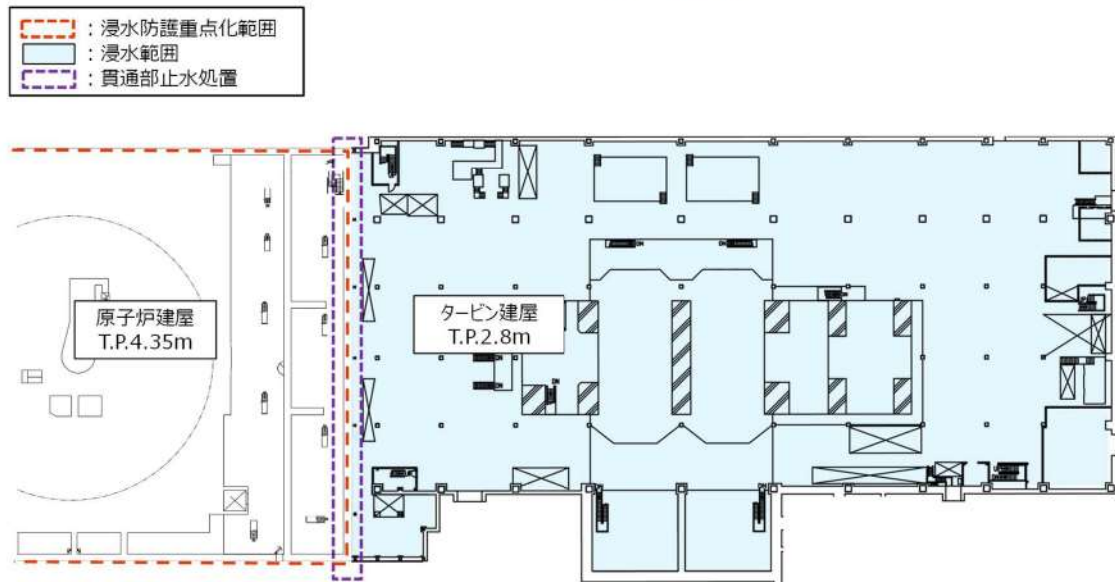
原子炉建屋に対する流入防止の対策については，原子炉建屋とタービン建屋との境界における浸水対策及び電気建屋との境界における浸水対策があることから，以下にそれぞれの内容について示す。

a. 原子炉建屋とタービン建屋との境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲である原子炉建屋への流入防止の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）。



(タービン建屋 T.P. -0.3m)



(タービン建屋 T.P. 2.8m)

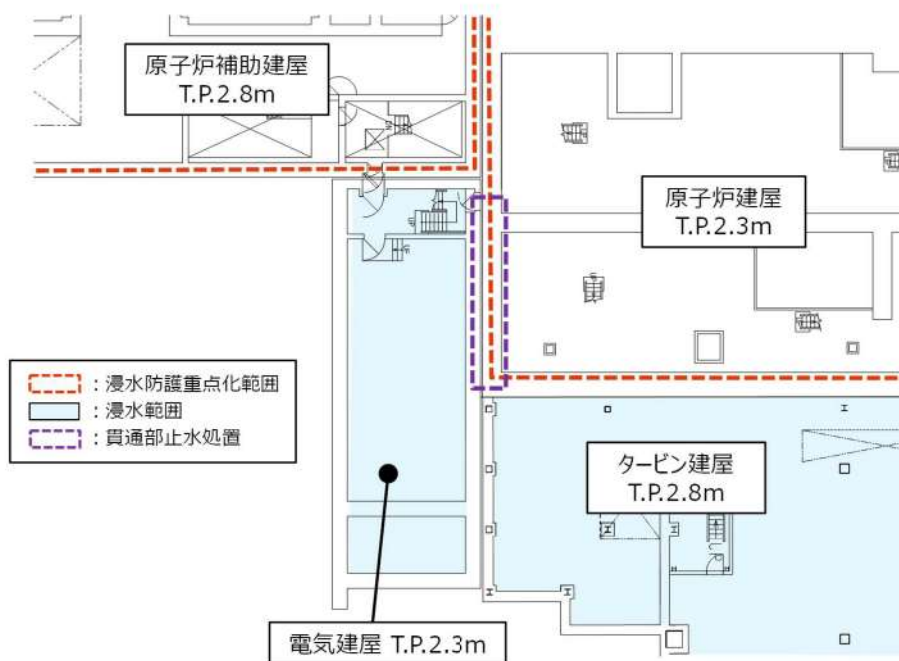
図1 原子炉建屋の浸水対策の概要 (タービン建屋との境界)

表1 原子炉建屋の浸水対策設備リスト (タービン建屋との境界)

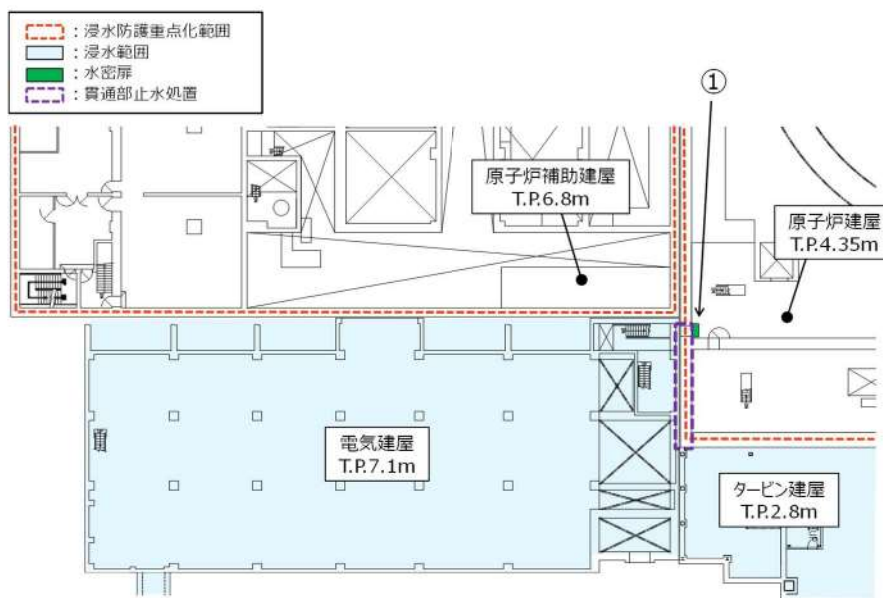
番号	設置高さ	建屋	名称	種類
①	T. P. 4.35m	原子炉建屋	ドレンライン逆止弁	逆止弁
②	T. P. 4.35m	原子炉建屋		逆止弁
③	T. P. 4.35m	原子炉建屋		逆止弁
④	T. P. -0.3m	タービン建屋		逆止弁

b. 原子炉建屋と電気建屋との境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲である原子炉建屋への流入防止の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）。



(電気建屋 T. P. 2. 8m)



(電気建屋 T. P. 7. 1m)

図2 原子炉建屋の浸水対策の概要（電気建屋との境界）

表2 原子炉建屋の浸水対策設備リスト（電気建屋との境界）

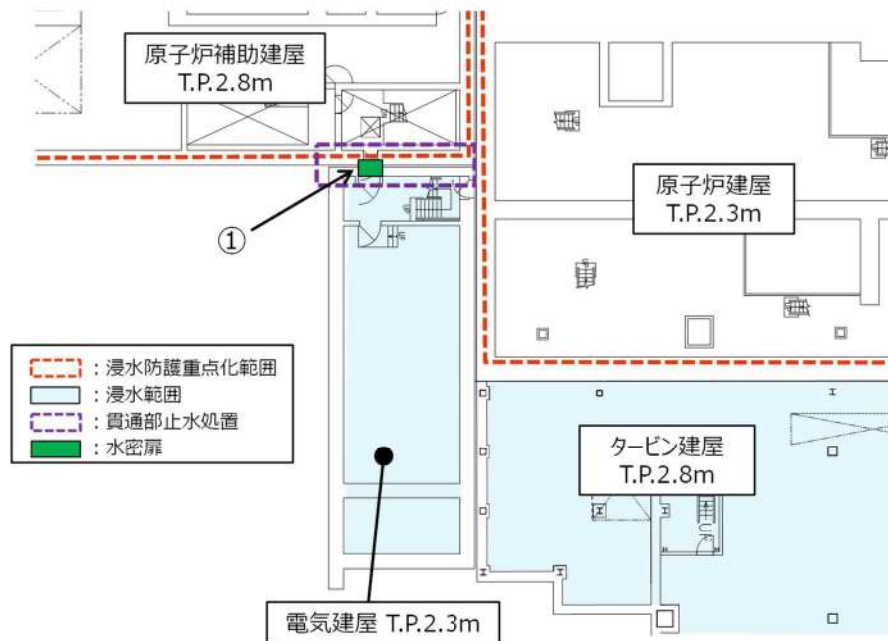
番号	設置高さ	建屋	名称	種類
①	T. P. 4. 35m	原子炉建屋	水密扉 No. 69	水密扉

(2) 原子炉補助建屋

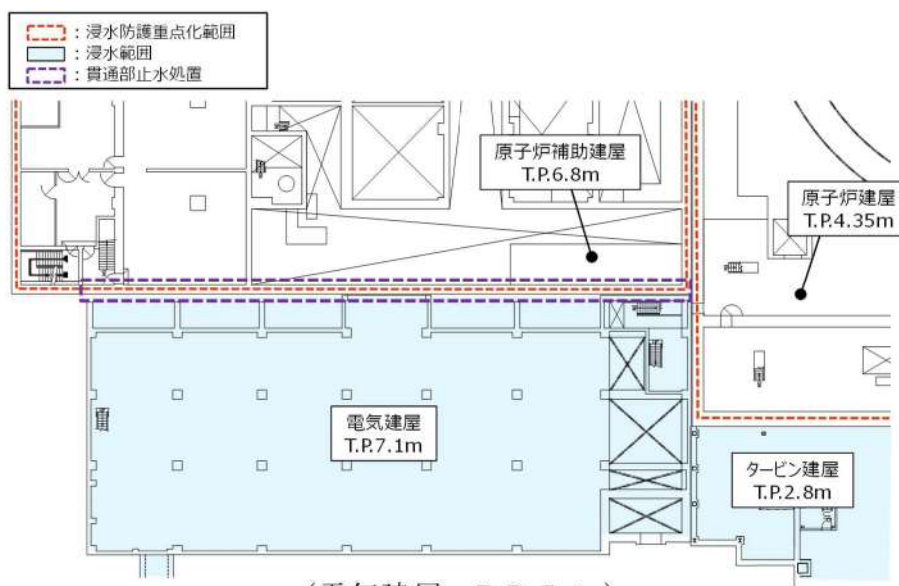
原子炉補助建屋に対する流入防止の対策については、原子炉補助建屋と電気建屋との境界における浸水対策及び出入管理建屋との境界における浸水対策があることから、以下にそれぞれの内容について示す。

a. 原子炉補助建屋と電気建屋の境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲である原子炉補助建屋への流入防止の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3、表3)。



(電気建屋 T.P. 2.8m)



(電気建屋 T.P. 7.1m)

図3 原子炉補助建屋の浸水対策の概要(電気建屋との境界)

表3 原子炉補助建屋の浸水対策設備リスト（電気建屋との境界）

番号	設置高さ	建屋	名称	種類
①	T. P. 2. 3m	原子炉補助建屋	水密扉 No. 68	水密扉

b. 原子炉補助建屋と出入管理建屋の境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲である原子炉補助建屋への流入防止の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4，表4）。

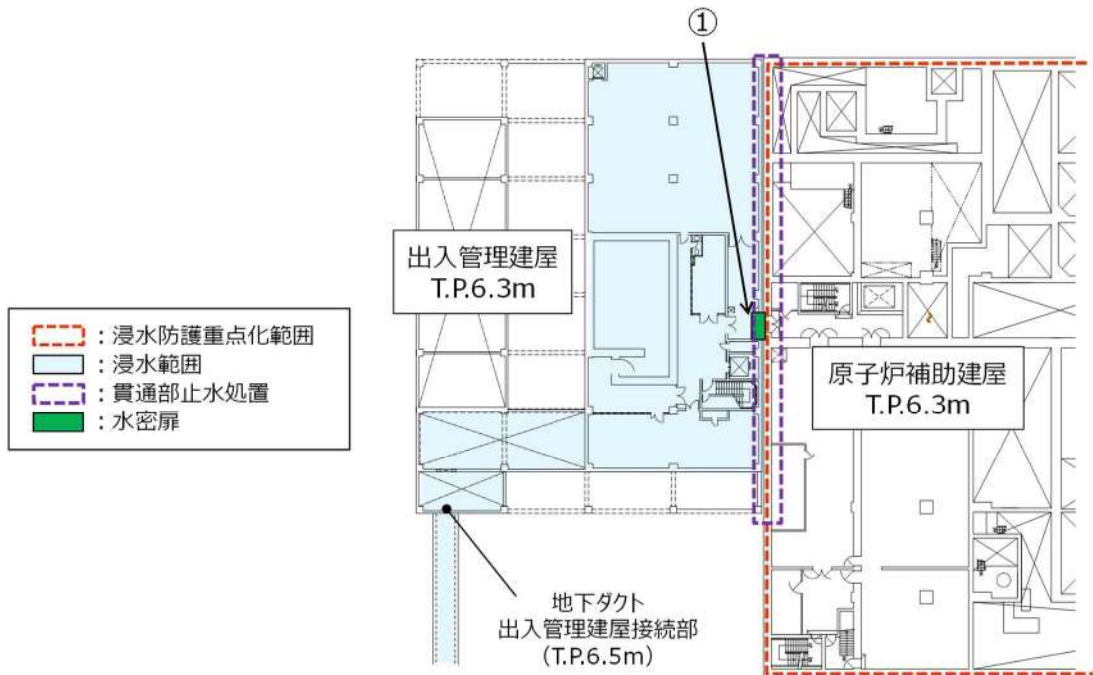


図4 原子炉補助建屋の浸水対策の概要（出入管理建屋との境界）

表4 原子炉補助建屋の浸水対策設備リスト（出入管理建屋との境界）

番号	設置高さ	建屋	名称	種類
①	T. P. 6. 3m	原子炉補助建屋	水密扉 No. 73	水密扉

3. 貫通部止水処置の施工例

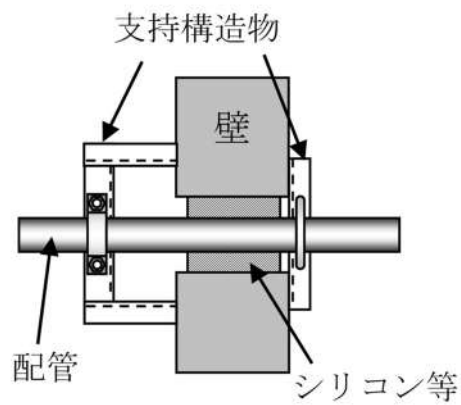
浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策として実施する貫通部止水処置の施工例を以下に示す。

施工例①

シリコンシール



施工状況

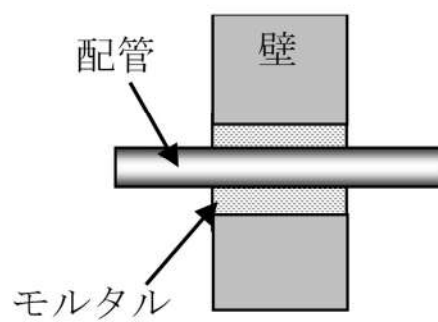


施工例②

モルタル

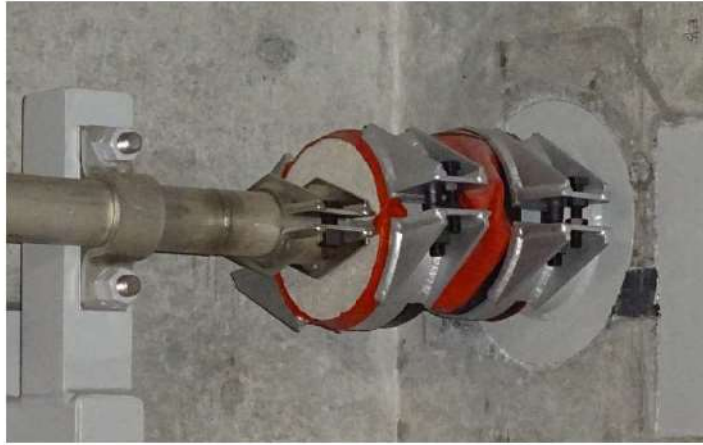


施工状況

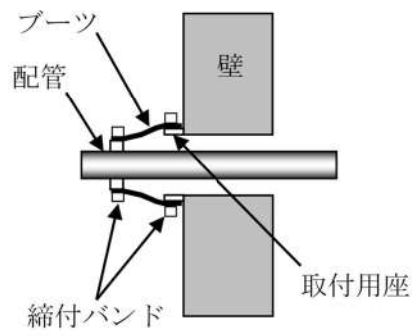


施工例③

ラバーブーツ



施工状況



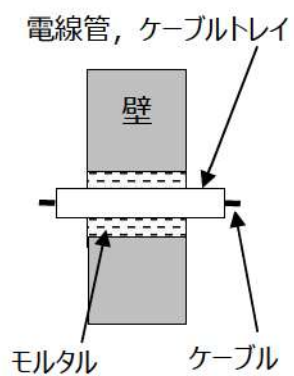
施工例④

電線管／ケーブルトレイ



(写真は電線管の止水処置)

施工状況



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路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、防潮堤の海側となる防潮堤区画外（津波溯上域）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 7 km 圏内の範囲全体とする。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 4 つに対して、漂流物となる可能性のある施設・設備の配置特性を踏まえ、調査分類を 4 つに区分して調査を実施する。分類ごとの調査対象、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、発電所敷地内陸域の構造物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 及び 調査分類	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 ・「港湾施設使用願」と「専用港利用計画」を調査し、港湾内に作業により来航する船舶を抽出 ・国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出
			聞き取り調査 ・漁協、自治体関係者、海上保安庁及び社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
	陸域	発電所敷地内における人工構造物	資料調査 ・構内配置図等により、構内にある建屋、機器類等を抽出 ・資料調査及び現場調査にて抽出された施設・設備等の仕様を調査
			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 ・現場調査により、調査対象を抽出
発電所 構外	海域	海上設置物	資料調査 ・国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある養殖漁業施設、漁業区域等を抽出
			聞き取り調査 ・漁協、自治体関係者及び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 ・現場を調査し、対象を抽出
	海域	船舶	資料調査 ・漁協及び自治体管理資料等の調査により対象を抽出 ・国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出
			聞き取り調査 ・漁協、自治体関係者、海上保安庁及び社内関係者への聞き取り調査により対象を抽出
			資料調査 ・泊村、共和町、岩内町のHP、国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」等を調査し、調査範囲内にある市街地及び漁港・港湾施設を抽出
			聞き取り調査 ・漁協、自治体関係者及への聞き取り調査により対象を抽出 ・現場を調査し、対象を抽出
	陸域	漁港・市街地における人工構造物	資料調査 ・漁協、自治体関係者及への聞き取り調査により対象を抽出 ・現場を調査し、対象を抽出
			聞き取り調査 ・現場を調査し、対象を抽出
			現場調査 ・発電所敷地外の車両の調査については、詳細を添付資料 34 に示す

調査範囲の概要

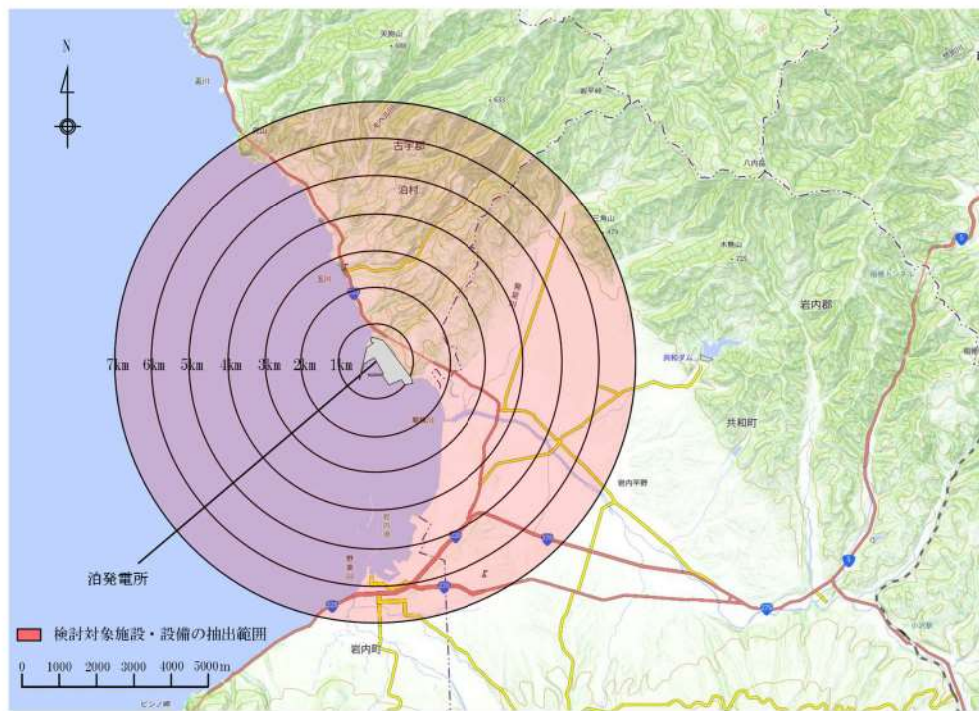


図1 漂流物調査範囲（発電所敷地外）

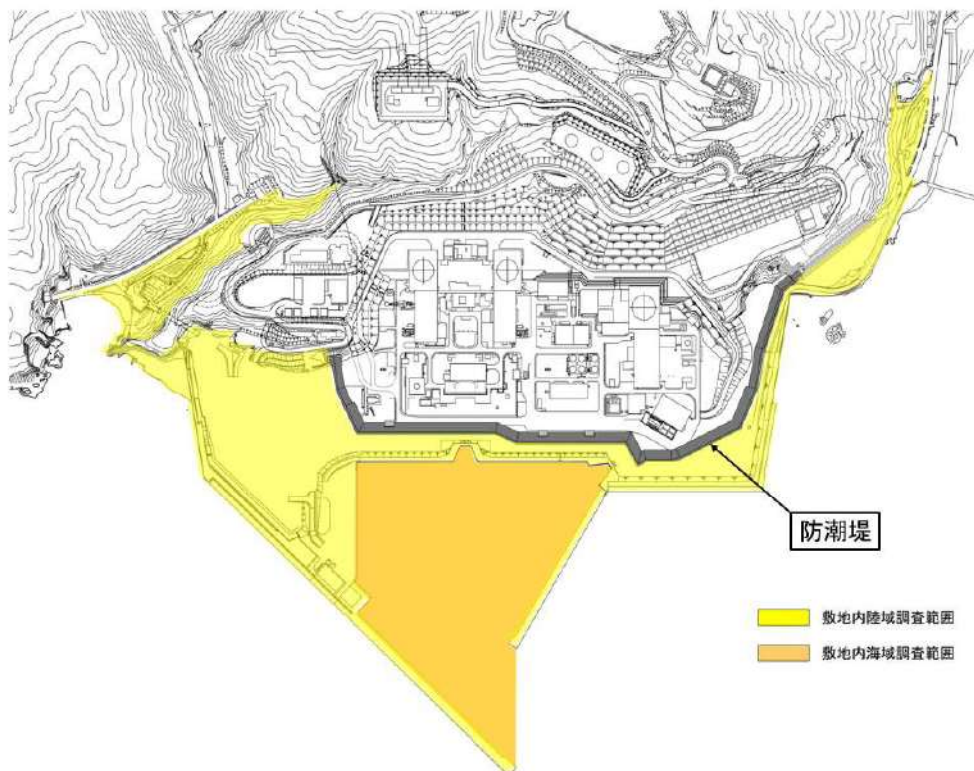


図2 漂流物調査範囲（発電所敷地内）

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	具体例		
発電所 構内	海域	船舶	D 燃料等輸送船 発電所港湾内 作業船、漁船、 旅客船等	<ul style="list-style-type: none"> 「港湾施設使用願」と「専用港利用計画」を調査し、作業により港湾内に来航する船舶を抽出 国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出 漁協、自治体関係者、海上保安庁及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出 	名称、重量、航路等
	陸域	発電所 敷地内 におけ る人工 構造物	A 港湾施設 建屋 設備 工事用車両 等	<ul style="list-style-type: none"> プラント配置図等の資料を調査し、調査範囲内にある建屋、機器類等を抽出 資料調査及び現場調査にて抽出された施設・設備等の仕様を調査 社内関係者への聞取調査により対象を抽出 現場を調査し、対象を抽出 	名称、設置場所、形状、数量、重量等
発電所 構外	海域	海上設 置物	C 養殖漁業施設 その他発電所 港湾施設 ブイ 等	<ul style="list-style-type: none"> 国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある養殖漁業施設、漁業区域等を抽出 漁協、自治体関係者及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出 現場を調査し、対象を抽出 	名称、設置場所、形状、数量、重量、材料等
		船舶	D 燃料等輸送船 発電所港湾内 作業船、漁船、 旅客船等	<ul style="list-style-type: none"> 漁協及び自治体管理資料等の調査により対象を抽出 国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出 漁協、自治体関係者、海上保安庁及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出 	名称、重量、航路等
	陸域	漁港・ 市街地 におけ る人工 構造物	B 港湾施設 商・工業施設 公共施設 家屋 等	<ul style="list-style-type: none"> 泊村、共和町、岩内町のHP、国土地理院地理院地図 (Web)、海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」等を調査し、調査範囲内にある市街地及び漁港・港湾施設を抽出 漁協、自治体関係者及への聞取調査により対象を抽出 現場を調査し、対象を抽出 発電所敷地外の車両の調査については、詳細を添付資料 34 に示す 	名称、設置場所、形状、数量、重量、材料等

※：構造物等（固定あり/固定なし/設置）、車両（駐車）とする。

※2：上記の凡例によらない特記事項を記載する。

漂流物調査結果リスト（敷地内）

番号	調査エリア	名称	寸法・面積	資料調査・聞き取り調査				現地調査			
				構造・材質	重量 (最も大きなものを記載)	調査日	数量	状態 ※1	写真	調査日	備考 ※2
1	III	中継ポンプ室	W15.5m × L6.0m × H4.38m	構造：RC造 基礎形式：柱基礎(RC造木欄)	約197t(基礎除く)	2021/9/29	1	設置	⑧-009 ⑧-012	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
2	III	高圧浄水設備設置									撤去済み
3	III	モニタリング設備舎(EPO-1)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑧-011 ⑧-011b	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
4	IX	モニタリング設備舎(EPO-2)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑧-001 ⑧-002 ⑧-002a	2021/9/19	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
5	I	モニタリング設備舎(EPO-6)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-028 ①-028a ①-028b	2021/9/19	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
6	II	モニタリング設備舎(EPO-7)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	②-005 ②-005a	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
7	I	モニタリング設備舎(EPO-PS)	W2.65m × L2.45m × H3.0m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-022 ①-022b	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
8	V	機器室管理棟	W6.5m × L4.8m × H3.9m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約124t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑤-023 ⑤-023b	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
9	VI	31E	1.8m × 1.8m × 2.8m	構造：鋼製 基礎形式：コンクリート基礎	約1t	2021/9/29	1	設置	⑥-001 ⑥-002	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
10	I	観音寺庫房	W14.4m × L6.3m × H3.8m →W13.5m × L3.6m × H3.8m	構造：RC造 基礎形式：面状基礎(布基礎)	約208t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-008 ①-012 ①-013	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし

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／年）に確認するとともに，「(2)e. 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2.5-25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。

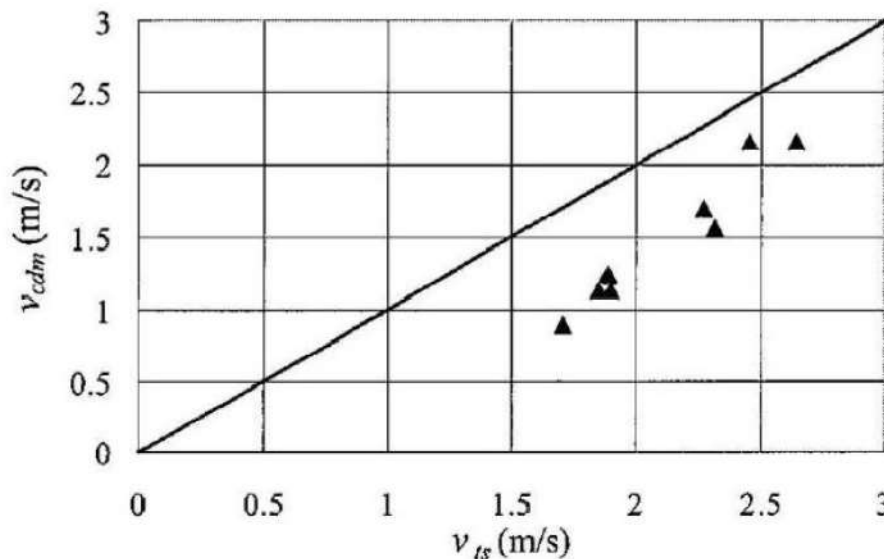
また，発電所の施設・設備の設置・改造等を行う場合においても，都度，津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性への影響評価を実施し，必要に応じて，対策を実施する。

これらの調査・評価方針については，品質マネジメント文書に定め管理する。

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^{※1}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。



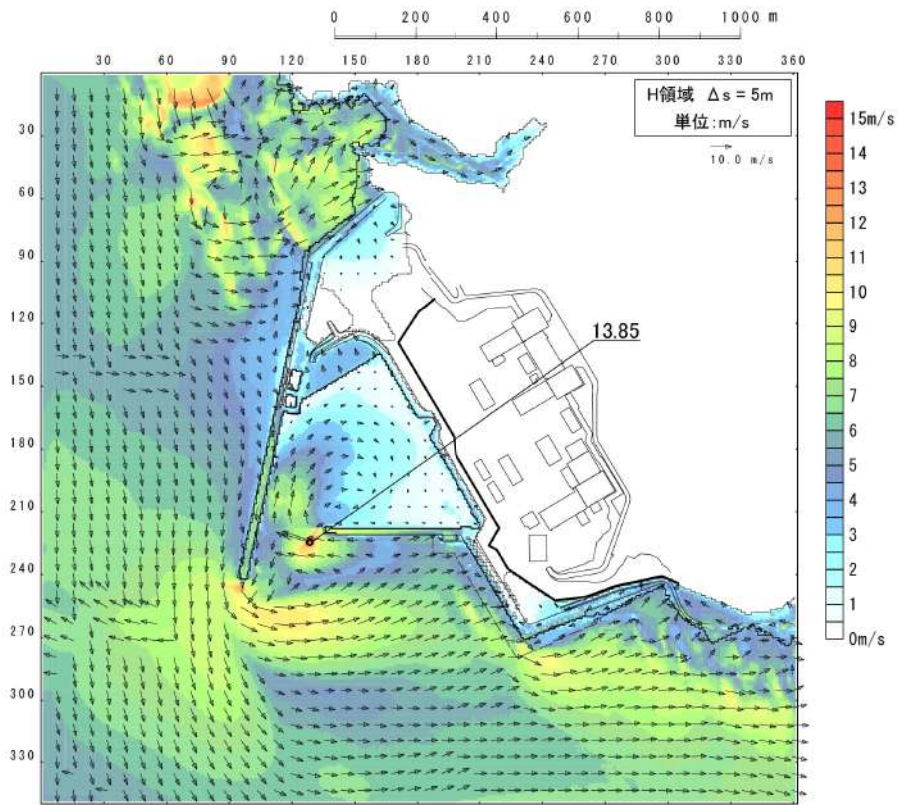
第1図 浸水流速 v_{ts} と最大漂流速度 v_{cdm} の関係

※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）

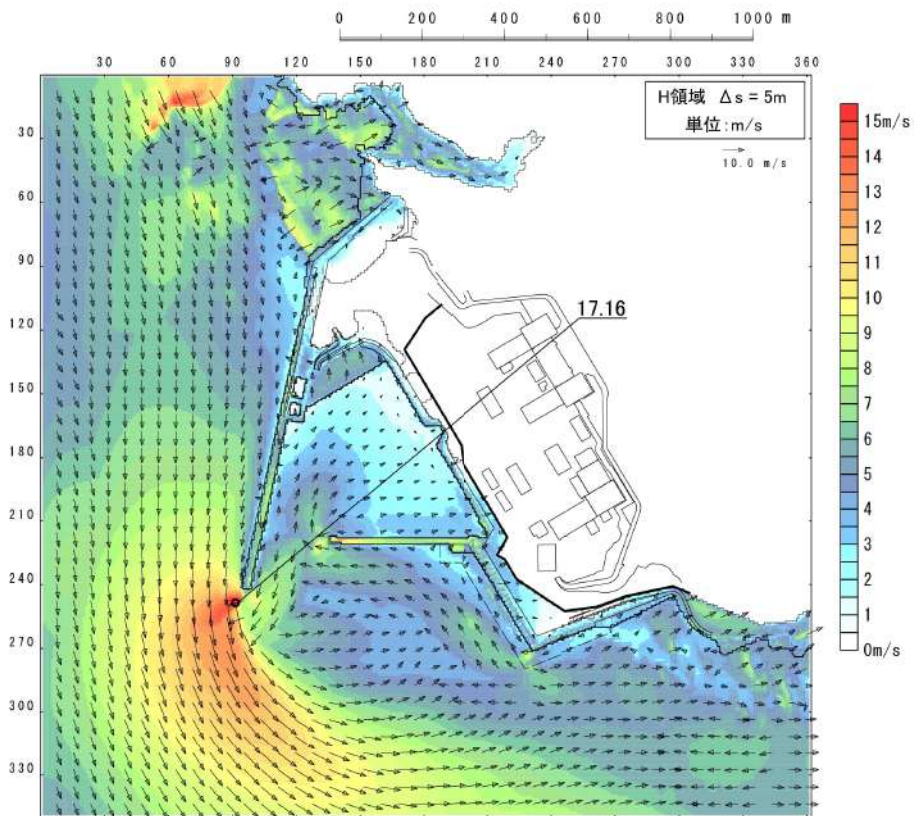
漂流物の衝突速度は、評価対象施設周辺の流速に依存すると考えられるが、安全側の評価を実施するために、発電所周辺における最大流速を衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。津波の流速は、津波遡上シミュレーションにより得られる値を用いる。設定に当たっては、「防潮堤の損傷」及び「敷地前面海底地盤（海域）の2m沈下」を影響要因として考慮する。

発電所周辺における最大流速分布を第2～21図に示す。

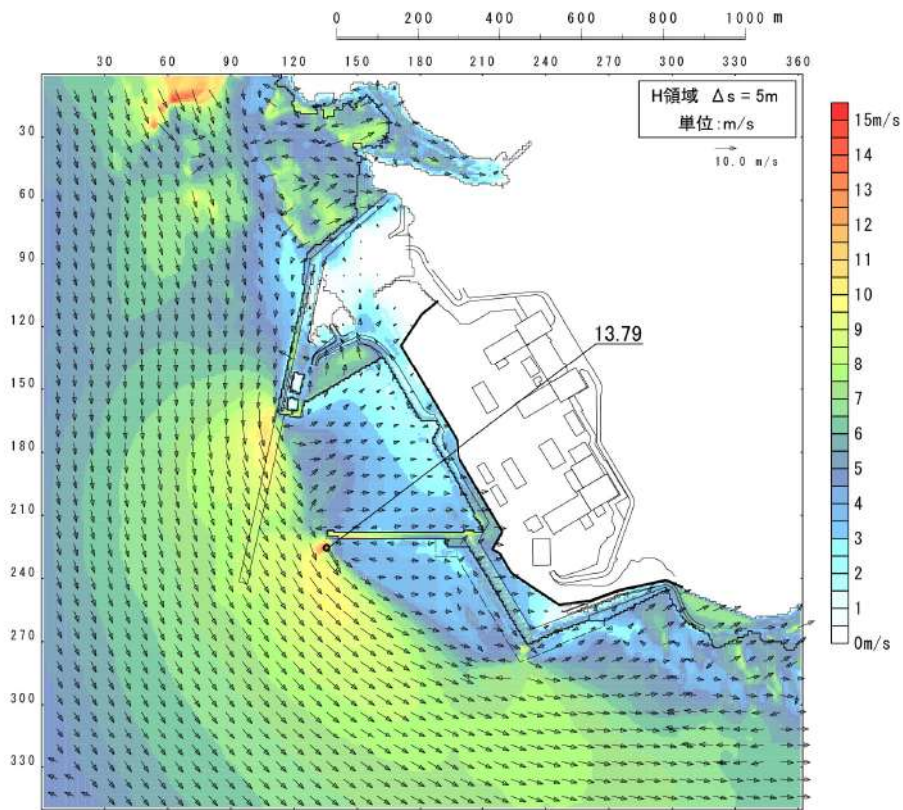
結果として、最大流速は17.78m/sが抽出された。この値を更新する可能性のある地形変化として「地滑り地形①の崩壊」を更に考慮した場合の最大流速分布を第22図に示す。結果として、最大流速は17.86m/sとなったことから、安全側に18.0m/sを津波防護施設の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。



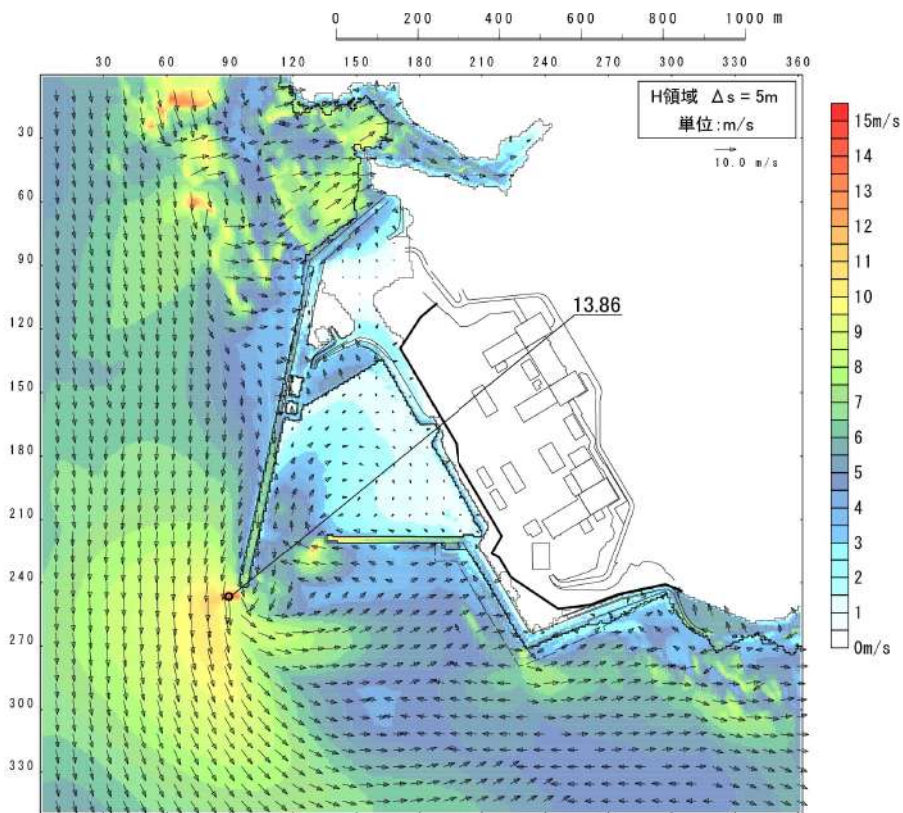
第2図 最大流速分布 (波源A, 防波堤損傷なし)



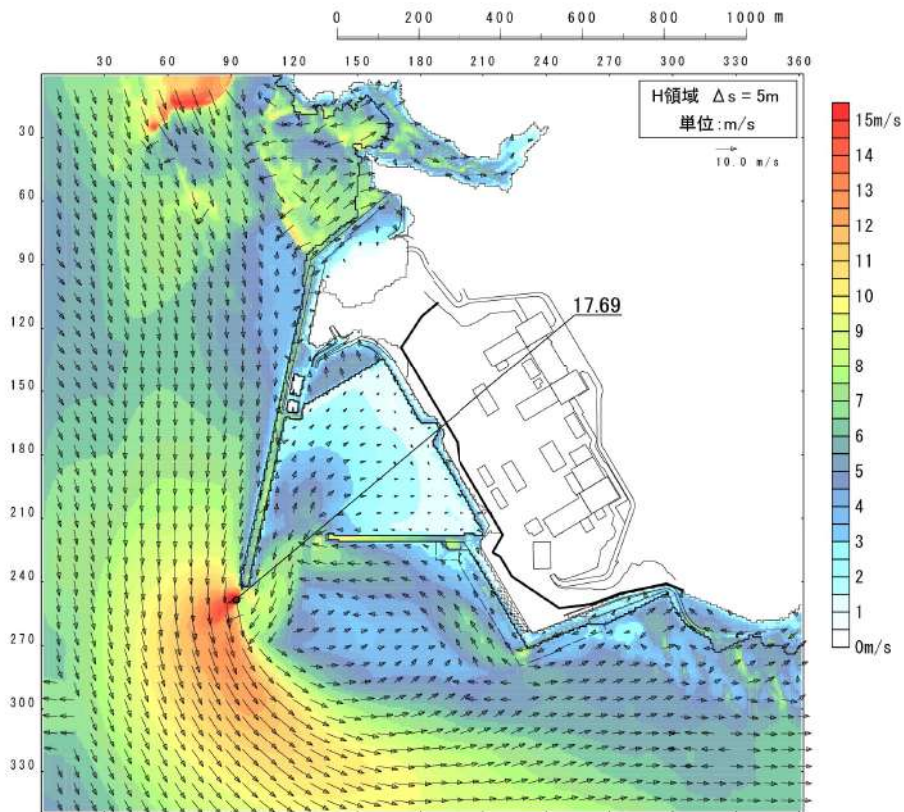
第3図 最大流速分布 (波源B, 防波堤損傷なし)



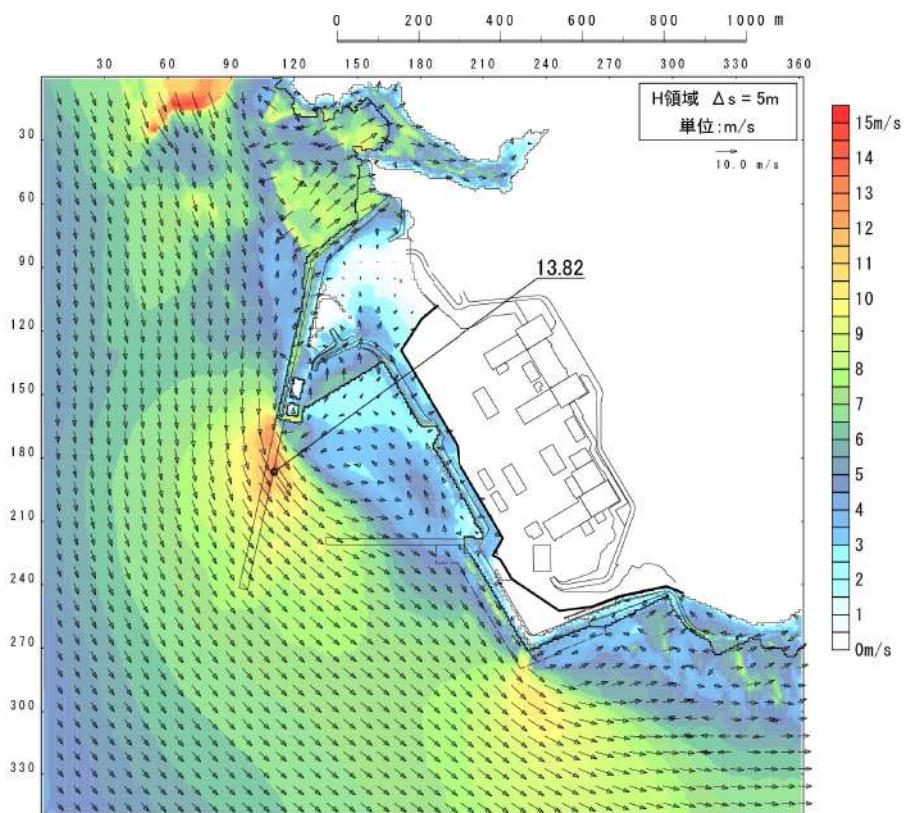
第4図 最大流速分布 (波源B, 北防波堤損傷)



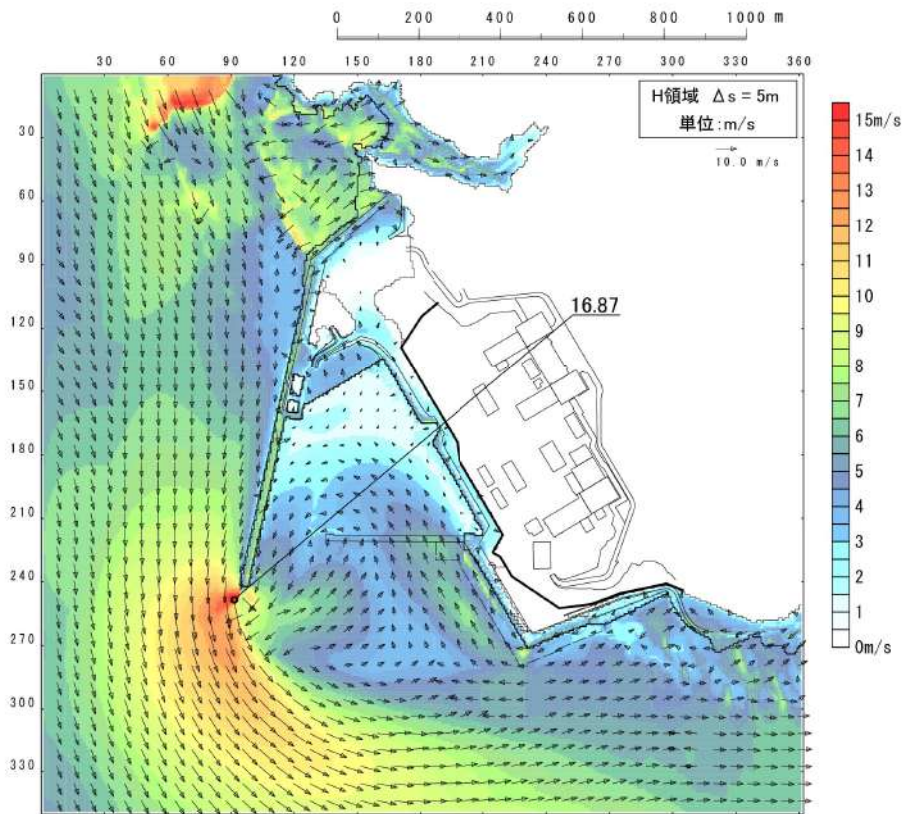
第5図 最大流速分布 (波源C, 防波堤損傷なし)



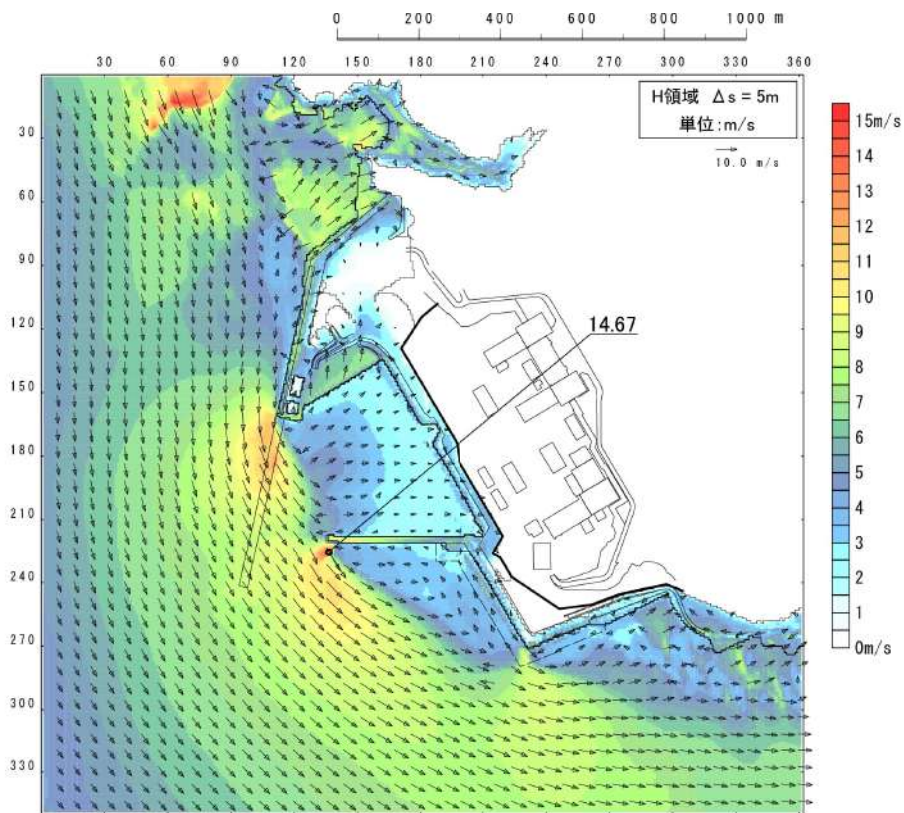
第6図 最大流速分布（波源D，防波堤損傷なし）



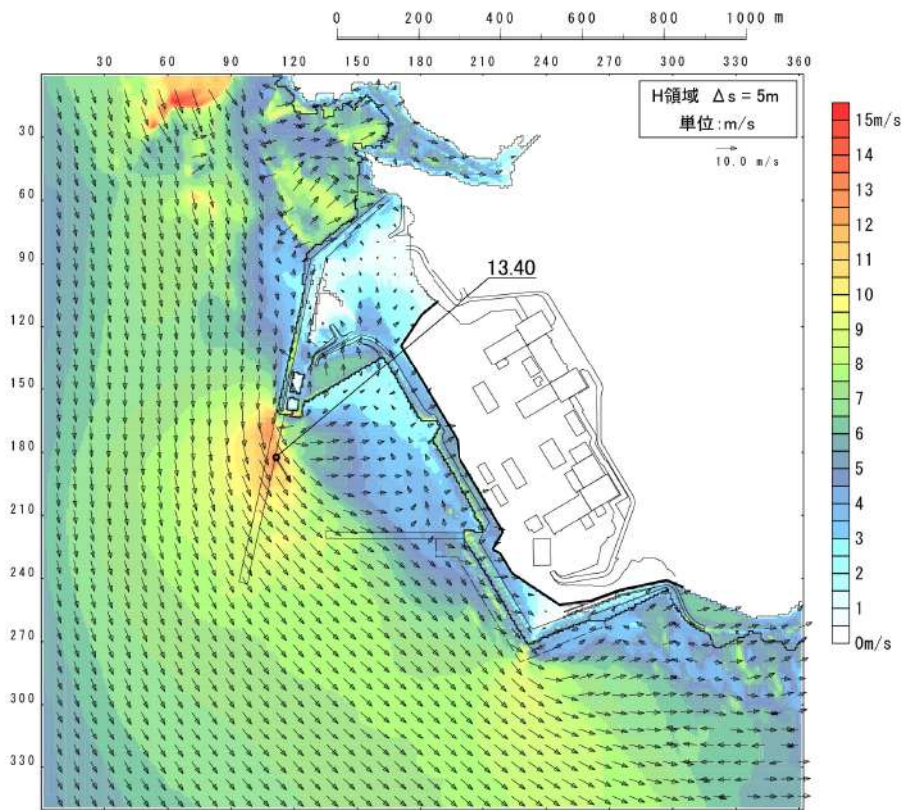
第7図 最大流速分布（波源D，北及び南防波堤損傷）



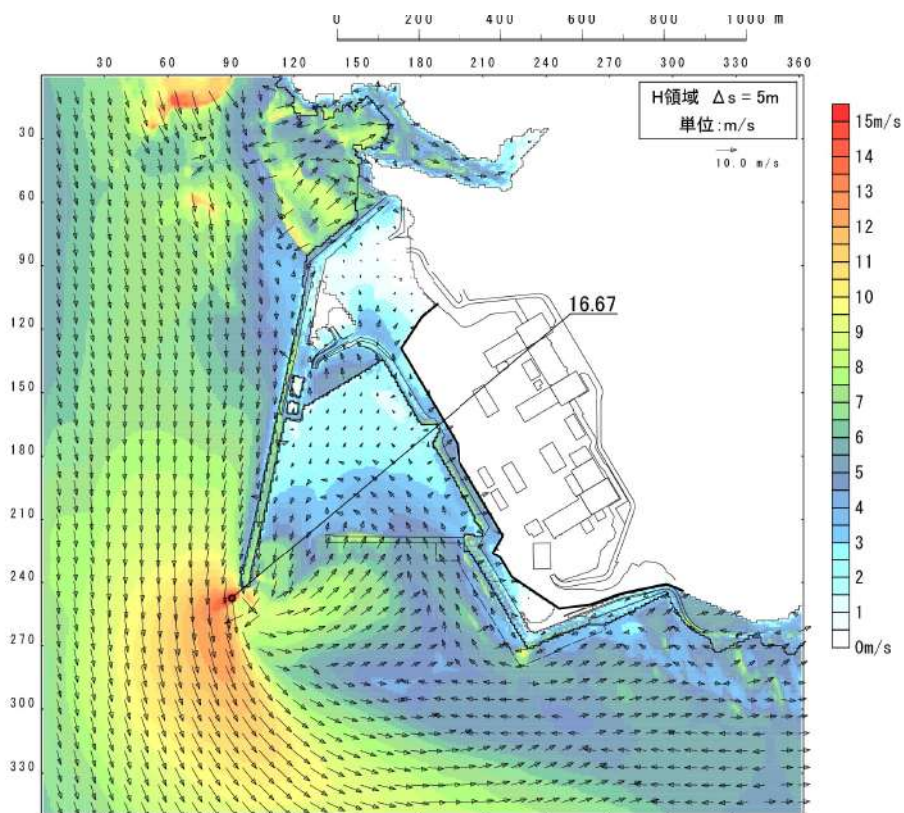
第8図 最大流速分布 (波源D, 南防波堤損傷)



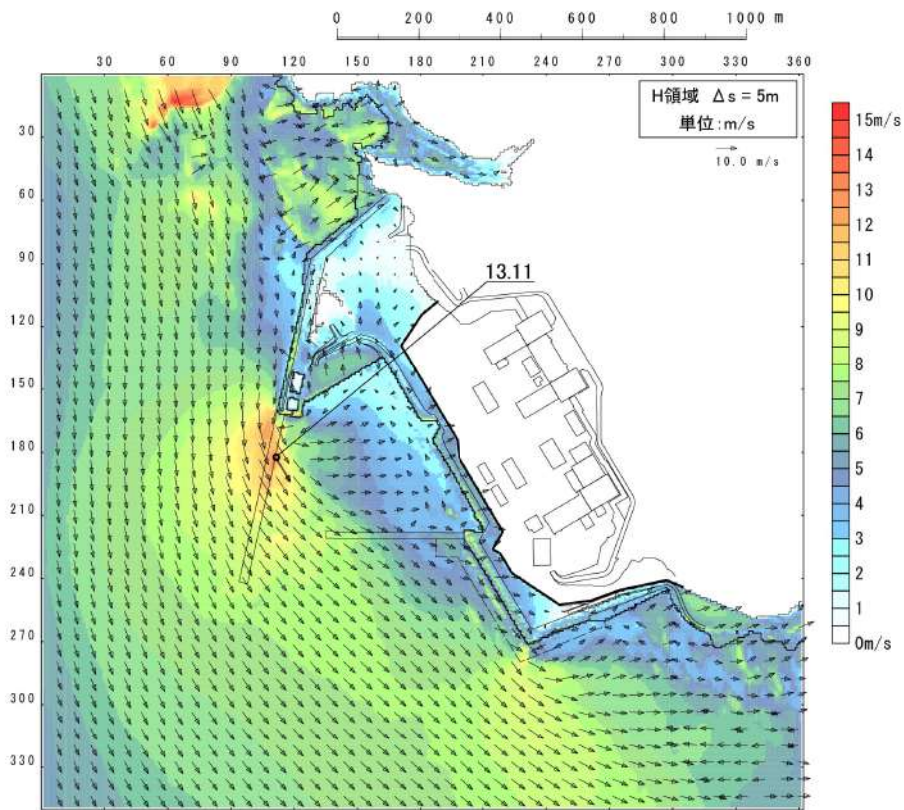
第9図 最大流速分布 (波源D, 北防波堤損傷)



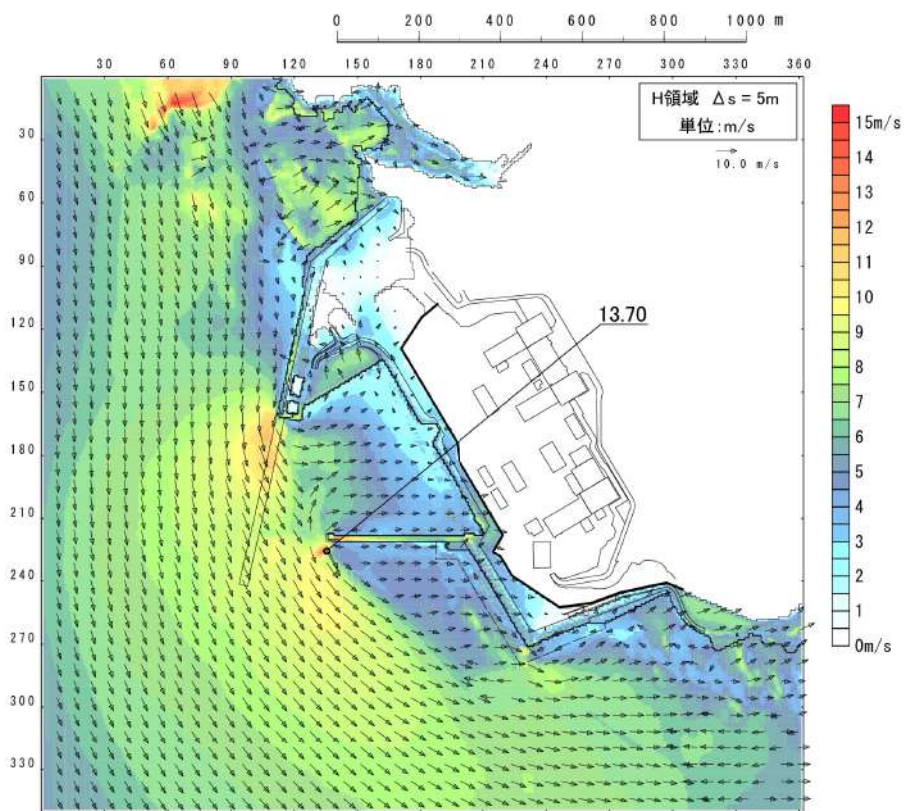
第 10 図 最大流速分布 (波源 E, 北及び南防波堤損傷)



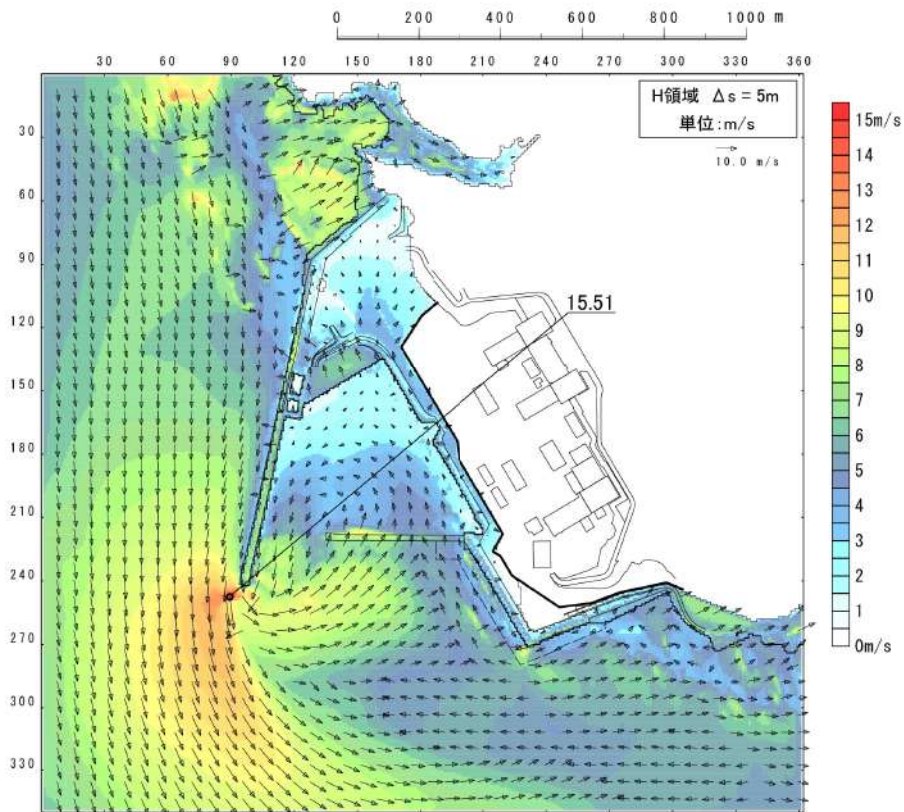
第 11 図 最大流速分布 (波源 E, 南防波堤損傷)



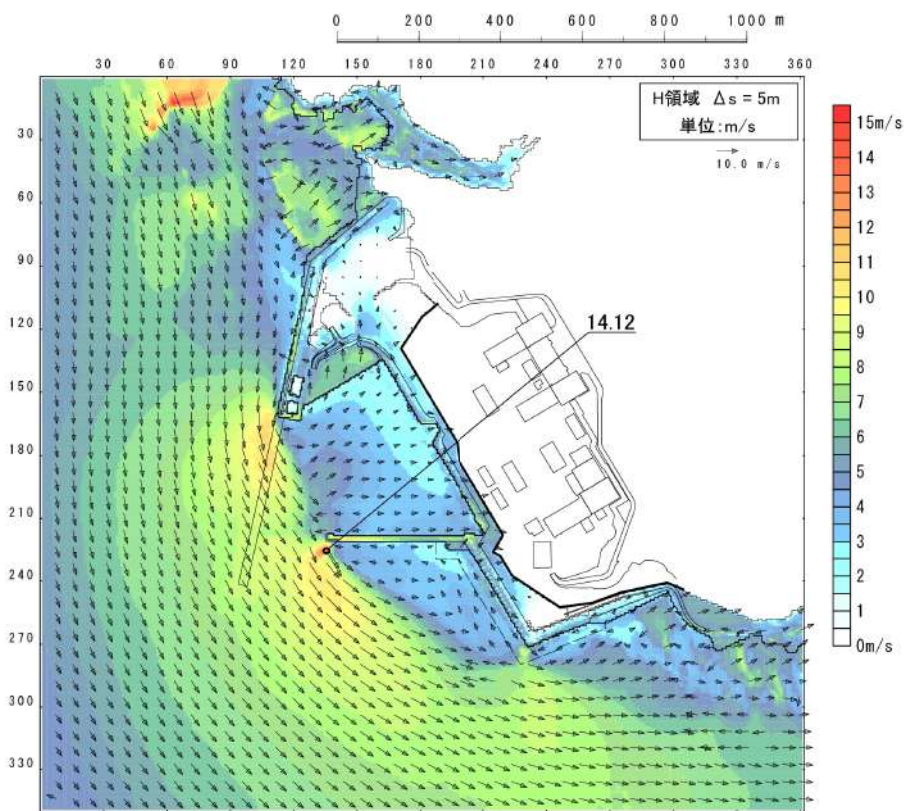
第 12 図 最大流速分布 (波源 F, 北及び南防波堤損傷)



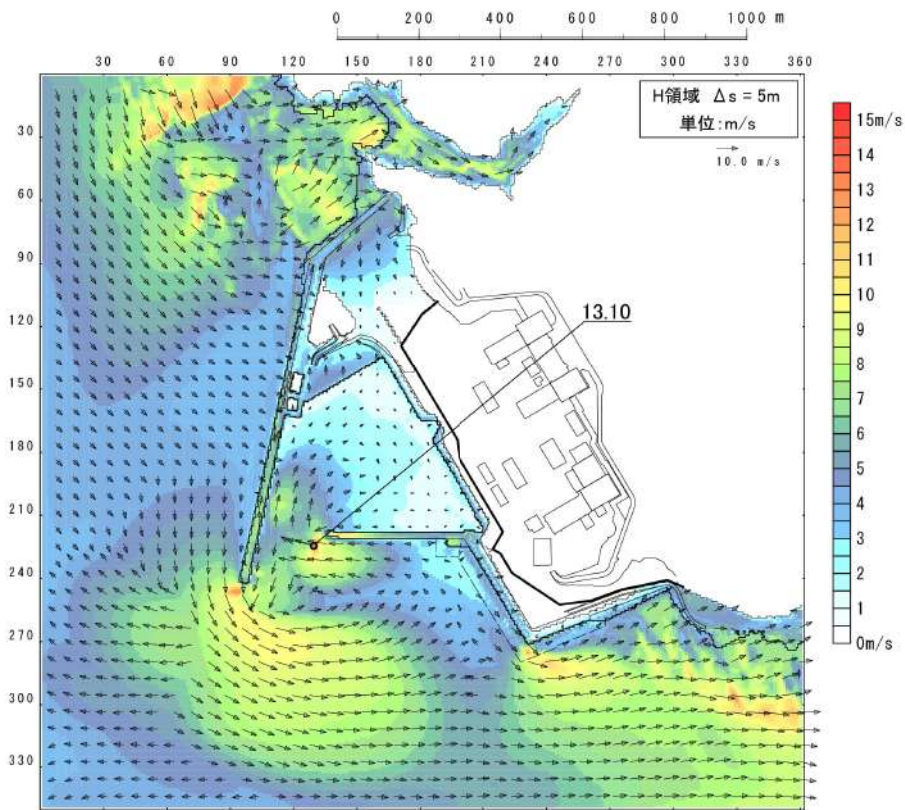
第 13 図 最大流速分布 (波源 F, 北防波堤損傷)



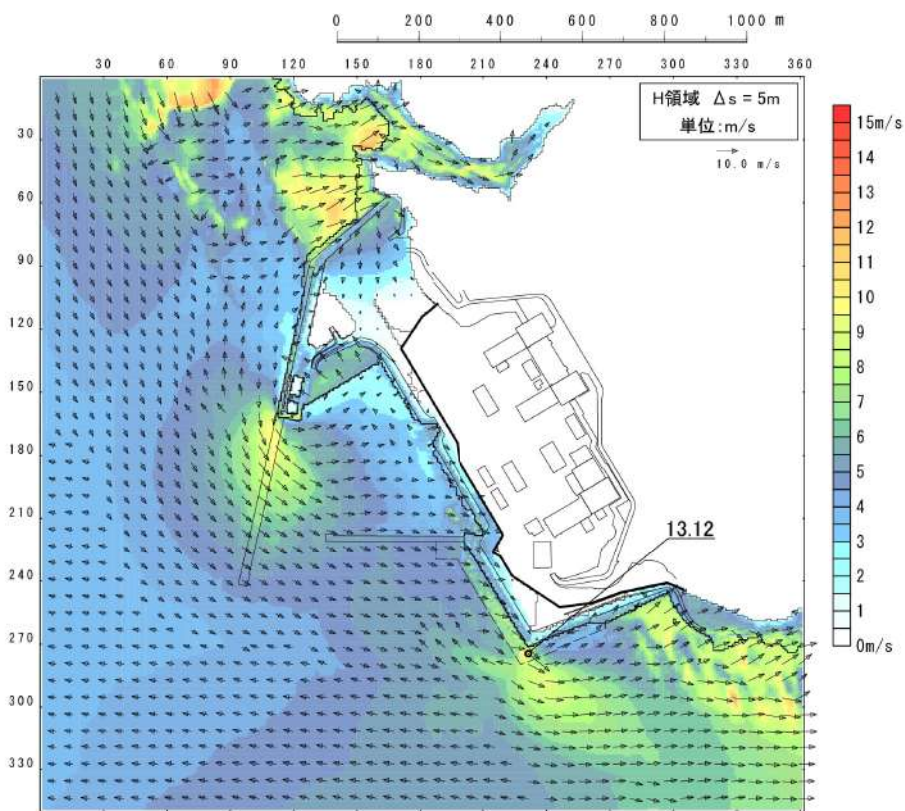
第 14 図 最大流速分布 (波源G, 南防波堤損傷)



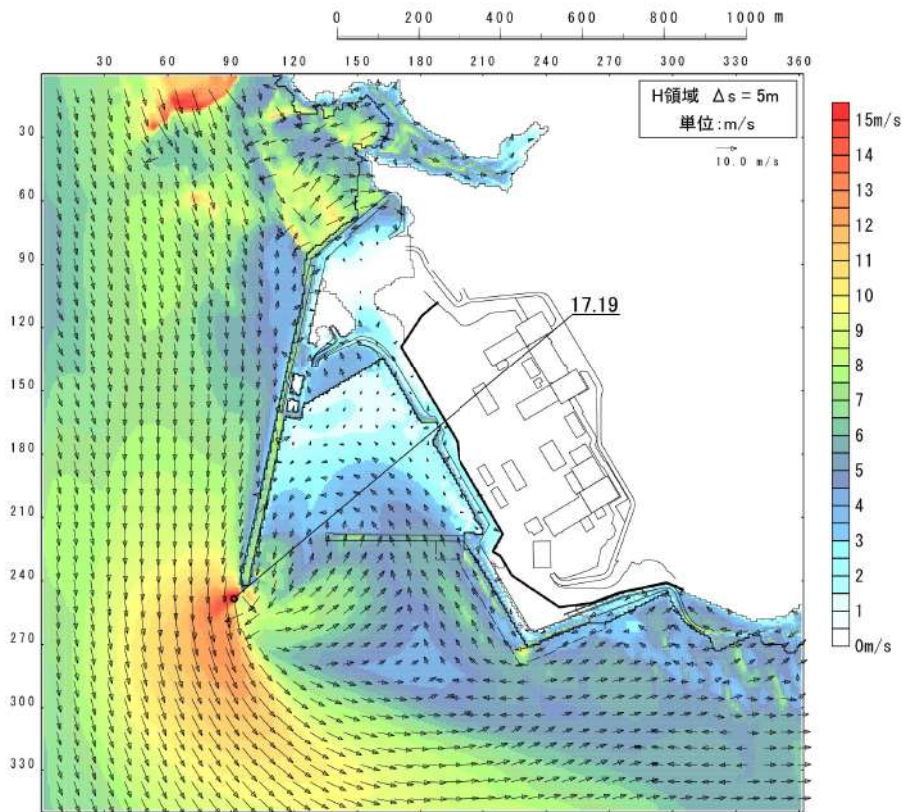
第 15 図 最大流速分布 (波源H, 北防波堤損傷)



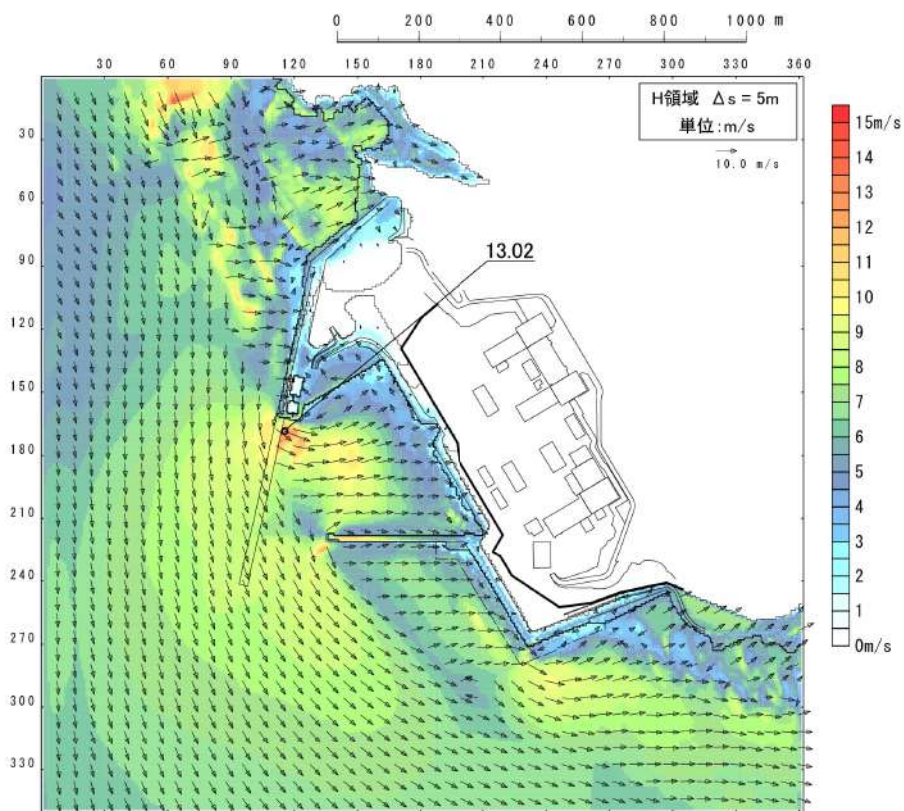
第 16 図 最大流速分布 (波源 I, 防波堤損傷なし)



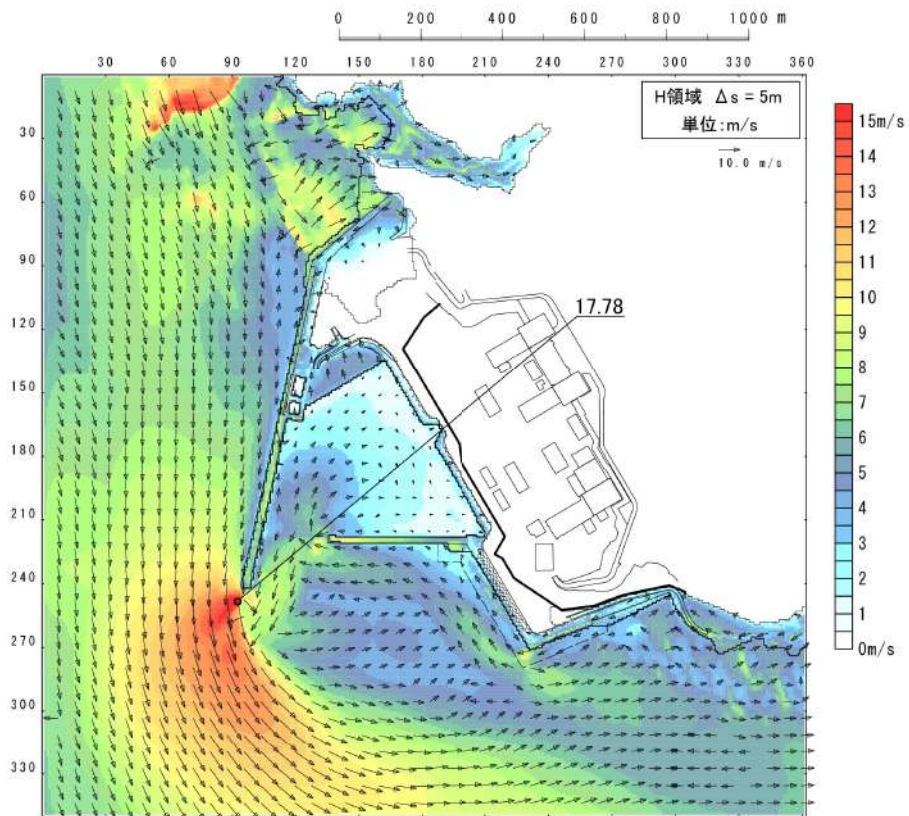
第 17 図 最大流速分布 (波源 J, 北及び南防波堤損傷)



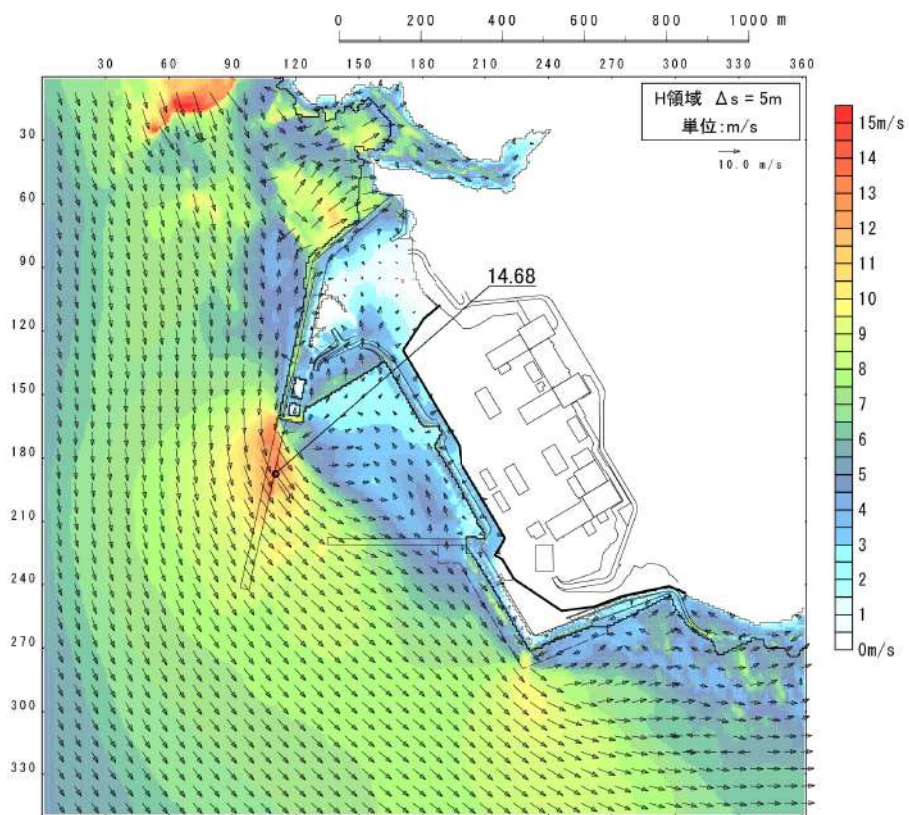
第 18 図 最大流速分布 (波源 K, 南防波堤損傷)



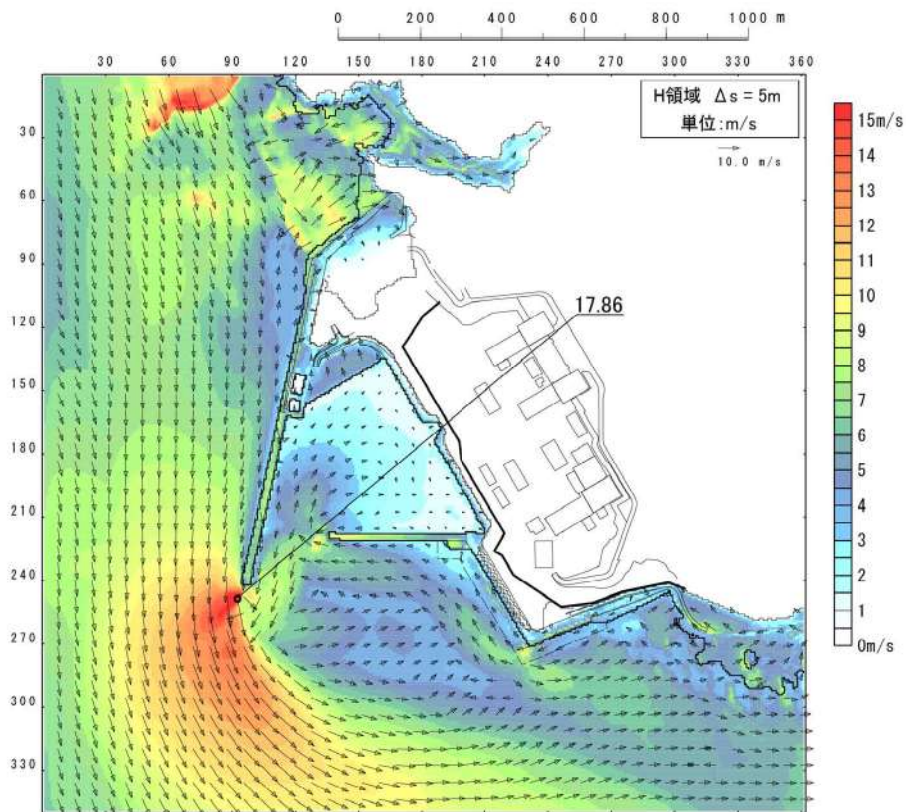
第 19 図 最大流速分布 (波源 L, 北防波堤損傷)



第 20 図 最大流速分布 (波源 K, 防波堤損傷なし)



第 21 図 最大流速分布 (波源 K, 北及び南防波堤損傷)



第 22 図 最大流速分布 (波源 K, 防波堤損傷なし)
 地形変化: 「敷地前面海底地盤 (海域) の 2 m 沈下」 + 「地滑り地形①の崩壊」

津波の流況を踏まえた防波堤の取水口到達及び閉塞可能性評価について

1. はじめに

津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性については、「別添 1 2. 5 (2) e. 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」にて評価している。このうち、防波堤については、津波影響軽減施設としての設計は行っていないことも踏まえ、地震及び津波時の越流による洗掘による損傷状態を考慮した上で、津波波力を受けることにより、漂流、滑動及び転倒が生じる可能性を検討し、取水口への到達及び閉塞可能性について評価した。

2. 防波堤の被災メカニズム

(1) 防波堤構造

防波堤の構造として、防波堤と 3 号炉取水口の配置を図 1 に、北防波堤の構造を表 1 及び図 2 に、南防波堤の構造を表 2 及び図 3 に示す。

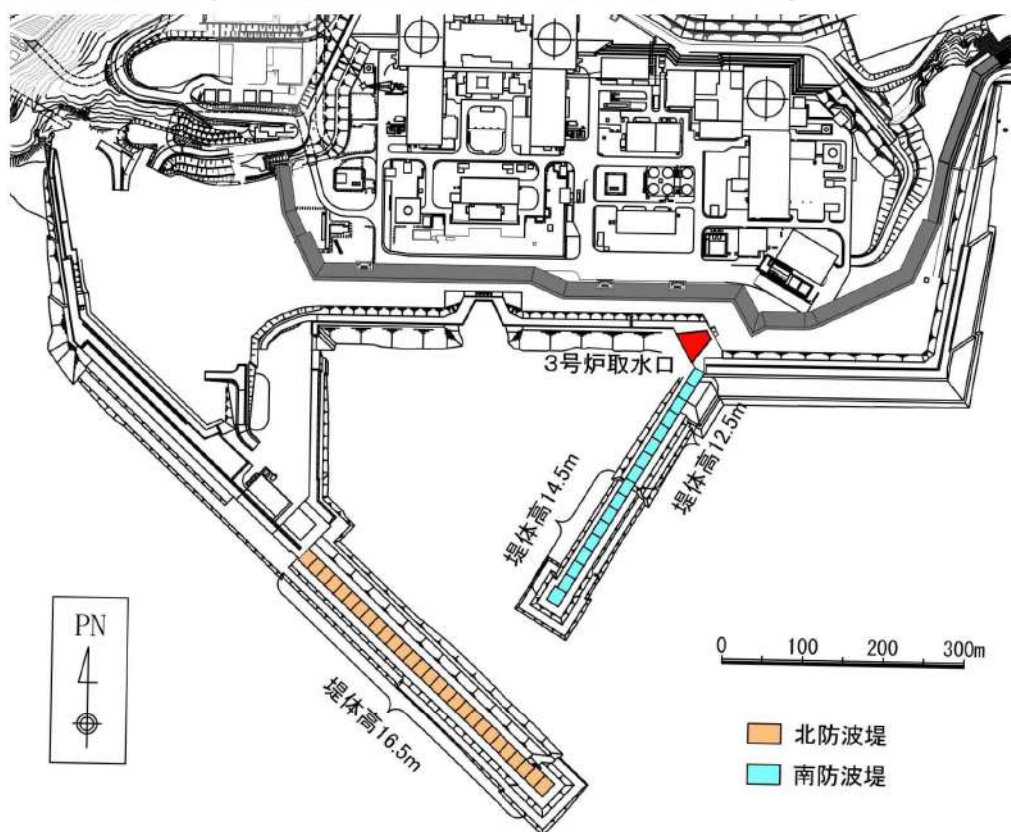
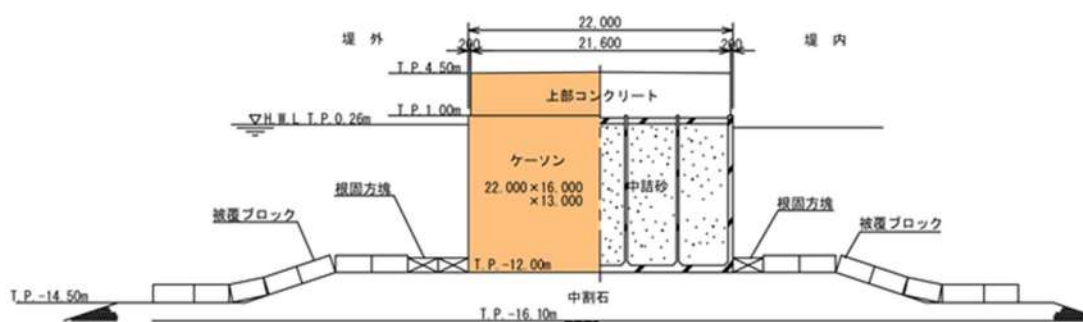


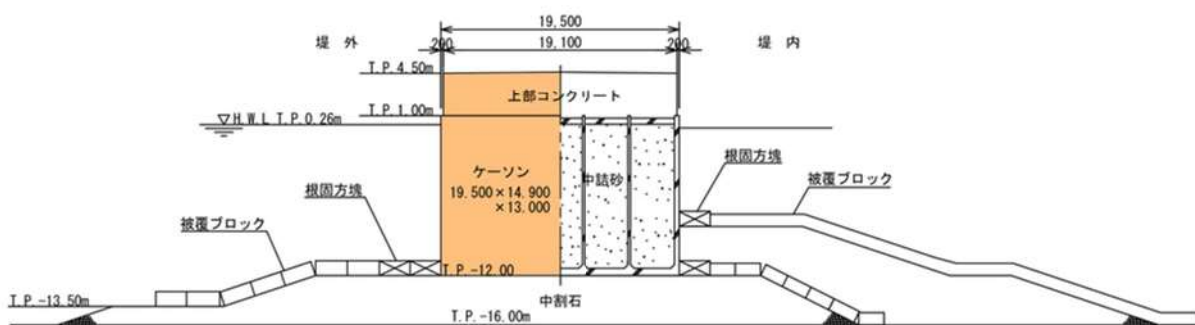
図 1 防波堤と 3 号炉取水口の配置

表1 北防波堤構造

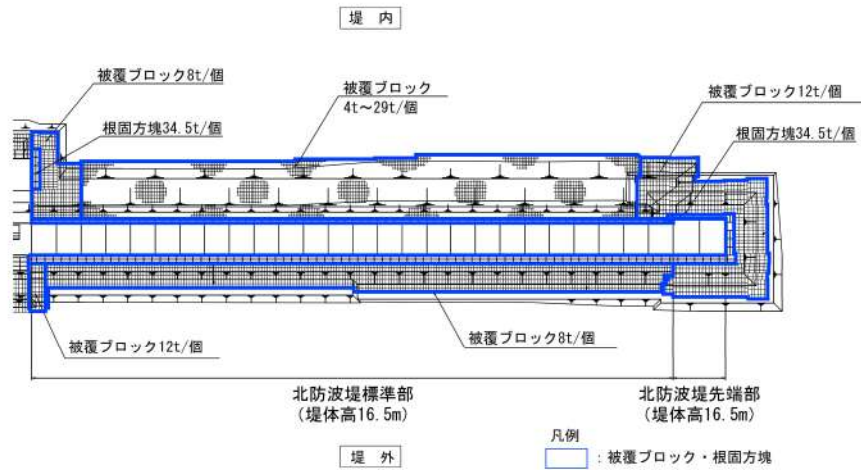
構造物	仕様
ケーソン	<p>【先端部】計2函</p> <ul style="list-style-type: none"> ・22.0m (B)×16.0m (L)×13.0m (H) : 9,700t*以上 <p>※中詰砂の単位体積重量は2t/m³として算出</p> <p>【標準部】計26函</p> <ul style="list-style-type: none"> ・19.5m (B)×14.9m (L)×13.0m (H) : 8,000t*以上 <p>※中詰砂の単位体積重量は2t/m³として算出</p>
上部コンクリート	<p>【先端部】</p> <p>21.6m (B)×3.5m (H) : 2,900t 以上</p> <p>【標準部】</p> <p>19.1m (B)×3.5m (H) : 2,400t 以上</p>
根固方塊	34.5t/個
被覆ブロック	4～29t/個
中割石 (基礎マウンド)	30～300kg/個



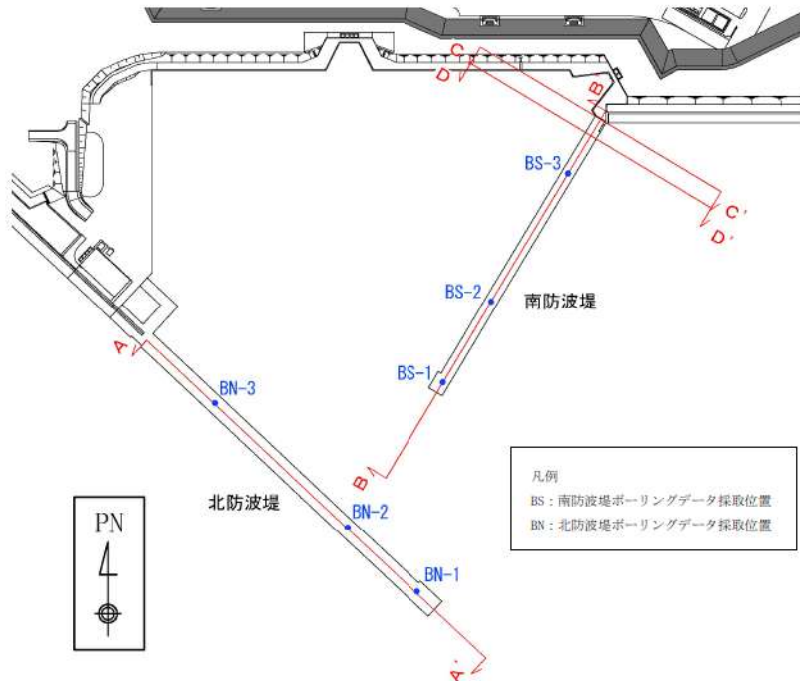
(a) 北防波堤先端部断面図



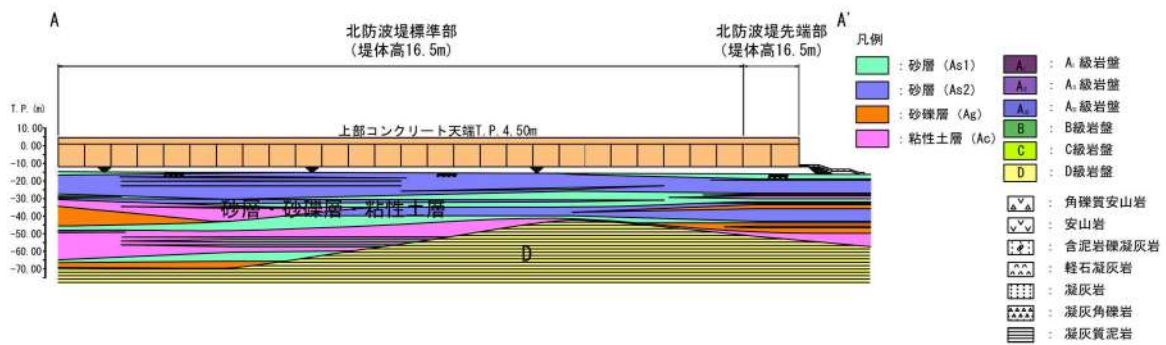
(b) 北防波堤標準部断面図



(c) 北防波堤平面図



(d) 断面位置図

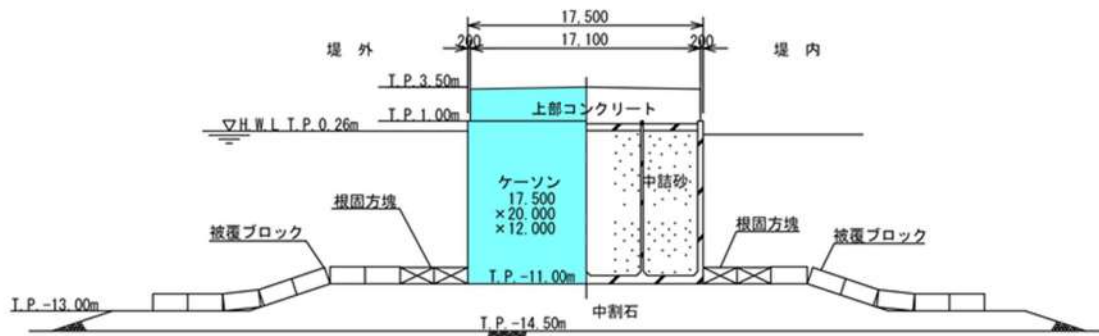


(e) 北防波堤地質断面図 (A—A' 断面)

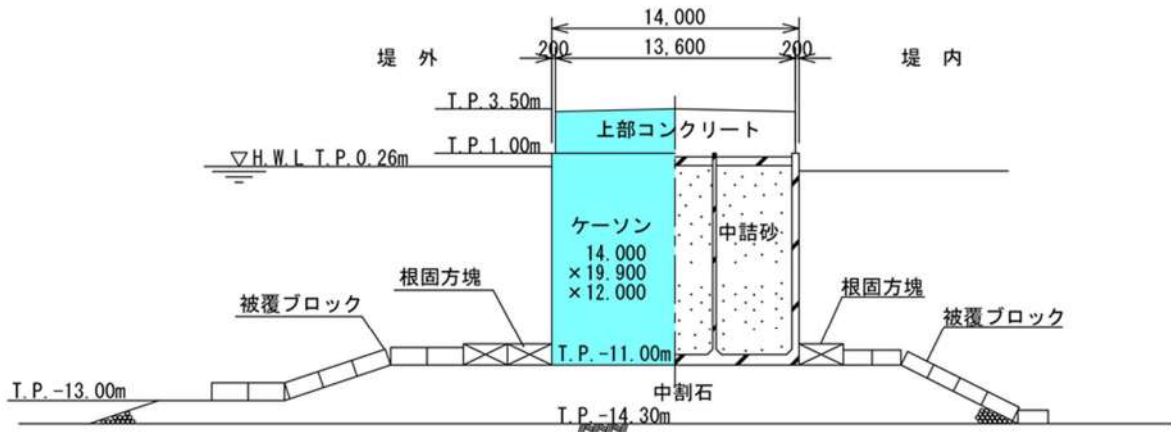
図2 北防波堤構造

表2 南防波堤構造

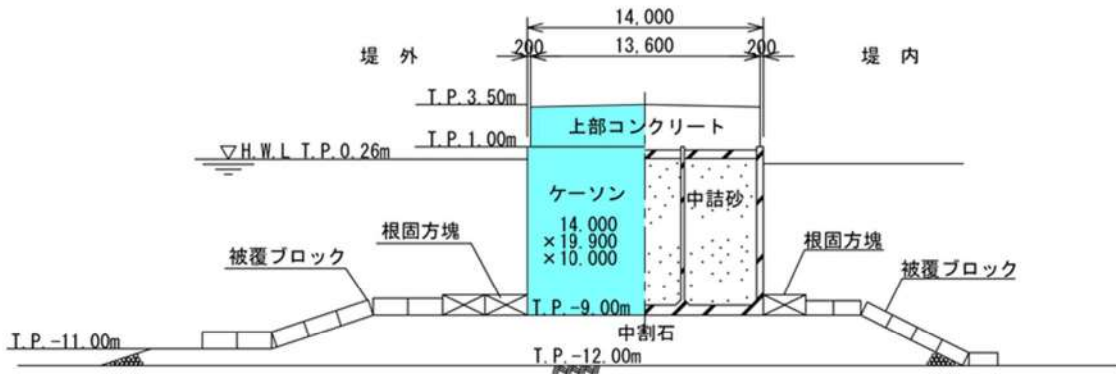
構造物	仕様
ケーソン	<p>【先端部】計1函</p> <ul style="list-style-type: none"> ・17.5m (B)×20.0m (L)×12.0m (H) : 8,800t*以上 <p>※中詰砂の単位体積重量は2t/m³として算出</p> <p>【標準部および基部】計16函</p> <ul style="list-style-type: none"> ・堤体高14.5m 計8函 14.0m (B)×19.9m (L)×12.0m (H) : 7,000t*以上 ・堤体高12.5m 計8函 (基部含む) 14.0m (B)×19.9m (L)×10.0m (H) : 5,900t*以上 <p>※中詰砂の単位体積重量は2t/m³として算出</p>
上部コンクリート	<p>【先端部】</p> <p>17.1m (B)×2.5m (H) : 2,100t 以上</p> <p>【標準部および基部】</p> <p>13.6m (B)×2.5m (H) : 1,600t 以上</p>
消波ブロック	32~40t/個
根固方塊	34.5t/個
被覆ブロック	2~8t/個
中割石 (基礎マウンド)	30~300kg/個



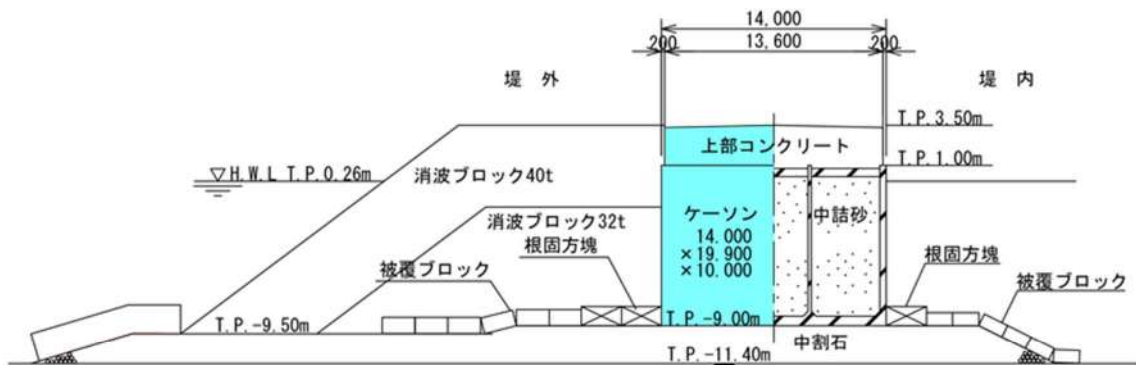
(a) 南防波堤先端部断面図



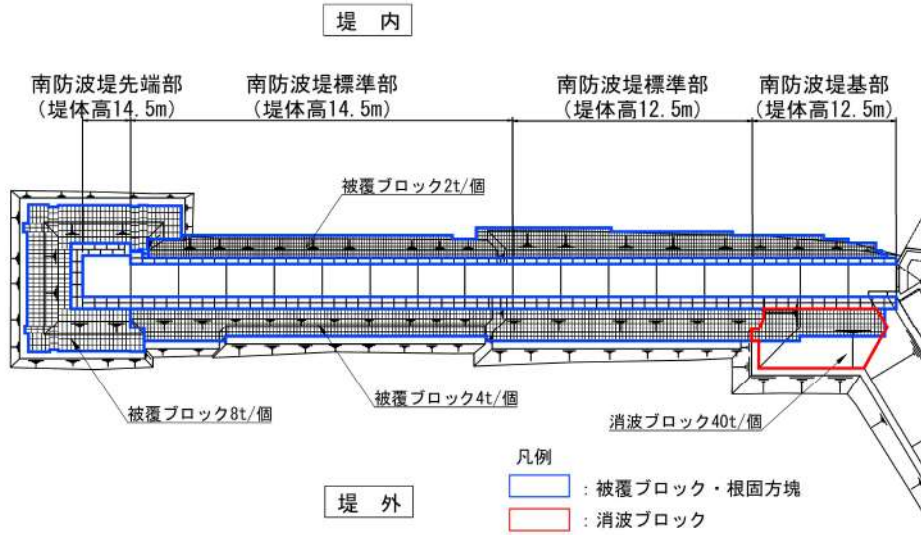
(b) 南防波堤標準部断面図 (堤体高14.5m)



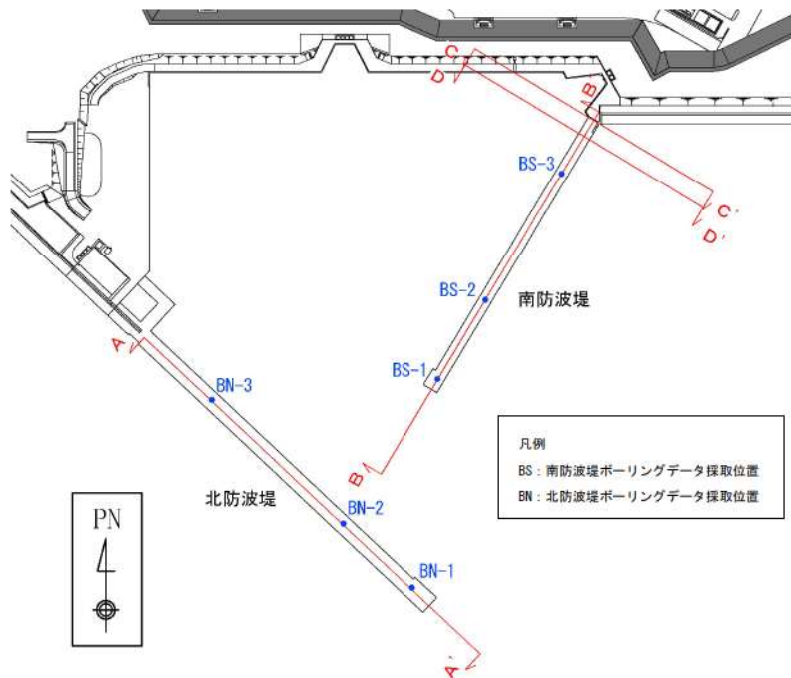
(c) 南防波堤標準部断面図 (堤体高12.5m)



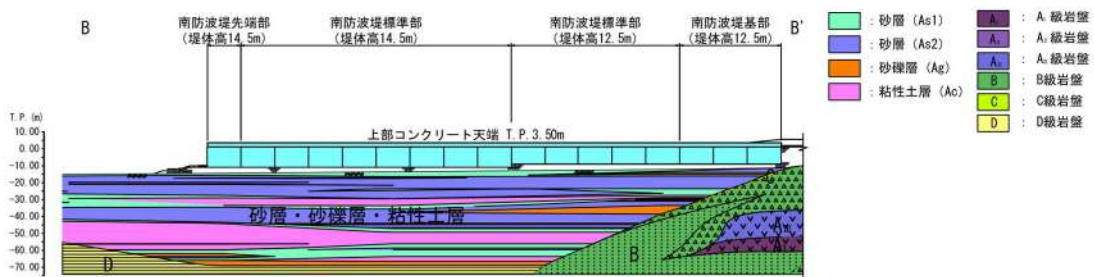
(d) 南防波堤基部断面図 (堤体高12.5m)



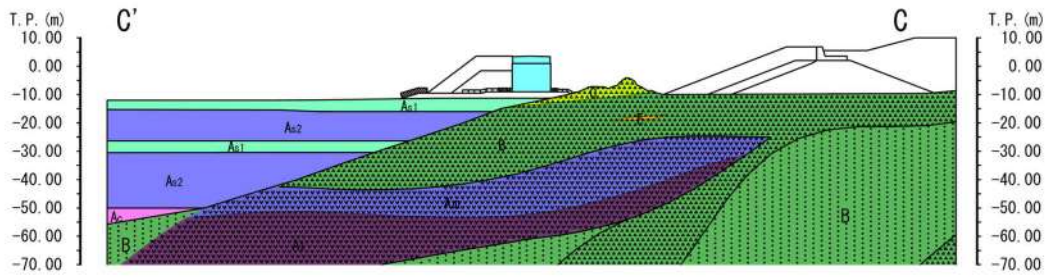
(e) 南防波堤平面図



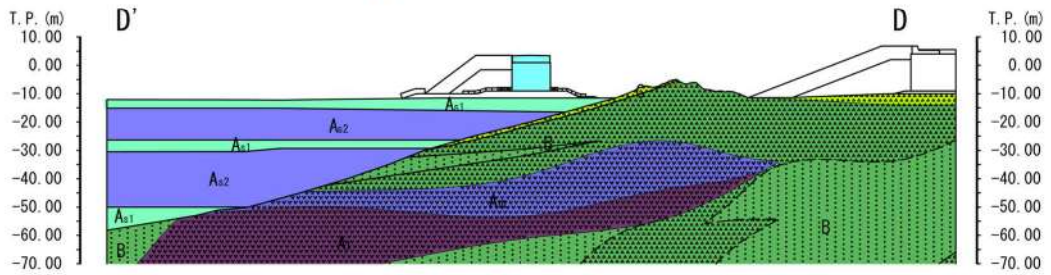
(f) 断面位置図



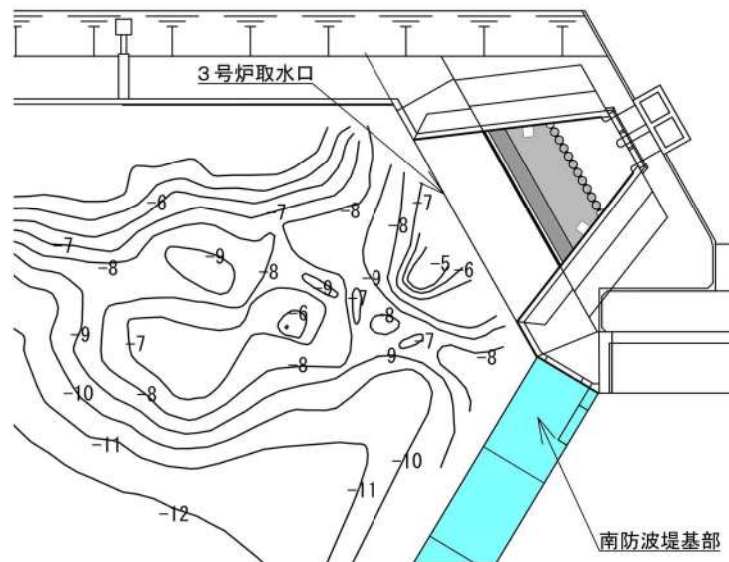
(g) 南防波堤地質断面図 (B-B' 断面)



(h) 南防波堤地質断面図 (C-C' 断面)



(i) 南防波堤地質断面図 (D-D' 断面)



(j) 3号炉取水口前面の海底地盤コンター図 (値はT.P. mを示す)

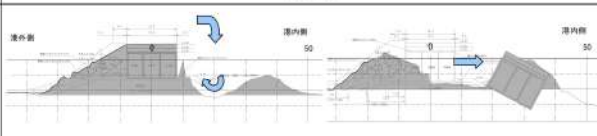
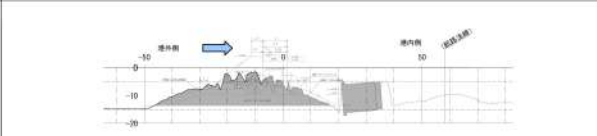

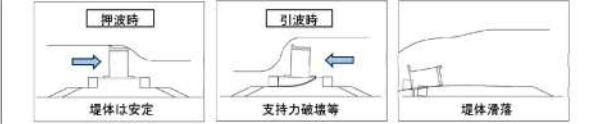
図3 南防波堤構造

(2) 防波堤の被災事例

東北地方太平洋沖地震の地震及び津波による防波堤の被災の主な原因について、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）（以下、「防波堤のガイドライン」という。）」¹⁾では、津波の波力による直立部の滑動、越流による港内側の基礎マウンドや海底地盤の洗掘による支持力の喪失、あるいはこれらの複合的な作用によるものとしている。

「第 3 回 東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会（2011）」²⁾では、数値シミュレーションに基づき津波波力を算出して断面照査を実施し、被災パターンを表 3 の 4 つに分類している。なお、「東北地方太平洋沖地震津波による防波堤の被災（2013）」³⁾では、津波波力型について、「津波そのものの大きさよりも、防波堤の前面と背面の水位差がどれだけ大きくなるかが重要であり、防波堤法線に対して直角に近い角度の場合に水位差が大きくなりやすく被災を受けやすい。逆に言えば、非常に大きな津波でも、開口部等から港内にも津波が侵入し、水位差が大きくなる場合には、防波堤は移動しない。」としている。

表 3 津波波力による防波堤の被災パターン²⁾

	分類	被災の概要	主な被災施設	被災状況
防波堤	越流洗掘型	内外水位差等による津波力だけでは、ケーソンの安定性に影響を与えないに至らないが、津波の流れや越流に伴う渦等の影響でケーソン背面(港内側)のマウンドまたは地盤面が洗掘を受け、最終的に堤体の支持力不足によりケーソンが滑動、滑落したもの	八戸港八太郎防波堤(中央部)	
	津波波力型	内外水位差等による直接的な津波力により、ケーソンが不安定となり滑動、転倒、支持力破壊が生じたもの	八戸港八太郎防波堤(ハネ部) 釜石港湾口防波堤(北) 大船渡港湾口防波堤 相馬港沖防波堤	
	堤頭部洗掘型	堤頭部周辺の流れにより、基礎マウンドが洗掘を受け、ケーソンの滑落が生じたもの	宮古港電神崎防波堤 宮古港藤原防波堤 八戸港中央防波堤 八戸港第二中央防波堤	
	引波水位差型	第一波の押波時の津波力や越流に伴う洗掘だけでは、不安定までには至らないが、引波時における内外水位差により、ケーソンが不安定となり滑動、転倒、支持力破壊が生じたもの	女川港防波堤	

また、東北地方太平洋沖地震の地震及び津波による防波堤の被災実績として、「東北地方太平洋沖地震による港湾施設等被害報告（2015）」⁴⁾では、図 4 に示す上部コンクリートの飛散が見られたとしている。

「東日本大震災による漁港施設の地震・津波被害に関する調査報告（第 1 報）（2012）」⁵⁾では、図 5 に示すように防波堤の移動距離が最大で 150m 程度となったことを確認している。



外港地区 南防波堤
 (平成 23 年 3 月 23 日撮影^⑤)
 上部工 欠落

图 4 仙台塩釜港 仙台区 外港地区 南防波堤⁴⁾

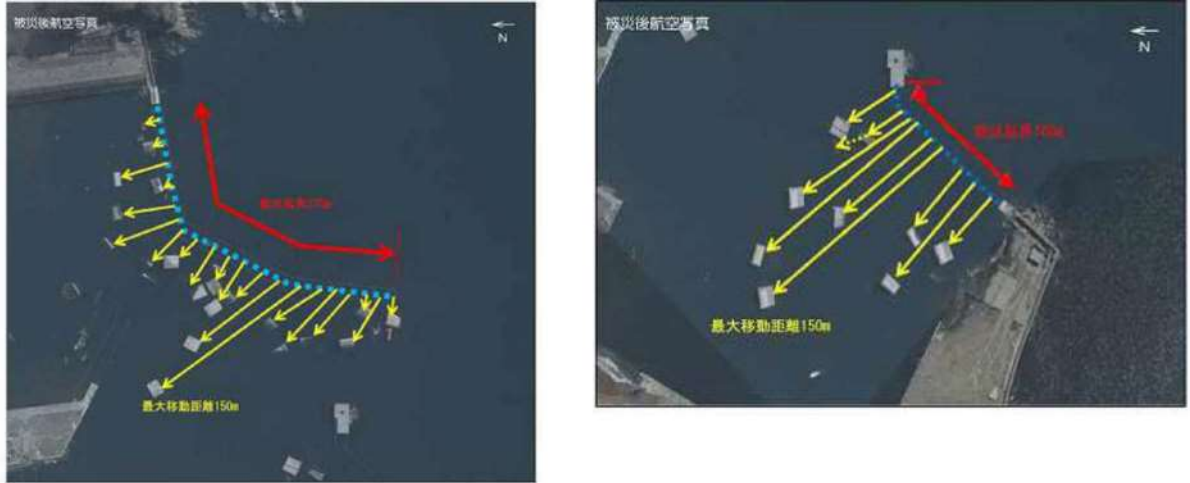


图 5 田老漁港 東防波堤及び防波堤⁵⁾

(3) 基準津波時の流況

東北地方太平洋沖地震の被災事例を踏まえると、防波堤が被災する可能性は否定できないため、3号炉取水口への到達及び閉塞可能性を評価するに当たり、泊発電所に想定する基準津波時の流況について整理する。

表3のうち、越流洗掘型、津波波力型は堤内外水位差が要因であると考えられるため、堤内外水位差が最大となる波源の流況を選定する。3号炉取水口に対し北防波堤より南防波堤が近接していること及び北防波堤より南防波堤の重量が小さく津波波力の影響を受けることを踏まえ、南防波堤が健全な地形である防波堤損傷なし地形及び北防波堤損傷地形を対象とする。

南防波堤における各波源の防波堤堤内外の最大水位差を表4に示す。

各波源における最大堤内外水位差は基準津波（波源A（防波堤損傷なし））で10.52mであるが、最大堤内外水位差発生時の堤外水位に着目すると、防波堤天端高さ（T.P. 3.5m）以下であり防波堤を越流しない流況のため、ケーソンに作用する水平波力が比較的小さくなること及び防波堤の越流が要因である越流洗掘型による被災パターンの可能性が低くなると考えられることから、最大水位差発生時に津波が防波堤を越流している波源である基準津波（波源I（損傷なし））を選定した。

また、表3のうち、堤頭部洗掘型は流速が要因であると考えられるため、港湾内の最大流速を選定する。港湾内の最大流速は基準津波（波源D（防波堤損傷なし））の17.57m/sであった。

3号炉取水口前面における水位を図6に示す。

表4 南防波堤最大堤内外水位差一覧

	最大堤内外水位差 発生時の堤外水位 (T.P. m)	最大堤内外水位差 発生時の堤内水位 (T.P. m)	最大堤内外水位差 (m)	越流の有無
基準津波 (波源A, 防波堤損傷なし)	2.38	-8.15	10.52	無
基準津波 (波源B, 防波堤損傷なし)	-1.20	-7.96	6.76	無
基準津波 (波源B, 北防波堤損傷)	-1.20	-7.96	6.76	無
基準津波 (波源C, 防波堤損傷なし)	-1.10	-8.38	7.28	無
基準津波 (波源D, 防波堤損傷なし)	-1.21	-7.96	6.75	無
基準津波 (波源D, 北防波堤損傷)	-1.20	-7.96	6.76	無
基準津波 (波源F, 北防波堤損傷)	-1.20	-7.96	6.76	無
基準津波 (波源H, 北防波堤損傷)	-1.20	-7.96	6.76	無
基準津波 (波源I, 防波堤損傷なし)	4.27	-5.50	9.77	有
基準津波 (波源L, 北防波堤損傷)	-1.18	-7.94	6.76	無

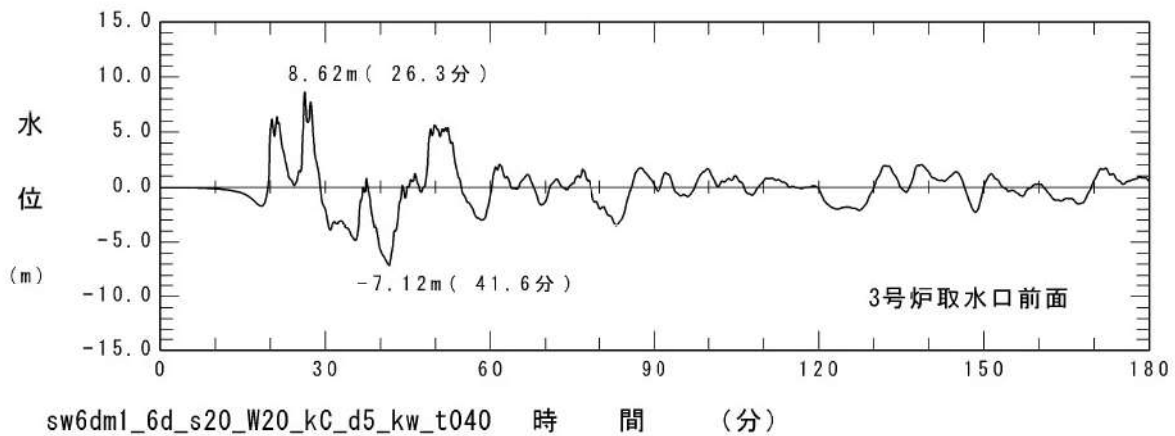


図6 (a) 基準津波 (波源 I (防波堤損傷なし)) による 3号炉取水口前面の水位変化

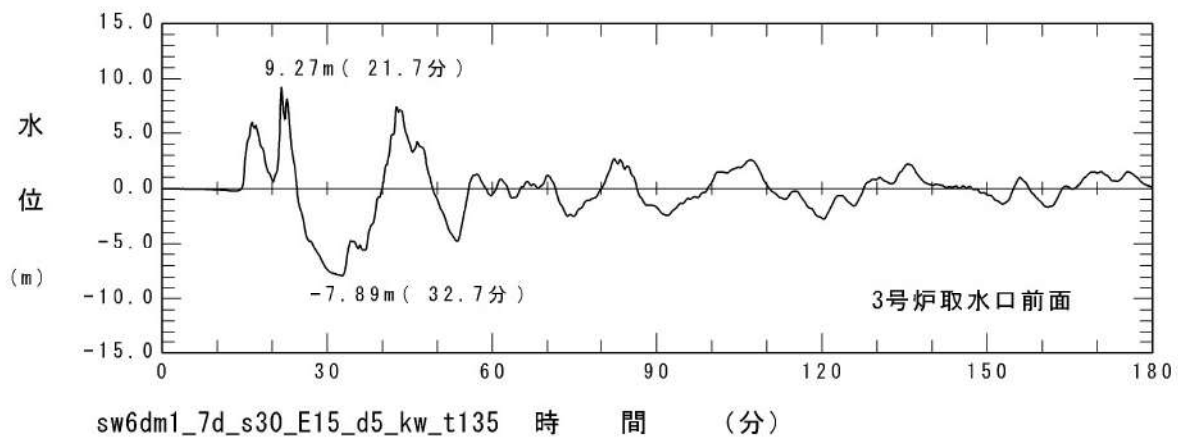


図6 (b) 基準津波 (波源 D (防波堤損傷なし)) による 3号炉取水口前面の水位変化

- a. 南防波堤堤内外の最大水位差発生時に防波堤を越流する津波の水位差・流速・流向

防波堤周辺の水位・流速・流向並びに海底地形変化を図7に示す。

基準津波 (波源 I (防波堤損傷なし)) による津波は、地震発生後約40分頃の引き潮時に、港湾内の水位が低下した後に来襲する押し波成分の津波が北防波堤側を回り込みながら南防波堤基部に到達することで、表4に示す防波堤堤内外の最大水位差が発生する。防波堤堤内外に明瞭な水位差が発生する時間は、地震発生後42分～42分30秒の約30秒程度である。

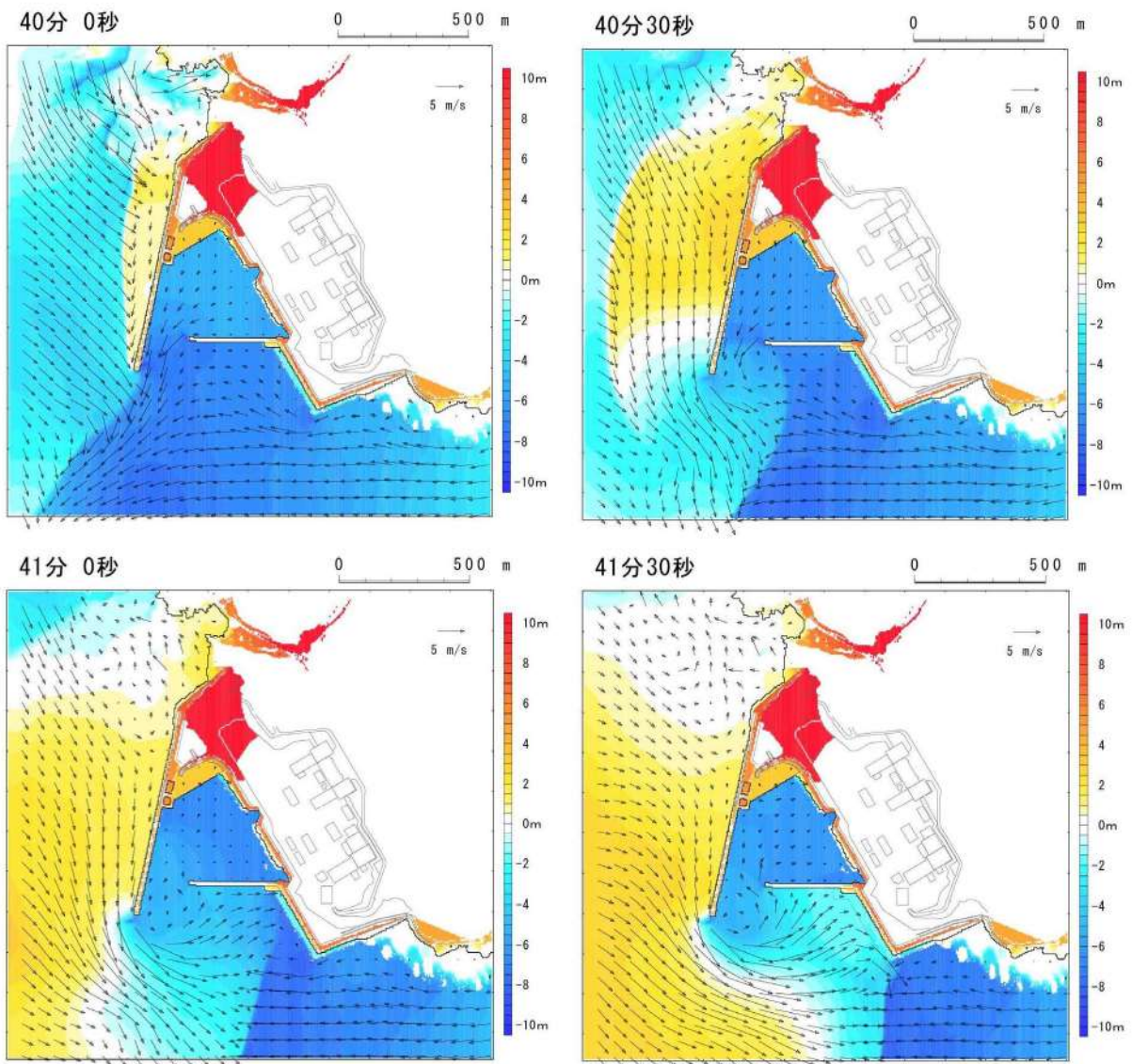


図7 (a) 基準津波 (波源 I (防波堤損傷なし)) による防波堤堤内外の最大水位差発生時の水位・流速・流向 (地震発生後 40 分~44 分 30 秒のうち 40 分~41 分 30 秒)

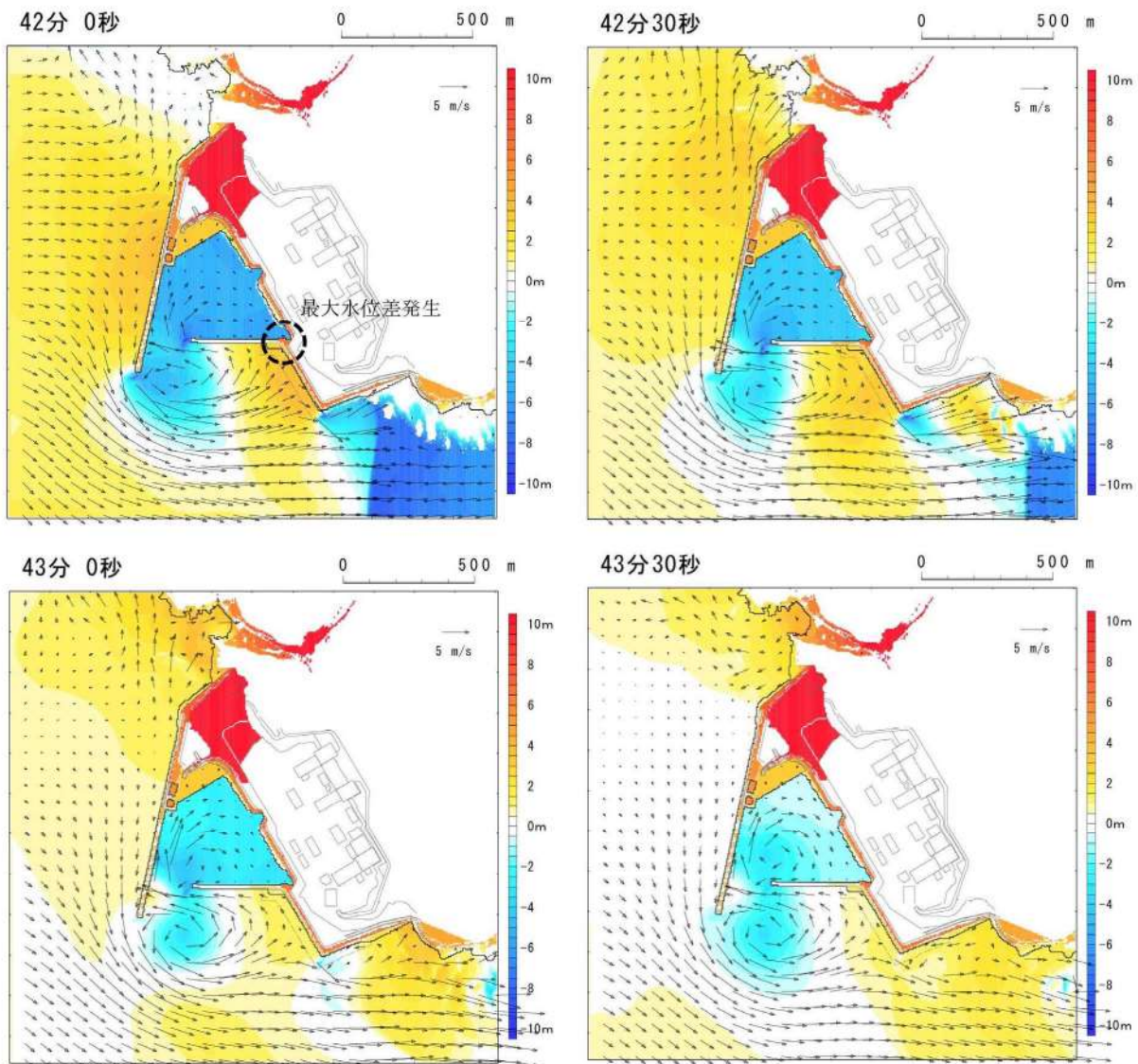


図7 (b) 基準津波 (波源 I (防波堤損傷なし)) による防波堤堤内外の最大水位差発生時の水位・流速・流向 (地震発生後 40 分~44 分 30 秒のうち 42 分~43 分 30 秒)

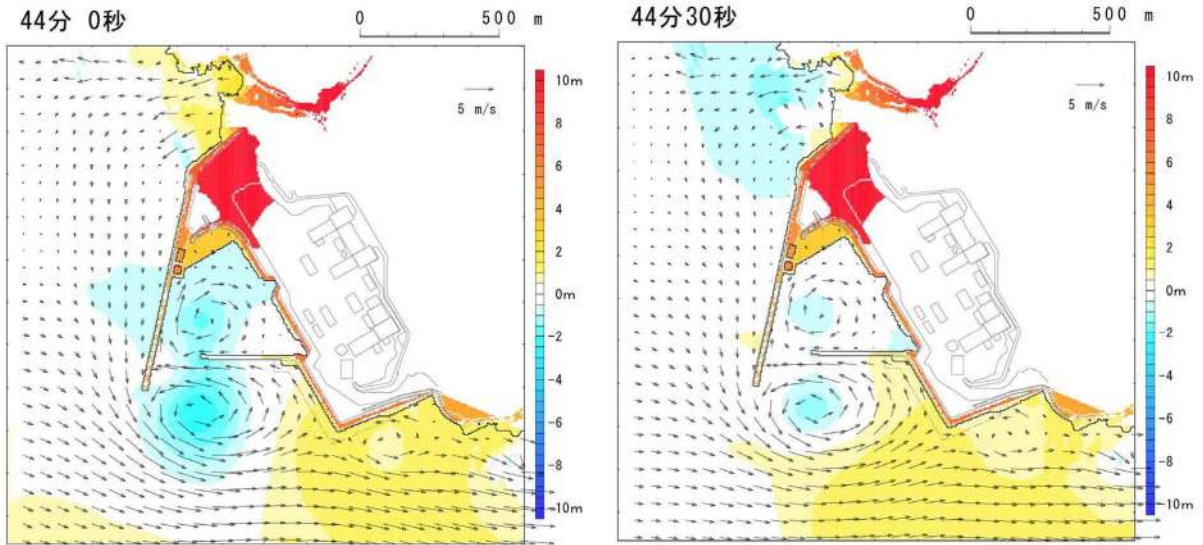


図7 (c) 基準津波 (波源 I (防波堤損傷なし)) による防波堤堤内外の最大
 水位差発生時の水位差・流速・流向
 (地震発生後 40 分～44 分 30 秒のうち 44 分～44 分 30 秒)

b. 最大流速発生時の水位・流速・流向及び地形変化

(a) 最大流速発生時の水位・流速・流向

防波堤周辺の水位・流速・流向並びに海底地形変化を図8に示す。

基準津波（波源D（防波堤損傷なし））による津波は、地震発生後約33分頃の引き潮時に、港湾内の水位が低下した後に来襲する押し波成分の津波が北側防波堤を回り込み、北防波堤先端付近で大きな流速が発生する。最大流速が発生する時間は地震発生後35分～36分30秒の約1分30秒程度である。

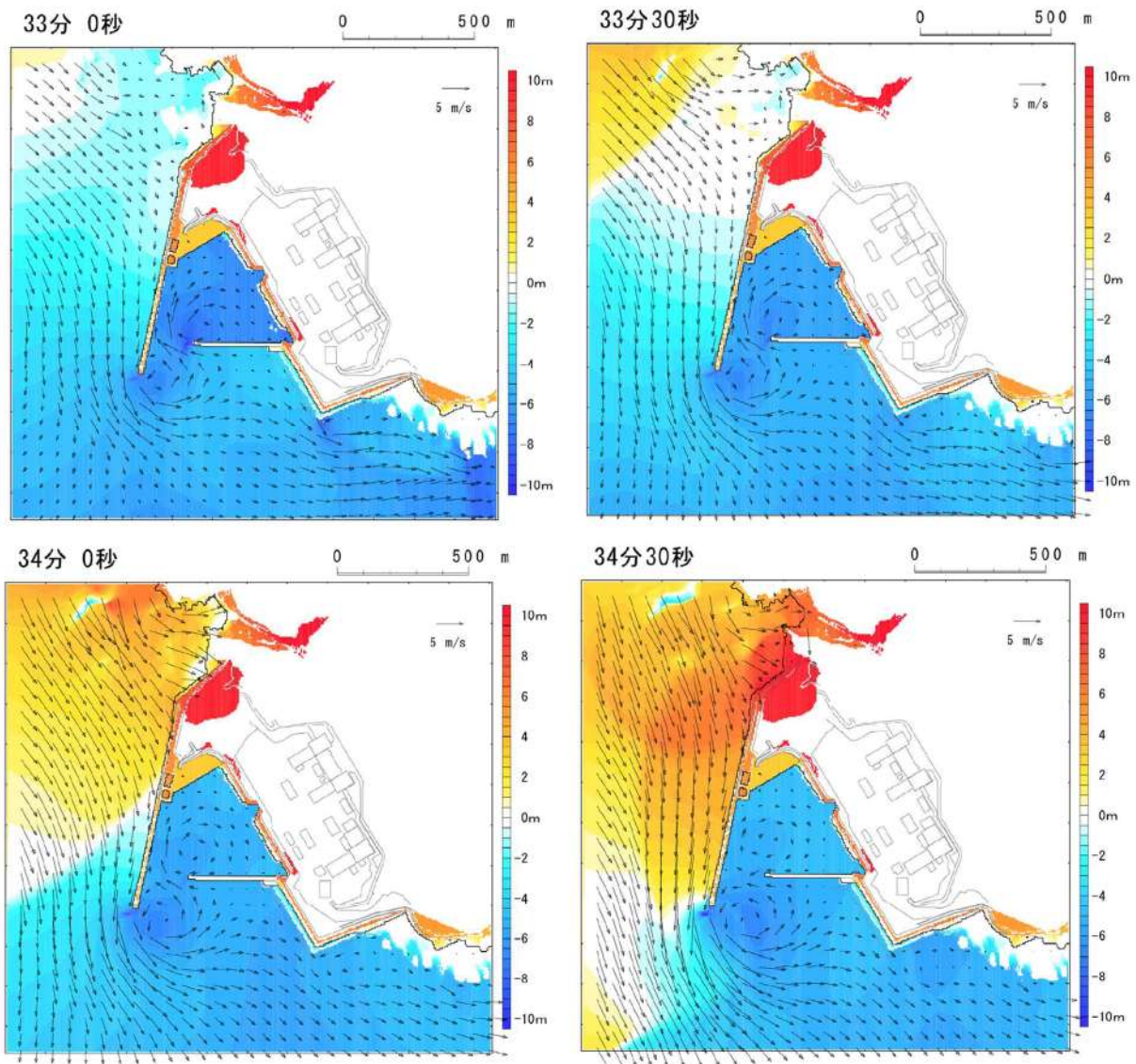


図8 (a) 基準津波（波源D（防波堤損傷なし））による防波堤堤内外の最大流速発生時の水位・流速・流向
(地震発生後33分～37分30秒のうち33分～34分30秒)

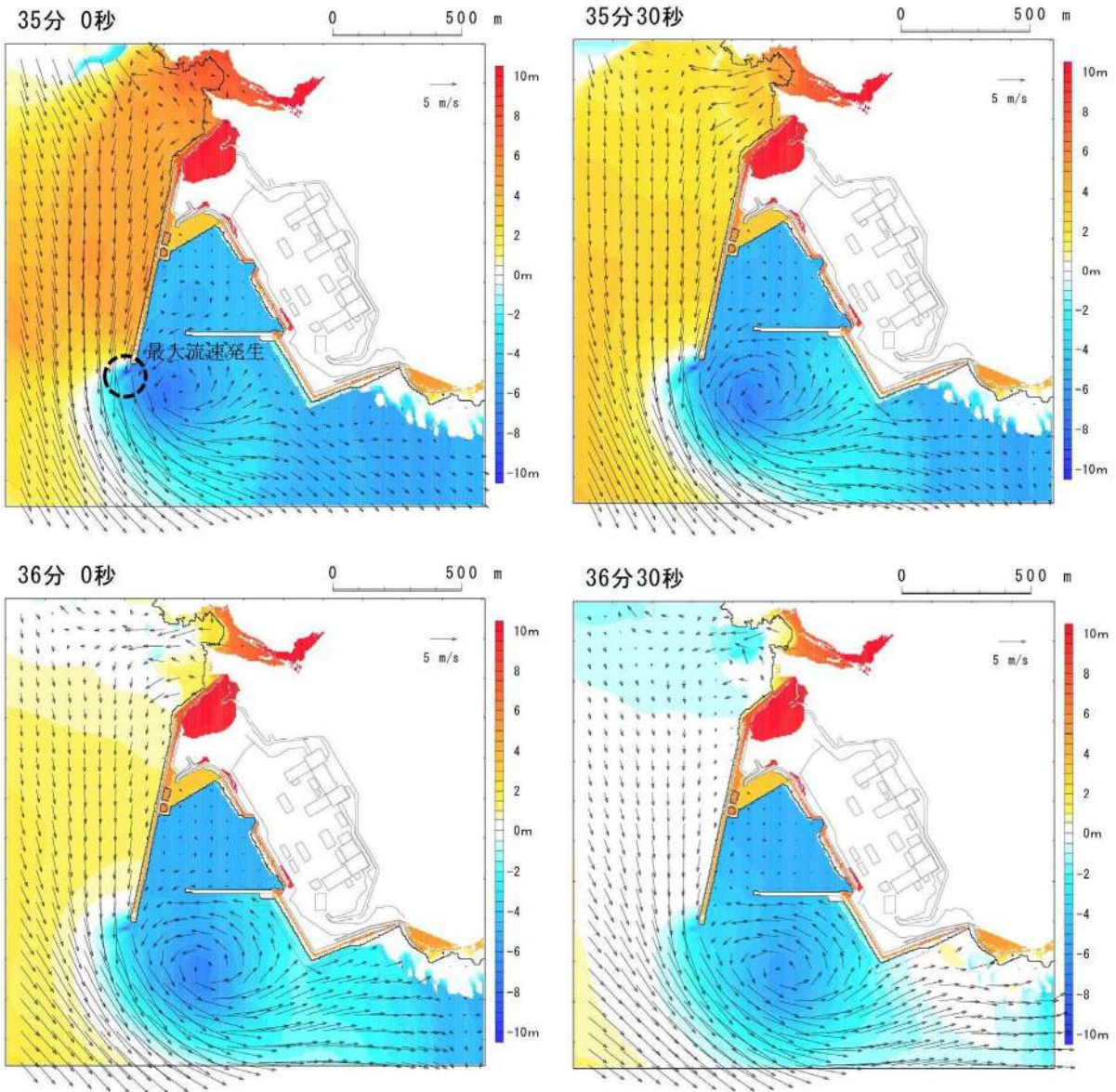


図8 (b) 基準津波 (波源D (防波堤損傷なし)) による防波堤内外の最大流速発生時の水位・流速・流向
(地震発生後 33 分~37 分 30 秒のうち 35 分~36 分 30 秒)

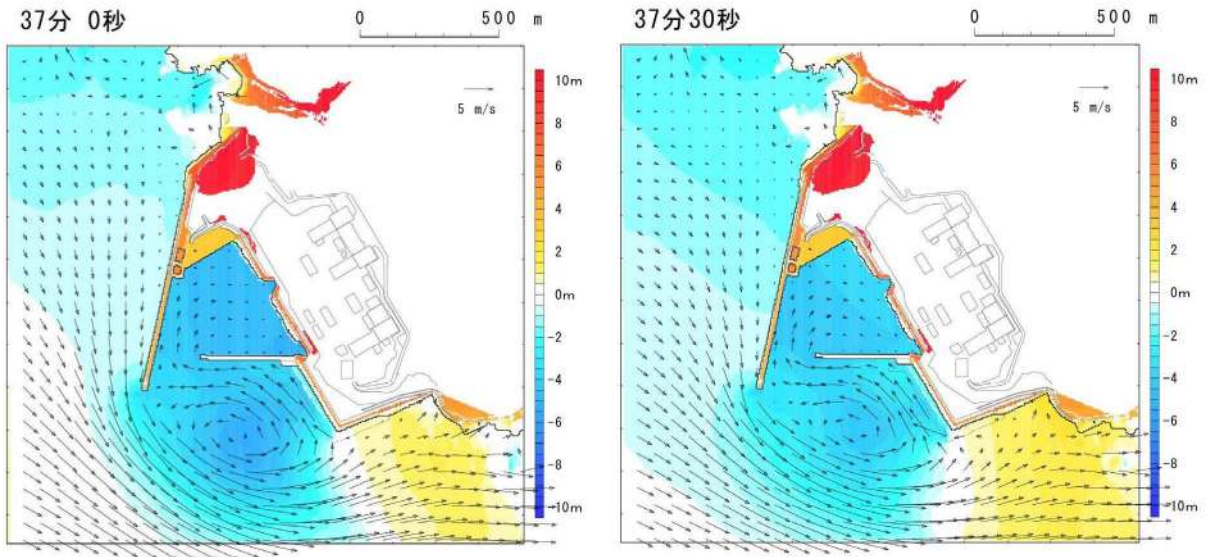


図8 (c) 基準津波 (波源D (防波堤損傷なし)) による防波堤堤内外の最大流速発生時の水位・流速・流向
 (地震発生後 33 分~37 分 30 秒のうち 37 分~37 分 30 秒)

(b) 最大流速発生時の海底地形変化

追而

(基準津波の審査結果を踏まえて記載する)

(4) 防波堤の被災形状の検討結果

東北地方太平洋沖地震及び津波による被災状況等に関する知見，基準津波来襲時の流況及び防波堤の構造的特徴を踏まえた想定される被災形状を表5に示す。

表5 防波堤の被災形状の想定

構造物	仕様	想定される被災形状	想定理由
ケーソン	<ul style="list-style-type: none"> ・北防波堤（標準部） 19.5m (B)×14.9m (L)×13.0m (H)：8,000t 以上/函 ・南防波堤（標準部）： 14.0m (B)×19.9m (L)×10.0m (H)：5,900t 以上/函 	<ul style="list-style-type: none"> ・転倒 ・滑動 	<p>追而 (基準津波の審査結果を踏まえて記載する)</p>
上部コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・北防波堤（標準部）： 19.1m (B)×3.5m (H)： 2,400t 以上 ・南防波堤（標準部）： 13.6m (B)×2.5m (H)： 1,600t 以上 	飛散	<ul style="list-style-type: none"> ・東北地方太平洋沖地震及び津波で被災実績あり。
消波ブロック	<ul style="list-style-type: none"> ・南防波堤：32～40t/個 	飛散	<ul style="list-style-type: none"> ・東北地方太平洋沖地震及び津波で被災を受けた防波堤同様の被災が想定される。
根固方塊	34.5t/個	飛散	<ul style="list-style-type: none"> ・東北地方太平洋沖地震及び津波で被災を受けた防波堤同様の被災が想定される。
被覆ブロック	<ul style="list-style-type: none"> ・北防波堤：4～29t/個 ・南防波堤：2～8t/個 	飛散	<ul style="list-style-type: none"> ・東北地方太平洋沖地震及び津波で被災を受けた防波堤同様の被災が想定される。
中割石	30～300kg/個	飛散	<ul style="list-style-type: none"> ・東北地方太平洋沖地震及び津波で被災を受けた防波堤同様の被災が想定される。

3. 防波堤の取水口到達及び閉塞可能性評価について

南防波堤基部と3号炉取水口の離隔を図10に示す。

南防波堤基部と3号炉取水口との離隔距離は約8mであるため、防波堤は取水口と近接している。

東北地方太平洋沖地震の被災事例を踏まえると、防波堤が被災する可能性は否定できないため、漂流及び滑動する可能性について検討した上で、検討結果に関わらず、水理模型実験により滑動又は転倒による取水口到達及び閉塞可能性を評価する。

漂流及び滑動の検討対象は北防波堤及び南防波堤とする。水理模型実験については、検討対象の防波堤は取水口と最も近接している南防波堤基部とし、北防波堤は被災事例から防波堤の移動量である150m以上離れているため、検討対象としない。

防波堤ケーソンの被災形状は、表5に示すとおり基礎マウンドからの転倒・滑動が考えられ、その被災パターンは表3で示される越流洗掘型、津波波力型、堤頭部洗掘型及び引波水位差型の4通りに分類される。取水口閉塞の観点で最も影響の大きい被災パターンを想定する。ここで、越流洗掘型は参考1で説明する理由からケーソンの移動量を抑制すると考えられること、堤頭部洗掘型は防波堤の堤頭部が対象であり取水口に対して十分な離隔があること、引波水位差型はケーソンを取水口方向と逆方向へ移動させることから、これらの被災パターンは取水口閉塞には有意に寄与しない。一方、津波波力型は当該事象が生じた場合は取水口方向に移動が生じる可能性がある。したがって、4通りの被災パターンのうち、津波波力型が取水口閉塞の観点で最も影響の大きい被災パターンと考えられることから、取水口到達及び閉塞可能性の評価は津波波力型を対象として検討する。

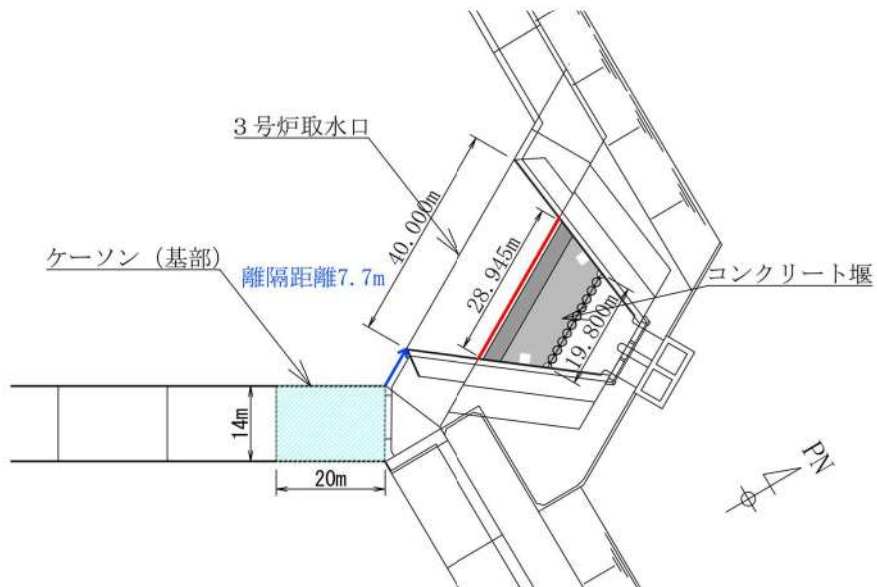
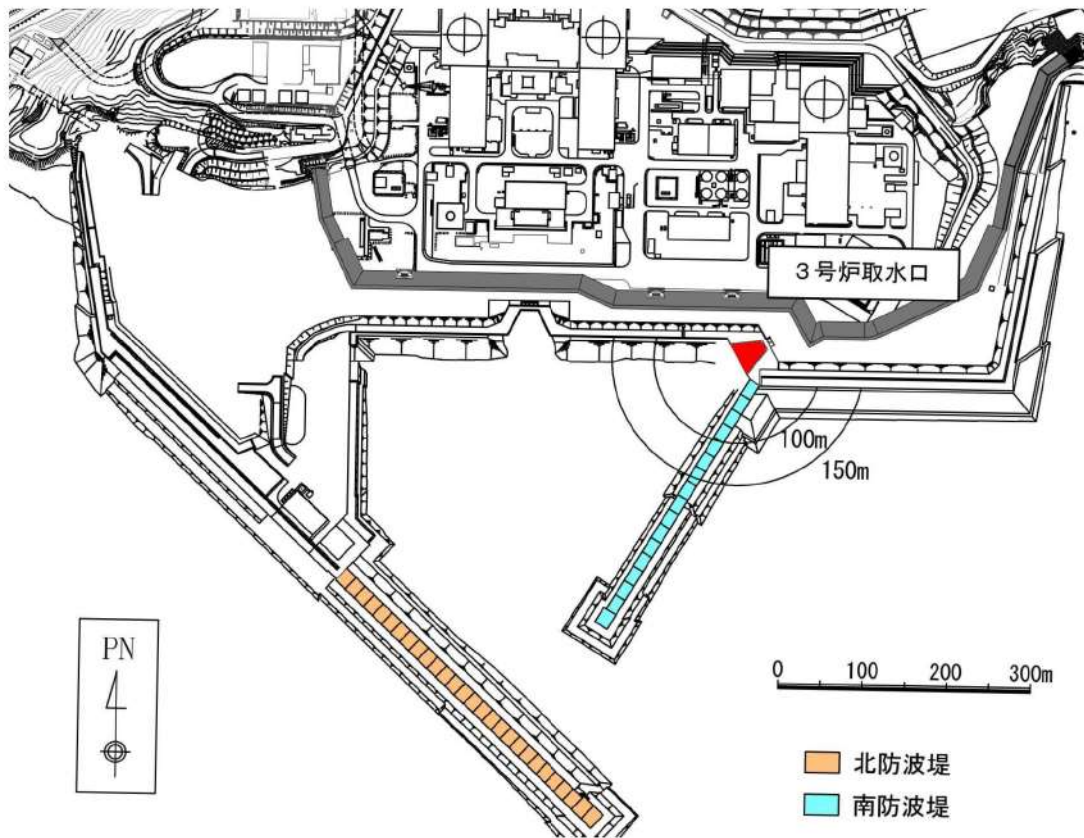


図10 南防波堤基部と3号炉取水口の離隔

(1) 漂流に対する検討結果

漂流に対する検討結果を表6に示す。

防波堤のケーソン、上部コンクリート、消波ブロック、根固方塊、被覆ブロック及び中割石の比重は海水の比重より大きいことから、漂流して取水口に到達することはない。

表6 漂流に対する検討結果

対象構造物	主材料	重量	比重 ^{※1}	評価結果
ケーソン	コンクリート・砂	5,900t 以上	2.15 ^{※2}	海水の比重より大きいことから漂流して取水口に到達することはない。
上部コンクリート	コンクリート	1,600t 以上	2.34	
消波ブロック	コンクリート	32~40t/個	2.34	
根固方塊	コンクリート	34.5t/個	2.34	
被覆ブロック	コンクリート	2~29t/個	2.34	
中割石	石材	30~300kg/個	2.29	

※1 コンクリートの比重は「道路橋示方書・同解説（2002）」より設定、砂及び石材の比重は「港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007）」より設定

※2 北防波堤及び南防波堤の比重のうち、最も小さいものを示す

(2) 滑動に対する検討結果

「港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007）」⁶⁾の流れに対する被覆材の所要質量の評価手法に基づき、ケーソン及び上部コンクリート、消波ブロック、根固方塊、被覆ブロック及び中割石の安定流速を算定し、滑動可能性を評価する。

なお、同手法は石を別の石の上に乗せた状態における流体力と摩擦力のつり合い式及び流体力と重力によるモーメントのつり合い式から導出されており、流れに対する被覆材の安定質量を求めるものであることから、津波来襲時における対象物の滑動可能性評価に適用可能であると考えられる。

1. 7. 3 流れに対する被覆石及びブロックの所要質量

(1) 一般

水の流れに対するマウンドの捨石等の被覆材の所要質量は、一般的に、適切な水理模型実験又は次式によって算定することができる。式中において、記号 γ はその添字に関する部分係数であり、添字 k 及び d はそれぞれ特性値及び設計用値を示す。

$$M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 (\gamma_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (1.7.18)$$

ここに、

- M : 捨石等の安定質量 (t)
- ρ_r : 捨石等の密度 (t/m^3)
- U : 捨石等の上面における水の流れの速度 (m/s)
- g : 重力加速度 (m/s^2)
- γ : イスバッシュ(Isbash)の定数(埋め込まれた石にあつては 1.20, 露出した石にあつては 0.86)
- S_r : 捨石等の水に対する比重
- θ : 水路床の軸方向の斜面の勾配 ($^\circ$)

図 11 港湾の施設の技術上の基準・同解説(抜粋)

滑動に対する検討結果（表7）より、ケーソン、上部コンクリート、消波ブロック、根固方塊、被覆ブロック及び中割石の安定流速は発電所の港湾内の最大流速18m/s（図8）よりも小さいことから、滑動する可能性があるものの、3号炉取水口は港湾内より6m高い位置にある（3号炉取水口底版コンクリート：T.P.-8.0m、港湾内：T.P.-14.0m）ことと、3号炉取水口に近接している南防波堤基部設置されている構造物については防波堤マウンド側より約1m高い位置にある（3号炉取水口底版コンクリート：T.P.-8.0m、防波堤マウンド：T.P.-9.0m）ことから、滑動して3号炉取水口に到達することはない。

追而

（基準津波の審査結果を踏まえて記載する）

表7 安定流速の算定結果

対象構造物	密度 (t/m ³)	質量 (t)	イスバ ッシュ の定数	水に対す る比重	斜面の 勾配 (°)	安定流速 (m/s)
ケーソン	2.15	5,900	0.86	2.09	0	16.5
上部コンクリート	2.34	1,600	0.86	2.27	0	14.1
消波ブロック	2.34	32~40	0.86	2.27	0	7.4~7.6
根固方塊	2.34	34.5	0.86	2.27	0	7.4
被覆ブロック	2.34	2~29	0.86	2.27	0	4.6~7.2
中割石	2.29	0.03~ 0.3	0.86	2.22	0	2.2~3.3

(3) 水理模型実験に基づく取水口到達及び閉塞可能性評価

(2) 項では、防波堤のケーソン及び上部コンクリートを除く構造物に対し、既往文献に基づき滑動に関する評価を行った。

一方、防波堤のケーソン及び上部コンクリートについては水理模型実験より滑動、転倒の有無を評価するため、地震及び津波による海底地形変化による影響やサイト特性の観点も踏まえた科学的根拠に基づいた確認を行うために、水理模型実験による防波堤の取水口到達及び閉塞可能性評価を行う。

水理模型実験では津波波力型の被災パターンを対象として検討する。2.

(2) 項に示すとおり、津波波力型においては防波堤堤内外水位差が防波堤の被災に対して支配的な要因となることが報告されている³⁾。したがって、水理模型実験においては、防波堤堤内外水位差に着目し、水理模型実験により得られた取水口に到達及び閉塞し得ない防波堤堤内外水位差と、基準津波から想定される防波堤堤内外水位差を比較し、防波堤が取水口に到達し閉塞する可能性を評価する。

なお、実験条件の検討に当たっては、地震及び津波による海底地形変化やサイト特性の観点から防波堤の移動量に及ぼす要因について整理し、保守的な結果が得られる実験条件を設定する。

a. 実験条件の設定方針

3号炉取水口の断面図を図12に、防波堤が3号炉取水口に到達する場合の挙動及び到達し閉塞する場合の挙動を図13に示す。

防波堤が取水口に到達する挙動を推定すると、基部から1函目が14m程度移動し、隣接する防波堤の列から抜け出した後、回転することにより到達するが、防波堤が設置されているマウンド高さはT.P.-9.0mであり、3号炉取水口の底版コンクリートの天端高さT.P.-8.0mより低いことから、防波堤は底版コンクリートを乗り越えて3号炉取水口まで移動し、閉塞する可能性は低いと考えられる。

仮に防波堤が3号炉取水口に到達し閉塞する挙動を推定すると、基部から1函目と2函目の防波堤が14m程度移動し、隣接する防波堤の列から抜け出した後、移動方向を変え、取水口方向に更に34~37m程度移動する複雑な経路を経る必要があると考えられる。

防波堤が滑動又は転倒することでこのような挙動を示すとは考え難いものの、閉塞する場合の挙動が生じると想定し、実験では防波堤の移動距離のみを評価することとし防波堤の移動量が大きくなるよう実験条件を設定する。

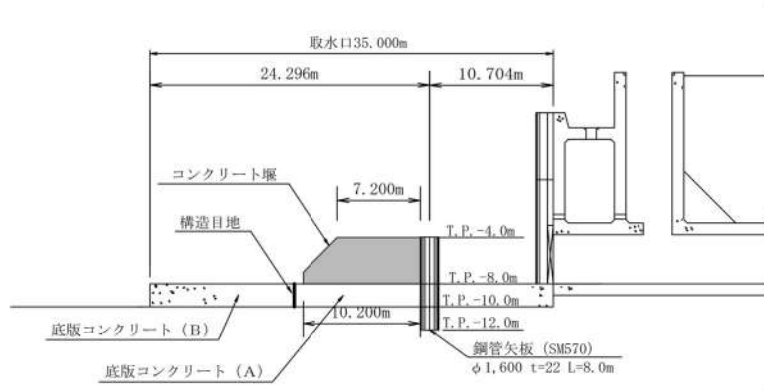


図12 3号炉取水口 断面図

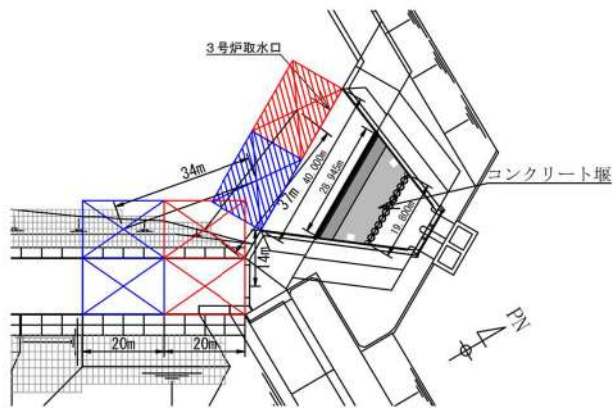
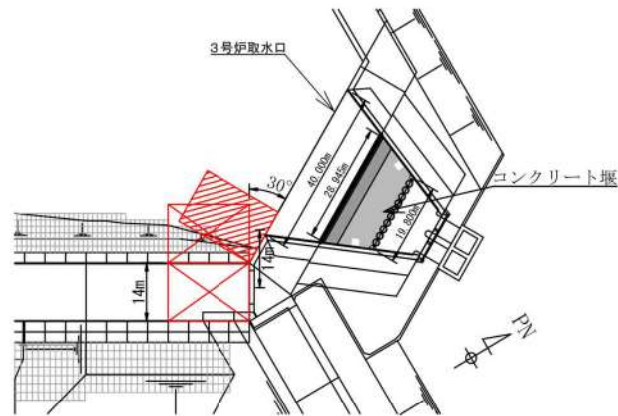


図13 (上) 防波堤が3号炉取水口に到達する場合の挙動
(下) 防波堤が3号炉取水口に到達し閉塞する場合の挙動

b. 実験条件

(a) 実験条件の設定

水理模型実験の条件設定フローを図 14 に示す。

防波堤が 3 号炉取水口に到達し閉塞しないことを確認するため、地震及び津波による海底地形の変化及びサイト特性の観点から、防波堤の移動量に影響を及ぼす要因を整理し、保守的な結果が得られる条件を水理模型実験へ反映する。地震及び津波による海底地形の変化が移動量に及ぼす影響と水理実験条件への反映結果を表 8 に、サイト特性が移動量及び滑動に及ぼす影響と水理模型実験条件への反映結果を表 9 に基準津波が移動量及び滑動に及ぼす影響と水理模型実験条件への反映結果を示す。

また、漂流物荷重を考慮した防波堤の 3 号炉取水口への到達及び閉塞可能性の評価については参考 4 に示す。

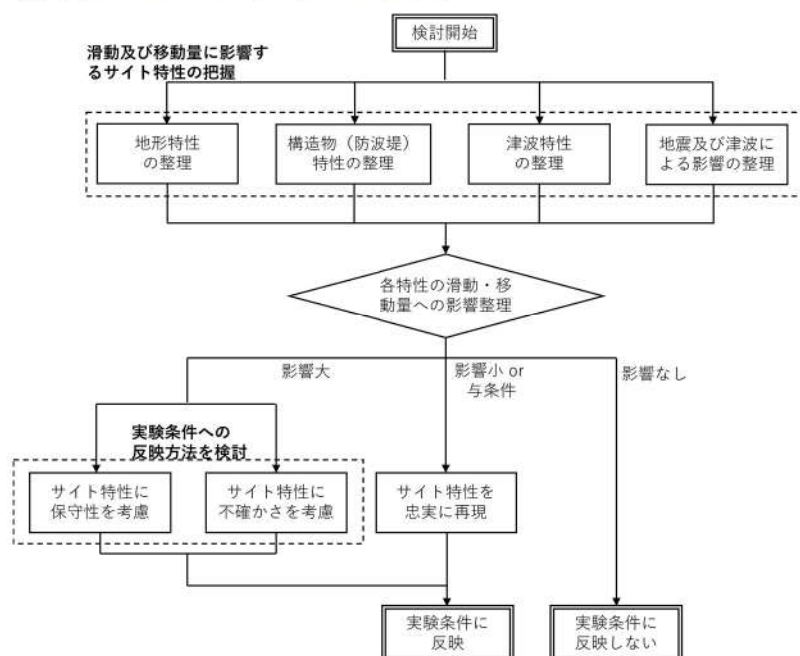


図 14 実験条件設定フロー

表8 地震及び津波による海底地形の変化が移動量に及ぼす影響と
水理模型実験条件への反映結果※

地形条件	移動量に及ぼす影響	実験条件への反映結果
地震に伴う基礎マウンド及び基礎地盤の不等沈下	・3号炉取水口前面にはC級岩盤の高まりが分布していることから、不等沈下が生じることで、C級岩盤に対する防波堤の位置が低くなるため、移動量は抑制される。	・移動量がより大きくなるよう、地震に伴う基礎マウンド及び基礎地盤の不等沈下は反映しない。
津波の越流による基礎マウンド及び基礎地盤の洗掘	・3号炉取水口前面にはC級岩盤の高まりが分布していることから、洗掘範囲に転倒することで、C級岩盤に対する防波堤の位置が低くなるため、移動量は抑制される。	・移動量がより大きくなるよう、津波の越流による基礎マウンド及び基礎地盤の洗掘は反映しない。

※地震及び津波による海底地形の変化が防波堤の移動量に及ぼす影響の詳細は参考1に示す。

表9 サイト特性が移動量及び滑動に及ぼす影響と
水理模型実験条件への反映結果

	分類	項目	サイト特性	移動量及び滑動への影響	実験条件への反映結果
サイト特性の再現	構造物 (防波堤)	設置位置	取水口から150m以内に設置	・影響なし	・取水口との離隔距離が小さい南防波堤基部(1両目)でモデル化
		天端高さ	T.P. 3.5m	・天端高さが高い方が防波堤に作用する全面波力が大きくなる	・上部コンクリートの安定流速(14.1m/s)が南防波堤(堤外側)の最大流速(8.33m/s)を上回っているため一体化としてモデル化
移動量に対する保守性	地形	周辺地形	防波堤内側にC級岩盤の高まりが分布	・防波堤内側に分布するC級岩盤の高まりが移動量を抑制する	・防波堤内側の海底地盤は平坦としてもモデル化
	構造物 (防波堤)	基礎マウンド	堤内側マウンド法肩までが平坦形状	・堤内側マウンド法肩までの平坦部は滑動抵抗に寄与している	・滑動が生じた際の移動が大きくなるよう堤内側マウンド平坦形状を傾斜形状に変更してモデル化
滑動の有無に対する保守性	構造物 (防波堤)	消波ブロック	消波ブロックあり(南防波堤基部のみ)	・消波ブロックは、防波堤に作用する津波波力の低減効果がある	・消波ブロックなしの場合に津波は直接防波堤に作用するため、消波ブロックなしが保守的な設定と考えられる
	構造物 (防波堤)	根固方塊及び被覆ブロック	根固方塊及び被覆ブロックあり	・防波堤内側の根固方塊及び被覆ブロックは滑動抵抗に寄与している	・根固方塊及び被覆ブロックは防波堤の滑動抵抗に寄与していることから、根固方塊及び被覆ブロックなしが保守的な設定と考えられる

表 10 基準津波が移動量及び滑動に及ぼす影響と
水理模型実験条件への反映結果

分類	項目	サイト特性	移動及び滑動への影響	実験条件への反映結果
津波 (基準津波)	堤内外水位差	9.77m	<ul style="list-style-type: none"> ・堤外水位（津波高さ）が高いほど水平波力は増加し滑動しやすくなり移動量も増加するが、堤内水位が高いほど滑動と移動量が抑制される ・堤内外水位差が大きい方が防波堤に作用する水平波力（前面波力と背面波力の差）が大きくなり滑動しやすくなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・基準津波のうち、南防波堤の最大堤内外水位差^{※3}発生時に越流する波形を対象とし、堤内外水位差が最大となる時刻の堤内外水位差を保守的に11.5mとなるように基本ケースを設定（堤外水位は防波堤天端高さのT.P.3.5m、堤内水位は基礎マウンド付近^{※4}のT.P.-8.0mと設定） ※3 防波堤を越流する津波の波力は津波高さより堤内外水位差が支配的となる ※4 実験装置上の最低水位に設定 ・防波堤が取水口まで到達するときの堤内外水位差を確認するため堤内水位を基礎マウンド付近のT.P.-8.0mに固定し、堤外水位を大きくした割増ケースを設定 ・最大波力が生じる波形の周期（171.7s）を実験周期が上回るように設定 ・所定の堤内外水位差を再現することにより流速の影響は考慮されている ・津波の繰り返し回数については考慮しない
	津波高さ	T.P.4.27m ^{※1}		
	波形（周期）	171.7s ^{※1}	<ul style="list-style-type: none"> ・周期が長い方がケーソンの移動量が大きくなる 	
	流速	8.33m/s ^{※2}	<ul style="list-style-type: none"> ・流速が大きくなるとケーソンに作用する水平波力は大きくなるものの、南防波堤における流速がケーソンの安定流速に比べ十分小さいことから、滑動及び移動量に影響するのは流速より堤内外水位差の方が支配的となる 	
	津波繰り返し回数	4回	<ul style="list-style-type: none"> ・東日本大震災の被災事例を踏まえると、ケーソンの滑動は津波の最大水平波力によるものと考えられるため、最大波に着目した実験を行う。 ・堤内外水位差が大きくなる波形を作用させ、ケーソンが滑動しなかった場合は、それ以下となる津波を繰り返し作用させても滑動しない。 ・ケーソンが滑動した場合は、滑動により堤内外水位差が発生しにくくなるため、津波を繰り返し作用させても移動量に及ぼす影響は小さい。 	

※1 堤内外水位差最大差時

※2 南防波堤における最大流速

(b) 実験模型

水理模型実験の対象平面図及び断面図を図15、図16に、実験模型概要を図17に示す。

実験縮尺（幾何縮尺）は実験装置の規模と性能を踏まえて1/64とし、フルード相似則に従い現地を再現する。

基礎マウンドは、ケーソンに作用する揚圧力を適切に再現するため、砕石で再現する。基礎マウンドが洗掘した場合、ケーソンの移動量が抑制されると考えられる（表8参照）ことから、基礎マウンドが洗掘しないよう砕石の流出を防ぐため、基礎マウンドの表面は金網で覆う。基礎マウンドを砕石で再現することの妥当性については、参考2に示す。

上部コンクリートの滑動については安定流速（14.1m/s）が南防波堤における最大流速（8.33m/s）を上回っているため、滑動する可能性が低いことから一体化してモデル化した。南防波堤における最大流速を表11に示す。

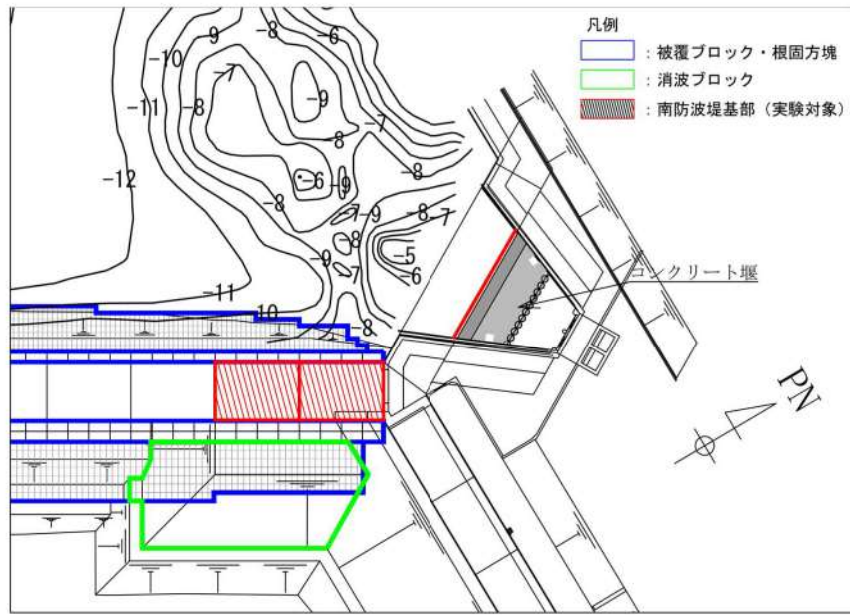


図 15 実験対象平面図 (南防波堤)

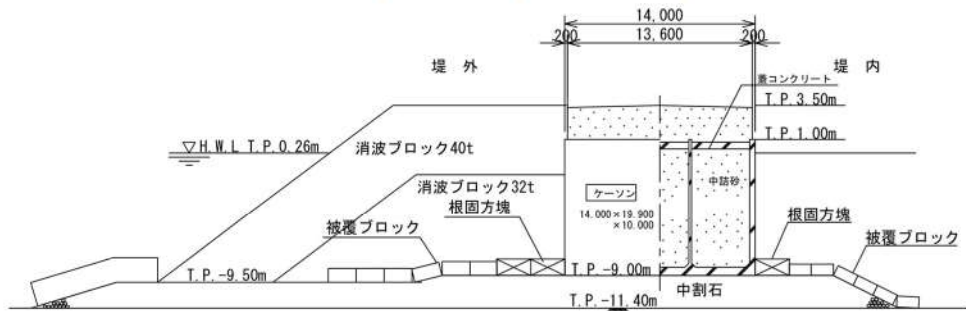


図 16 実験対象断面 (南防波堤基部)

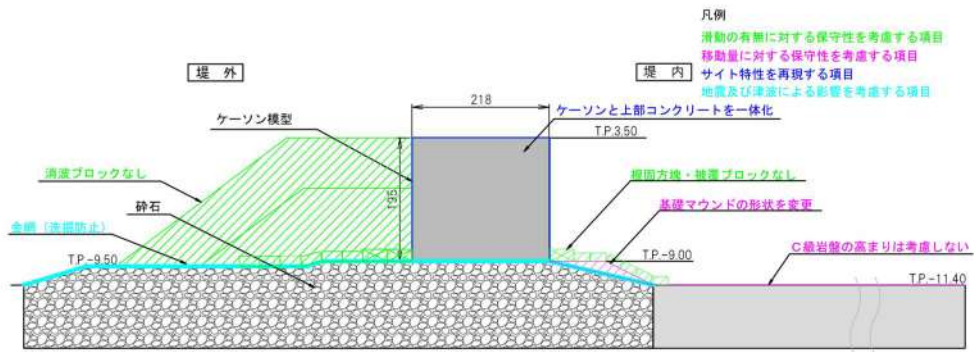


図 17 実験模型概要

表 11 南防波堤における最大流速一覧

	南防波堤における最大流速 (m/s)
基準津波（波源 A, 防波堤損傷なし）	7.00
基準津波（波源 B, 防波堤損傷なし）	8.33
基準津波（波源 B, 北防波堤損傷）	6.43
基準津波（波源 C, 防波堤損傷なし）	6.44
基準津波（波源 D, 防波堤損傷なし）	8.14
基準津波（波源 D, 北防波堤損傷）	6.68
基準津波（波源 F, 北防波堤損傷）	6.20
基準津波（波源 H, 北防波堤損傷）	6.50
基準津波（波源 I, 防波堤損傷なし）	7.72
基準津波（波源 L, 北防波堤損傷）	6.61

(c) 実験波形

基準津波のうち、南防波堤の堤内外水位差は、基準津波（波源 A（防波堤損傷なし））の 10.52m が最大となるが、2.（3）項で示すように、堤外水位が防波堤を越流しない流況のため、ケーソンに作用する水平波力が比較的小さいため、防波堤を越流する流況の方がケーソンに作用する水平波力の観点から保守的と考え、南防波堤における最大堤内外水位差は基準津波（波源 I（防波堤損傷なし））とした。基準津波（波源 I（防波堤損傷なし））の最大堤内外水位差は 42 分頃に発生し 9.77m となった。最大となる波形の南防波堤の波形抽出位置を図 18 に、堤内外位置の時刻歴波形を図 19 示す。

防波堤は津波波力の増加に伴い滑動し移動量も大きくなると考えられることから、実験に用いる入力波形は、基準津波のうち南防波堤の堤内外水位差が最大となり、防波堤を越流する波形を対象とする。

添付資料 22 に示すように、基準津波の時刻歴波形からソリトン分裂波及び砕波が発生しないため、水理模型実験においてソリトン分裂波及び砕波の発生を考慮した段波波圧は考慮しないこととする。

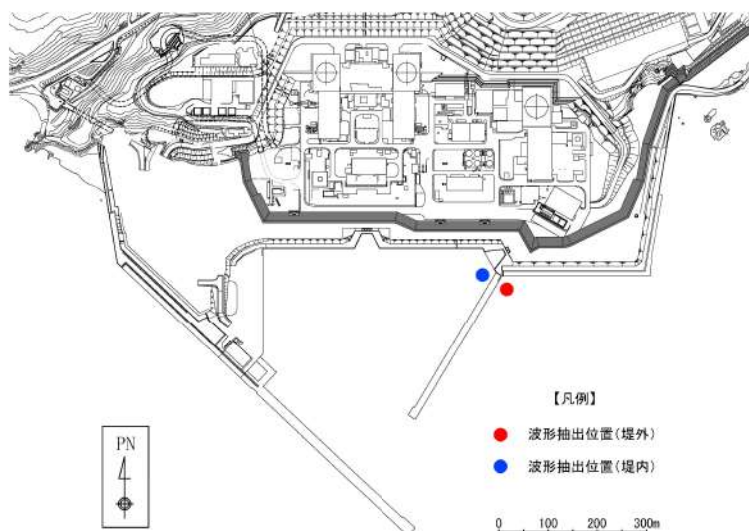


図 18 南防波堤基部の堤内外位置における波形抽出位置

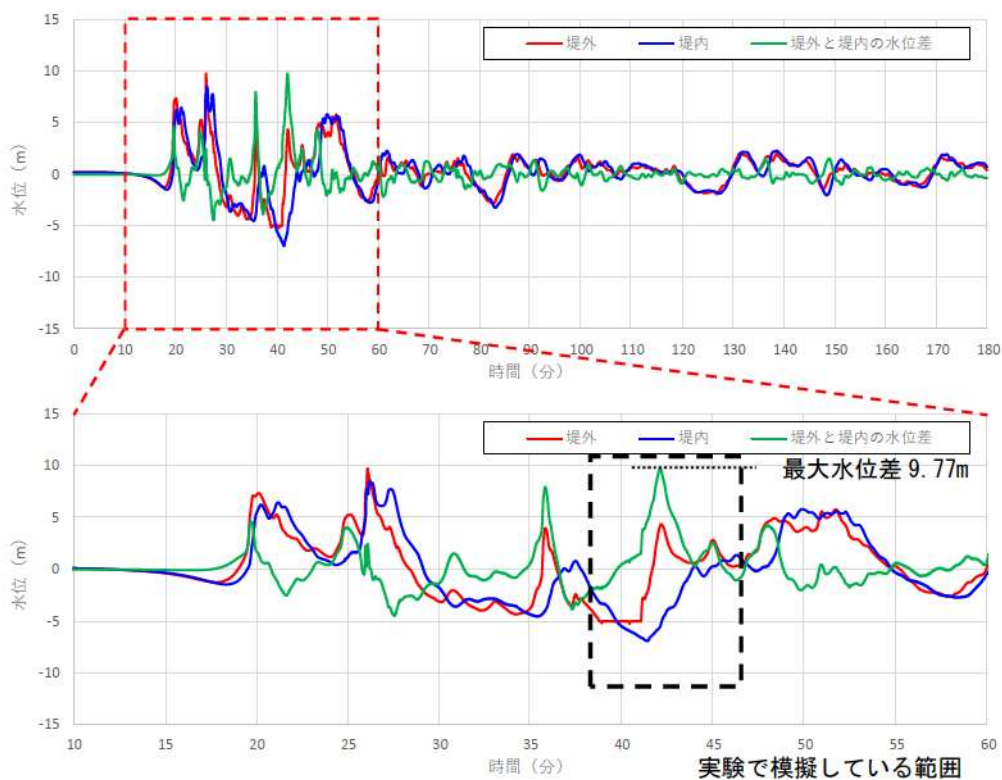


図 19 基準津波のうち、南防波堤の堤内外水位差が最大となる波形（基準津波（波源 I，防波堤損傷なし））の波形抽出位置における時刻歴波形

表 12 波形抽出位置における水位差が最大となる時刻の水位

堤外水位 (T. P. m)	堤内水位 (T. P. m)	堤内外水位差 (m)
4.27	-5.50	9.77

(d) 実験ケース

基本ケースでは、堤内外水位差が最大となる時刻の堤内外水位差を保守的に、11.5m となるように設定し、堤外水位は防波堤天端高さの T.P. 3.5m、堤内水位は基礎マウンド付近の T.P. -8.0m と設定した。

また、防波堤が取水口に到達するときの堤内外水位差を確認するため、堤内水位を固定し、堤外水位を大きくした割増ケースを設定する。実験ケースを表 13 に示す。

表 13 実験ケース

ケース	堤外水位 (T.P. m)	堤内水位 (T.P. m)	堤内外水位差 (m)
ケース 1 (基本ケース (堤内外水位差 11.5m))	3.5	-8.0	11.5
ケース 2 (割増ケース (堤内外水位差 17.0m))	9.0		17.0
ケース 3 (割増ケース (堤内外水位差 17.5m))	9.5		17.5
ケース 4 (割増ケース (堤内外水位差 18.0m))	10.0		18.0

(e) 評価基準

防波堤の評価基準は、図 13 より防波堤が 3 号炉取水口に到達する最短距離を 14m、到達し閉塞するときの最短距離を 48m (14m+34m) とし、閉塞する最短距離を保守的に実験模型の直線の移動量を現地換算し、40m を超えた場合に防波堤の取水口到達及び閉塞の可能性を否定できないと評価する。移動量の計測位置は、移動前後の実験模型の中心間の距離とする。

(f) 実験装置

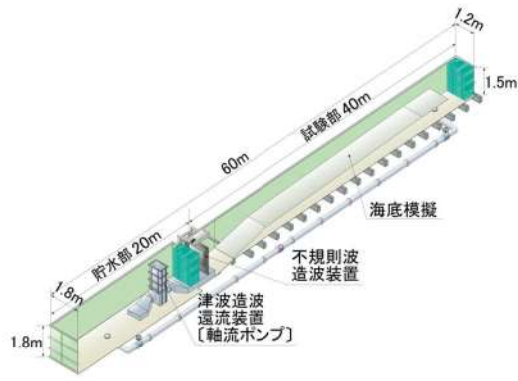
実験装置概要を図 20、波力及び水位計測位置図を図 21 に示す。

実験装置は、長さ 60m×幅 1.2m×高さ 1.5m の断面二次元水路を用い、実験装置の水路幅方向には、ケーソンを 5 函配置する。

実験では、堤内外位置での水位差が目標とする水位差以上となること及び造波の再現性があることを確認するため、波圧及び水位を計測し、次に、造波した波形を使用し、ケーソンの移動量を計測する。

波圧及び水位計測時は、5 函のケーソンを全て固定し、中央の実験模型に設置した波圧計により、ケーソンに作用する波圧を計測する。

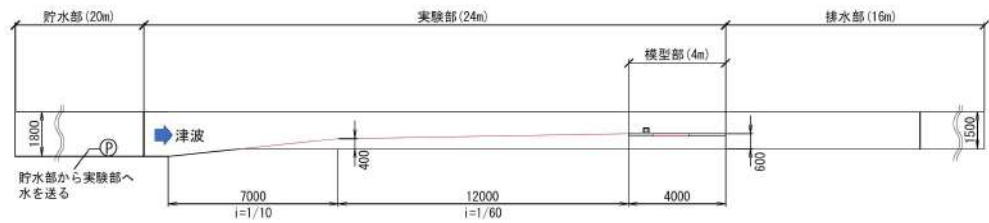
両端部のケーソン 2 函は水路側壁からの摩擦等の影響を受け移動量が抑制される可能性があることから、移動量計測時には固定し、中央のケーソン 3 函は実験対象とし、固定しない。



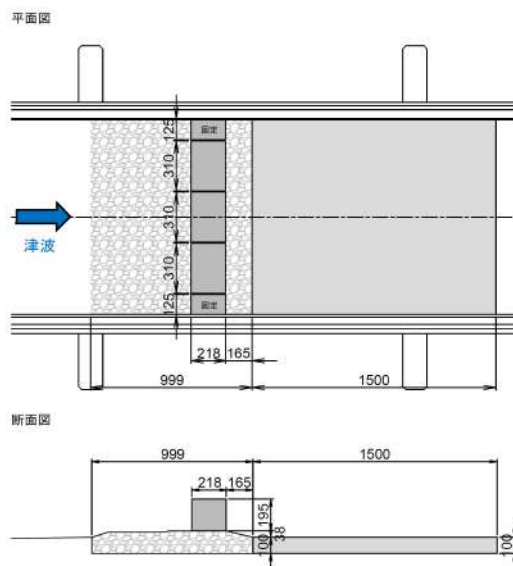
(全体概要図)



(全体図 平面図)

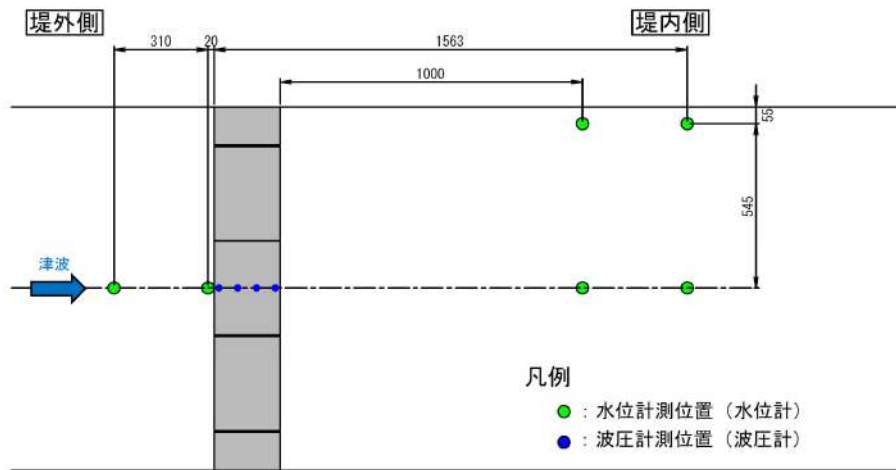


(全体図 断面図)

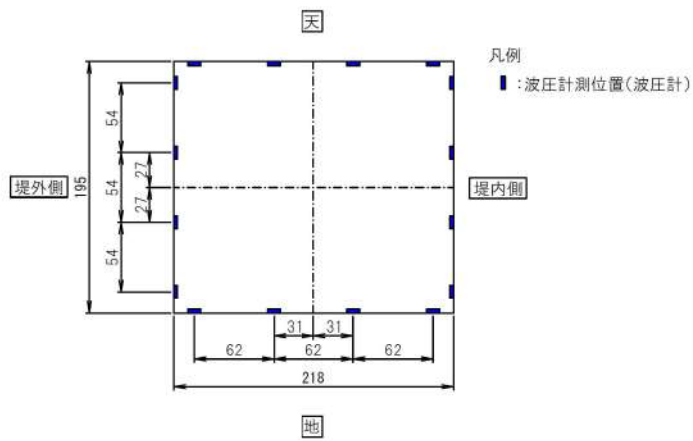


(模型部詳細)

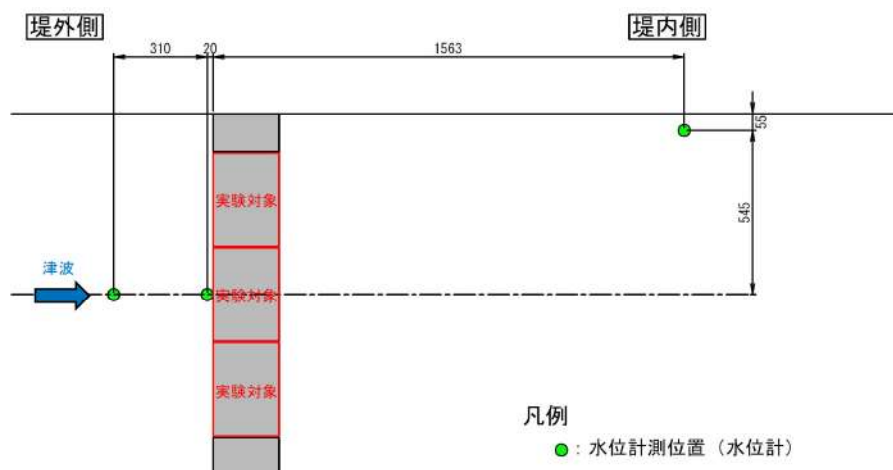
図 20 実験装置 概要図



(波圧及び水位計測時)



(波圧計設置位置)

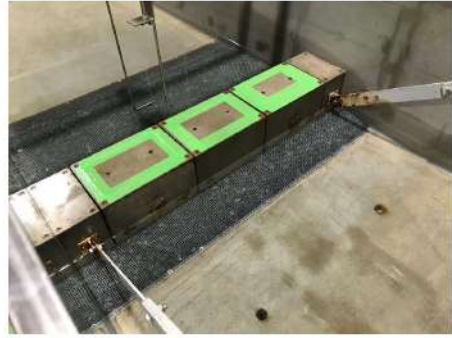


(移動量計測時)

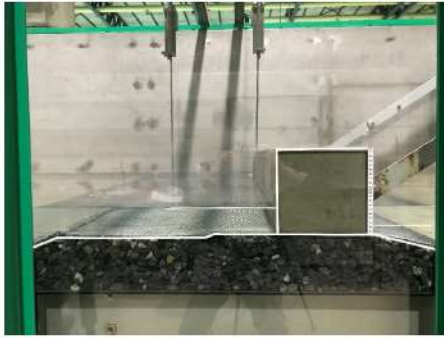
図 21 波圧及び水位計測位置図



実験装置全体図



実験模型全体図



実験模型断面



波圧計設置

写真 1 実験装置

c. 実験結果

(a) 波圧及び水位（固定時）

堤内外位置での水位差が目標とする水位差以上となること及び造波の再現性があることを確認するため、波圧及び水位の計測を行った。

計測結果を表14に示す。表14において、堤外水位・堤内水位・堤内外水位差については、堤外水位が最大となる時刻の値を、水平波力・鉛直波力・滑動抵抗力及び滑動安全率については、水平波力が最大となる時刻の値をそれぞれ示している。

各ケースで、堤内外位置での水位差が目標とする水位差以上となっていることが確認された。

波圧及び水位計測時における時刻歴データ及び水平波力最大時の波圧分布を図 22～図 28 に示す。

図 22～図 28 は、同一条件で実施した 3 回の計測結果を示しており、堤内水位に若干のずれが確認されるものの、いずれのケースも 3 回の計測結果に有意な差は確認されなかったことから、造波の再現性を確認した。

また、いずれのケースにおいても、100～300 秒の範囲において、造波により生じる波圧及び水位の変化とみられる波形が確認されたが、300 秒以降においては、過渡的な振動を伴う波形が確認された。これは堤内側の造波板による反射波を計測したものであると考えられる。したがって、ここでは 100～300 秒の範囲を波圧及び水位の評価対象とした。

表 14 波圧及び水位計測結果

ケース		堤外 水位 (T.P.m)	堤内 水位 (T.P.m)	堤内外 水位差 (m)	水平 波力 ^{※1} (kN/m)	鉛直 波力 ^{※1} (kN/m)	滑動 抵抗力 ^{※1, 2} (kN/m)	滑動 安全率 ^{※1, 3}
ケース 1 (堤内外水位差 11.5m)	1 回目	3.68	-8.65	12.33	834	939	1,618	1.94
	2 回目	3.71	-8.64	12.35	838	936	1,620	1.93
	3 回目	3.70	-8.67	12.37	841	944	1,616	1.92
	平均	3.70	-8.65	12.35	837	940	1,618	1.93
ケース 2 (堤内外水位差 17.0m)	1 回目	9.18	-8.82	18.00	1,481	1,169	1,480	1.00
	2 回目	9.20	-9.00	18.20	1,482	1,174	1,477	1.00
	3 回目	9.19	-8.68	17.87	1,481	1,148	1,493	1.01
	平均	9.19	-8.83	18.02	1,481	1,164	1,484	1.00
ケース 3 (堤内外水位差 17.5m)	1 回目	9.61	-8.76	18.37	1,492	1,263	1,424	0.95
	2 回目	9.66	-8.71	18.37	1,496	1,241	1,437	0.96
	3 回目	9.63	-8.83	18.46	1,496	1,227	1,446	0.97
	平均	9.63	-8.77	18.40	1,494	1,244	1,436	0.96
ケース 4 (堤内外水位差 18.0m)	1 回目	10.20	-8.08	18.28	1,586	1,218	1,451	0.91
	2 回目	10.24	-8.32	18.56	1,588	1,179	1,475	0.93
	3 回目	10.25	-8.35	18.60	1,586	1,205	1,459	0.92
	平均	10.23	-8.25	18.48	1,587	1,201	1,462	0.92

※1 算出過程を参考 3 に示す

※2 「港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007）」を参考に、防波堤と基礎マウンド間の摩擦係数を 0.6 として算出

※3 「防波堤のガイドライン」¹⁾ を参考に算出

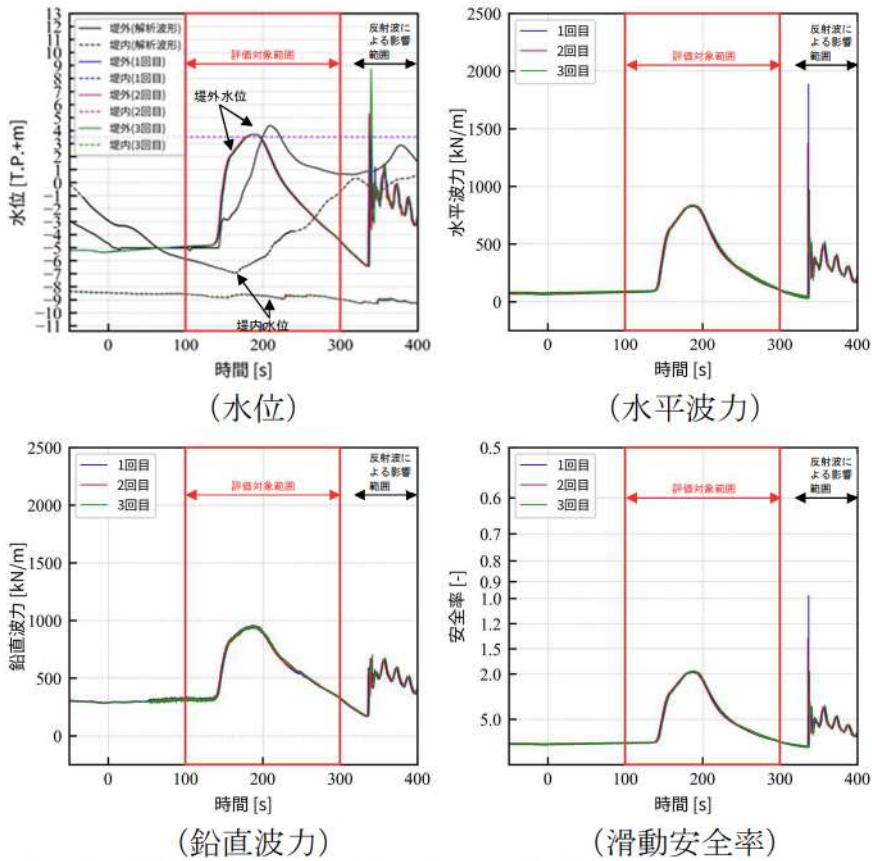


図 22 時刻歴データ (ケース 1 (堤内外水位差 11.5m))

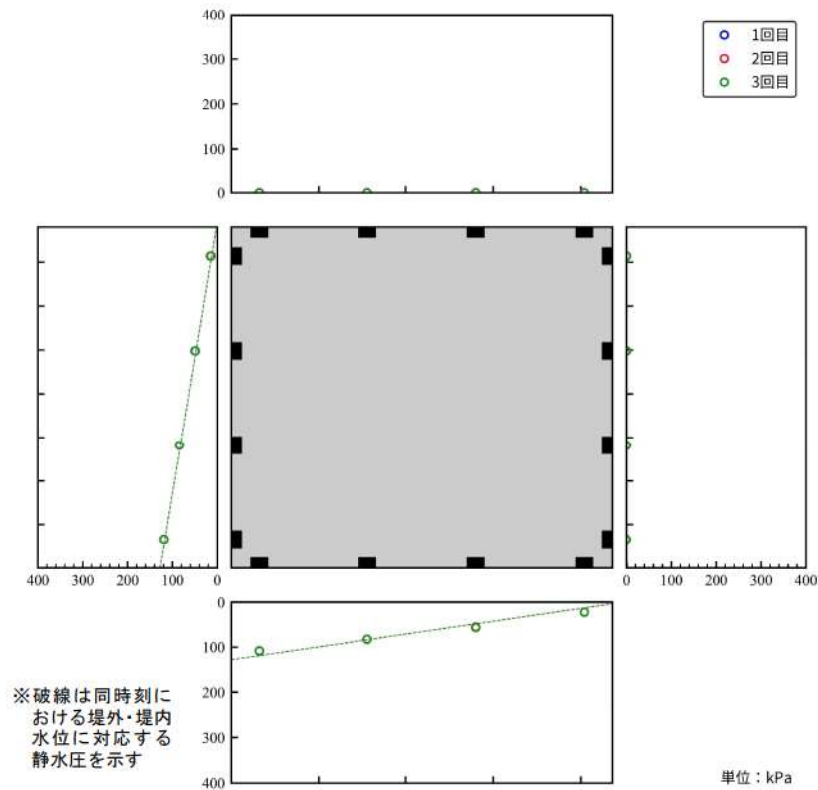


図 23 水平波力最大時の波圧分布 (ケース 1 (堤内外水位差 11.5m))

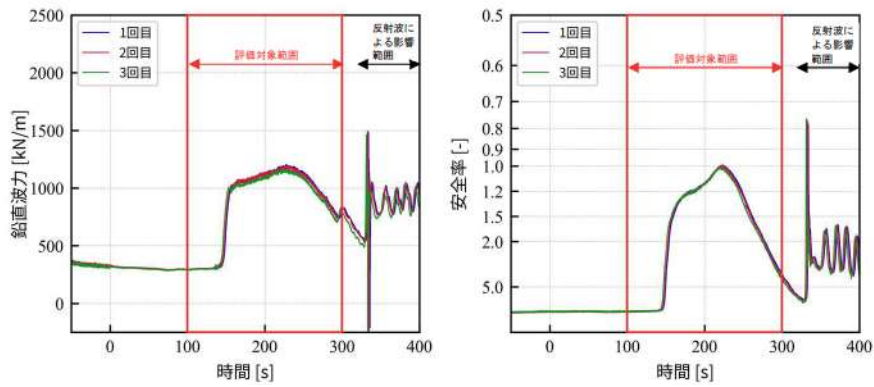
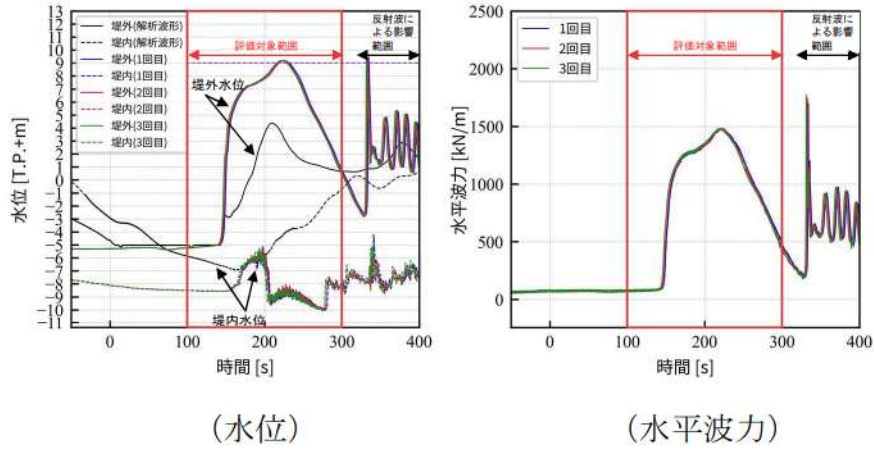


図 24 時刻歴データ (ケース 2 (堤内外水位差 17.0m))

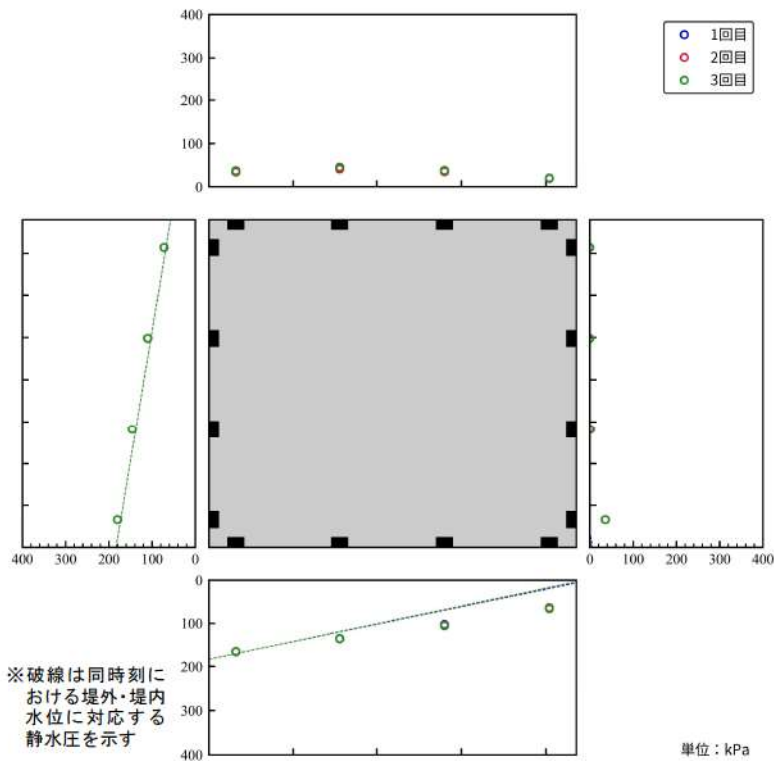


図 25 水平波力最大時の波圧分布 (ケース 2 (堤内外水位差 17.0m))

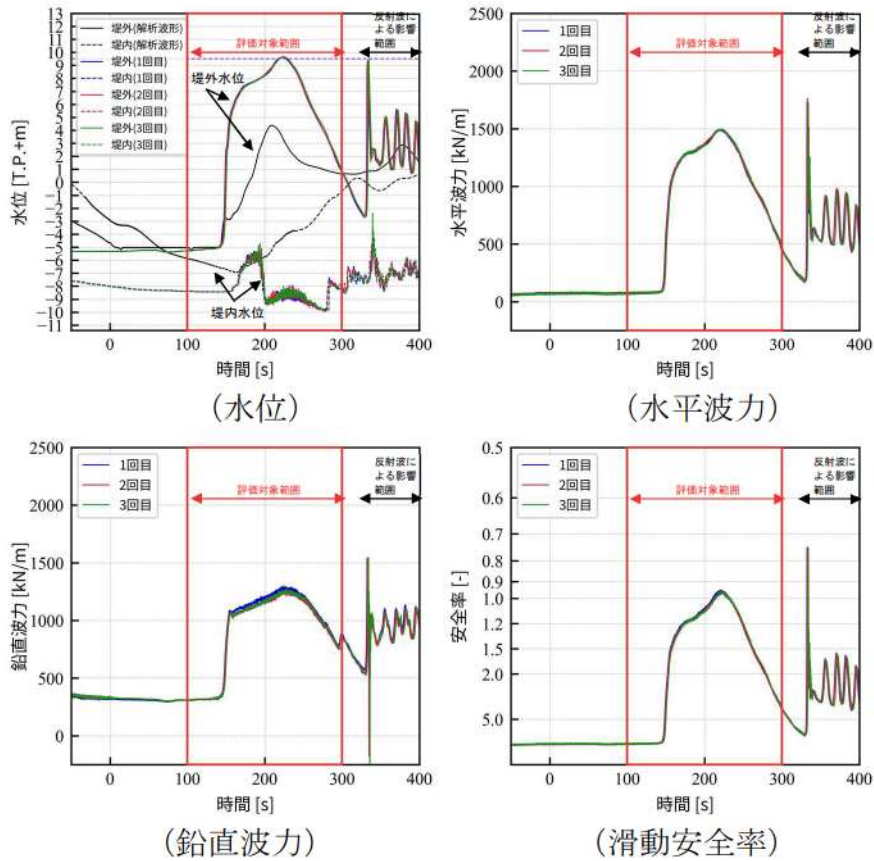


図 26 時刻歴データ (ケース 3 (堤内外水位差 17.5m))

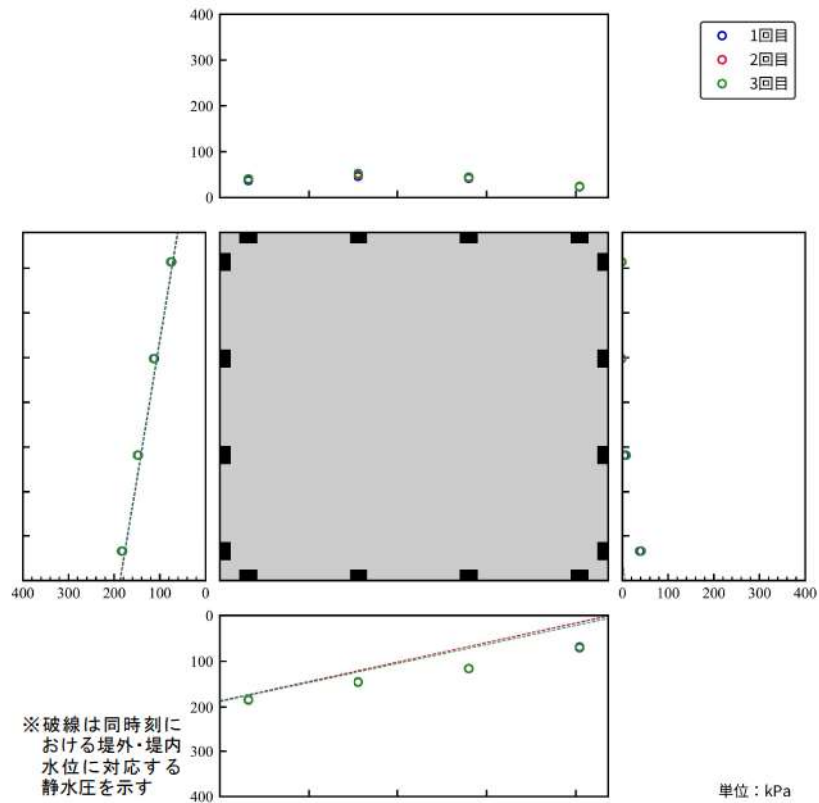


図 27 水平波力最大時の波圧分布 (ケース 3 (堤内外水位差 17.5m))

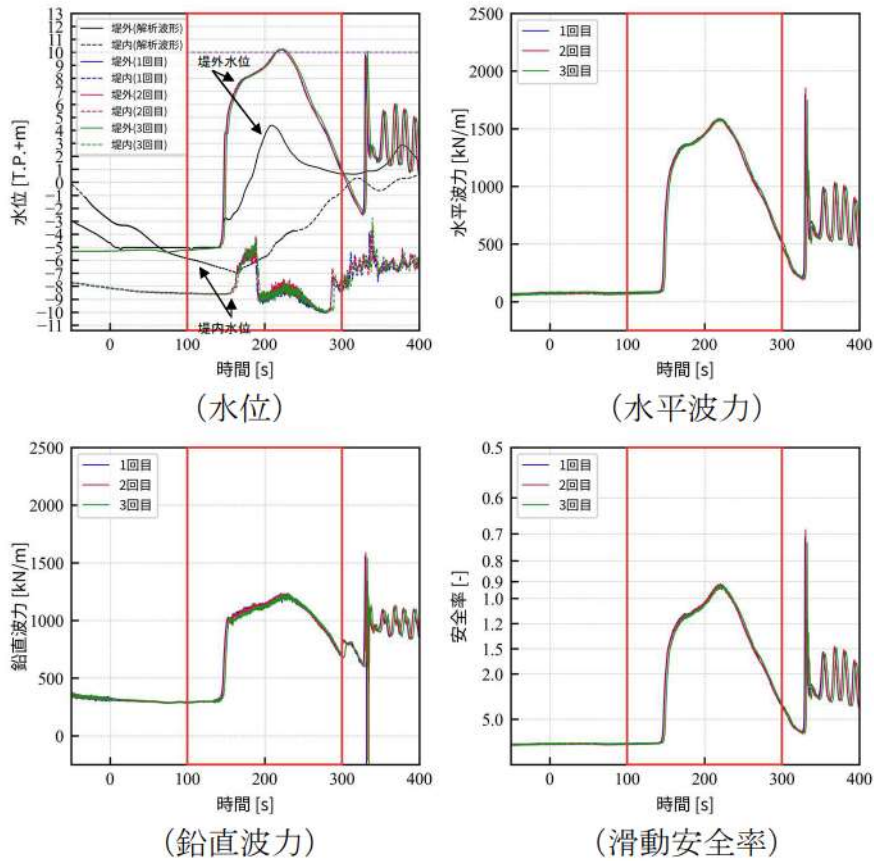


図 28 時刻歴データ (ケース 4 (堤内外水位差 18.0m))

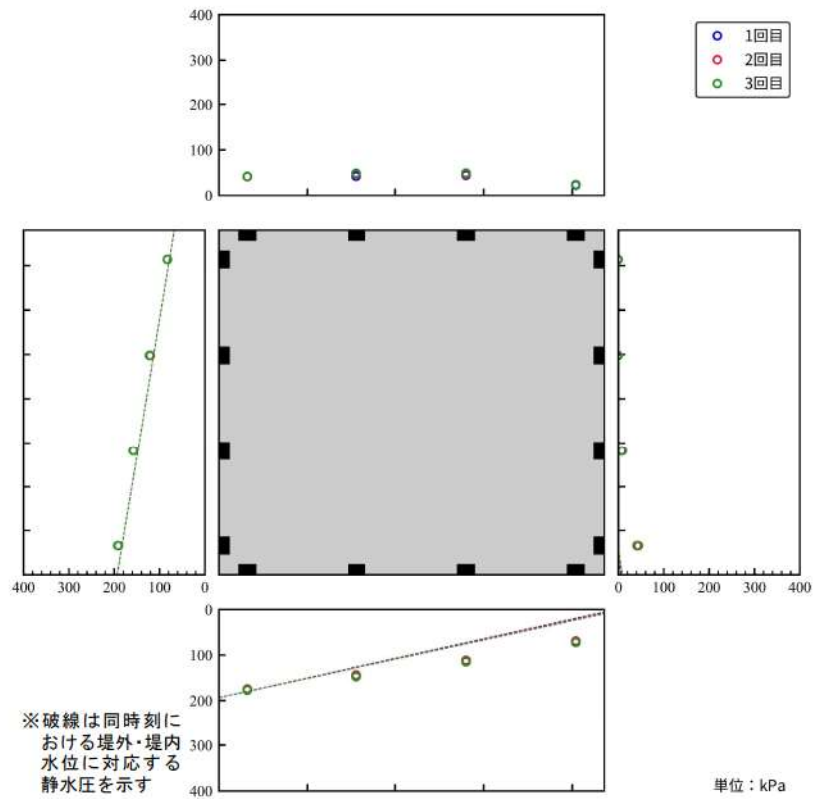


図 29 水平波力最大時の波圧分布 (ケース 4 (堤内外水位差 18.0m))

(b) 移動量

造波後のケーソンの状況及び移動量を表15～表19に、各ケースの水平波力と移動量の整理結果を表20に示す。移動量は現地を換算した値とする。表18の堤内外水位差、水平波力、及び滑動安全率の値は、波圧及び水位計測時における計測値(表14)の平均値である。

ケース1(堤内外水位差11.5m)及びケース2(堤内外水位差17.0m)をそれぞれ3回ずつ実施したところ、3回ともケーソンは移動しなかった。

ケース3(堤内外水位差17.5m)は5回実施し、5回のうち1回は移動せず、移動した4回のうち1回は移動量はほぼ0となった。また、移動量が大きくなった3回の移動量は35.5m～79.2mとなり、移動量が40m以上となったのは、そのうち1回であった。

ケース4(堤内外水位差18.0m)は4回実施し、4回ともケーソンが移動し、移動量は38.8m～44.6mとなった。移動量が40m以上となったのは4回のうち3回であった。

また、いずれのケースにおいてもケーソンが転倒する挙動は確認されなかった。

移動量計測時の波形を図30に示す。

移動が生じなかったケース1(堤内外水位差11.5m)及びケース2(堤内外水位差17.0m)では、水位の計測値が波圧及び水位計測時と概ね一致していることが確認された。

移動が生じたケース3(堤内外水位差17.5m)及びケース4(堤内外水位差18.0m)では、ケーソンが移動するまでは、波圧及び水位計測時の水位と一致していたが、ケーソンの移動に伴い、堤外水位が低下していることが確認された。

また、ケース3(堤内外水位差17.5m)において、5回のうち3回は移動量が大きくなり、2回は移動量がほぼ0と結果がばらついた。ばらついた要因はケース3の堤内外水位差がケーソンが滑動するかどうかの閾値であったため、ばらついたと考えている。

移動量がばらついた要因については、移動量が79.2mと大きくなった3回目の実験では中央のケーソンと左端のケーソン^{*}が移動し、右端のケーソン^{*}はほとんど移動していない(表17)。実験時の挙動を確認すると、中央のケーソンと左端のケーソン^{*}が同時に移動しており、左側のケーソン^{*}の堤外側水位の抜け道が少なく、水位差が他ケースと比較し長時間保たれたことで、移動量が大きくなったと考えられる。

※上流側から下流側を見た方向として記載している。

表 15 造波後のケーソンの状況及び移動量（ケース 1（堤内外水位差 11.5m））


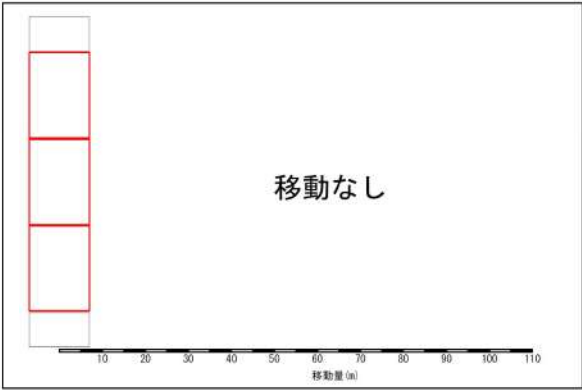
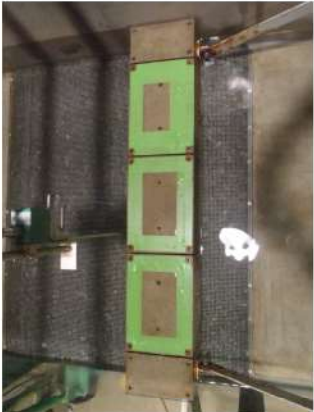
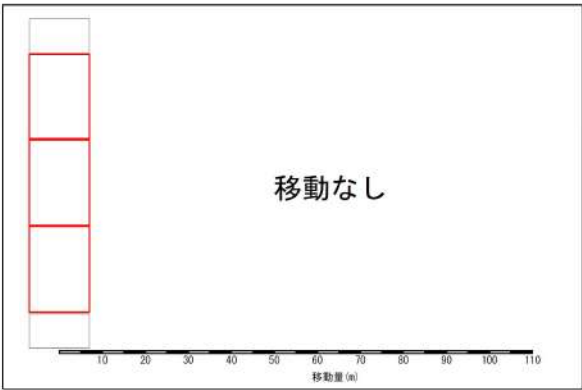
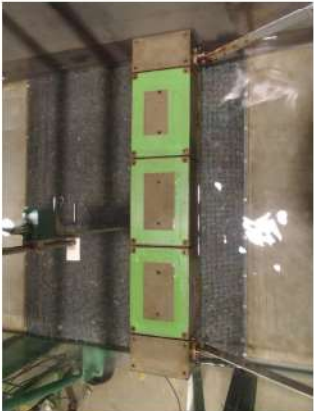
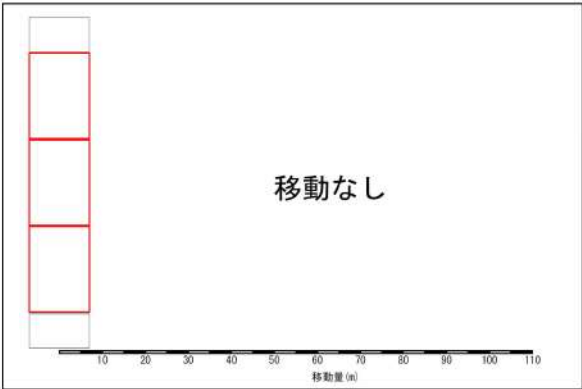
<p>1 回 目</p>		
<p>2 回 目</p>		
<p>3 回 目</p>		

表 16 造波後のケーソンの状況及び移動量（ケース 2（堤内外水位差 17.0m））

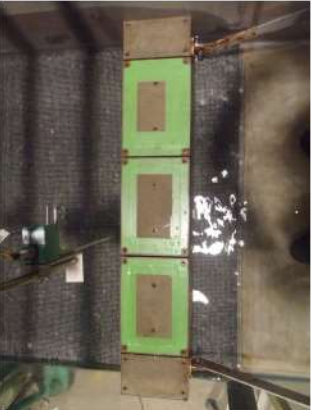
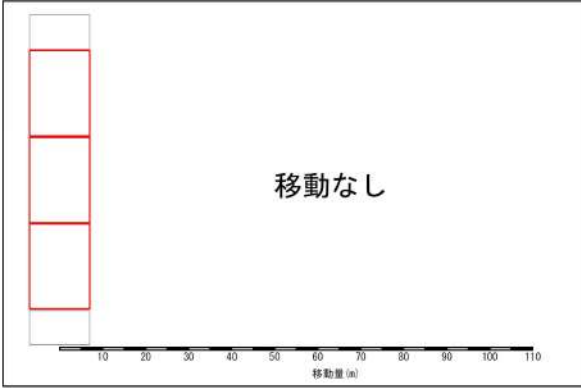

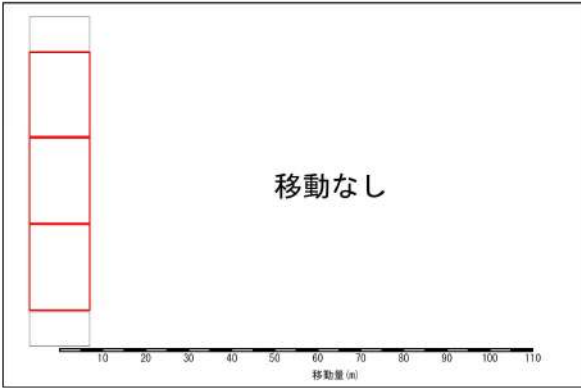

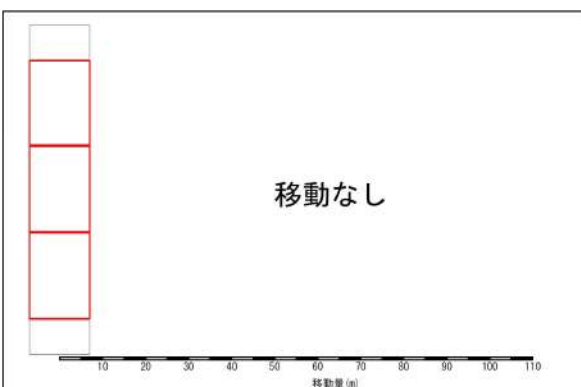
<p>1 回 目</p>		
<p>2 回 目</p>		
<p>3 回 目</p>		

表 17 造波後のケーソンの状況及び移動量（ケース 3（堤内外水位差 17.5m））

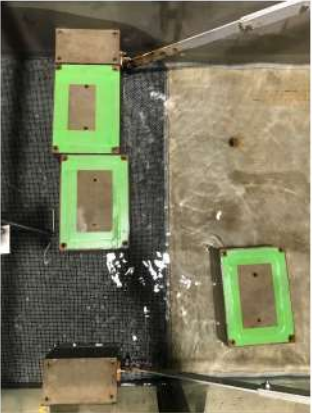
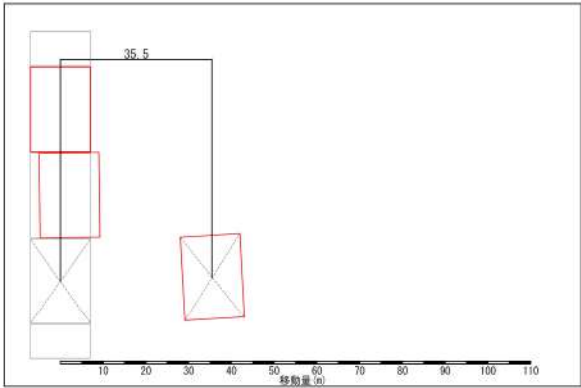

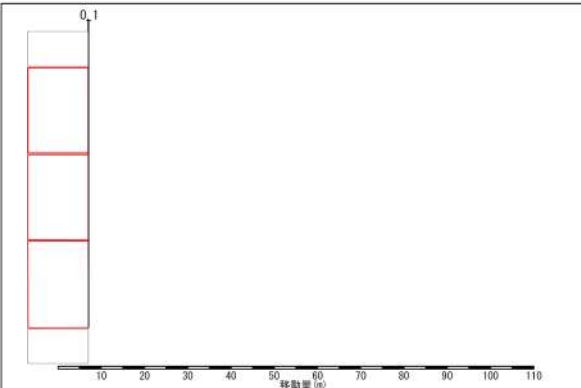
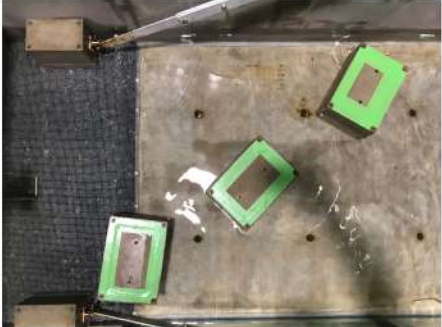
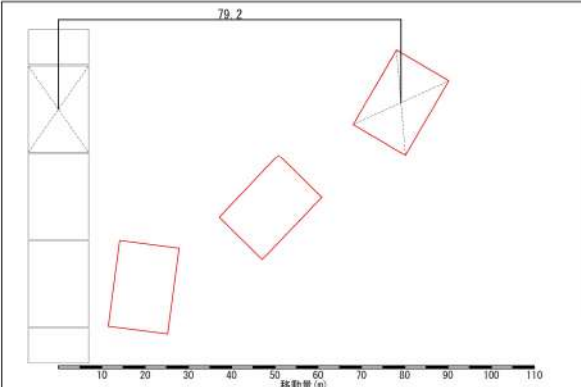
<p>1 回 目</p>		
<p>2 回 目</p>		
<p>3 回 目</p>		

表 18 造波後のケーソンの状況及び移動量（ケース 3（堤内外水位差 17.5m））


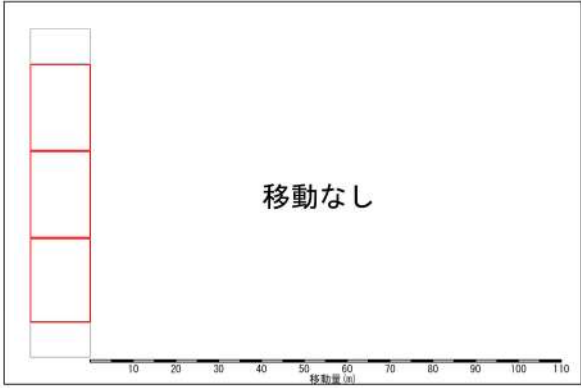
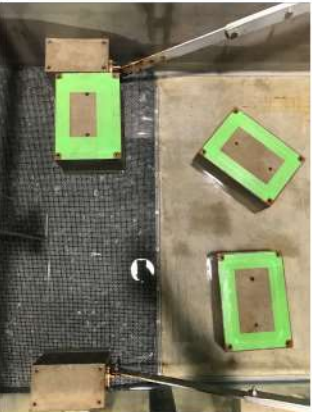
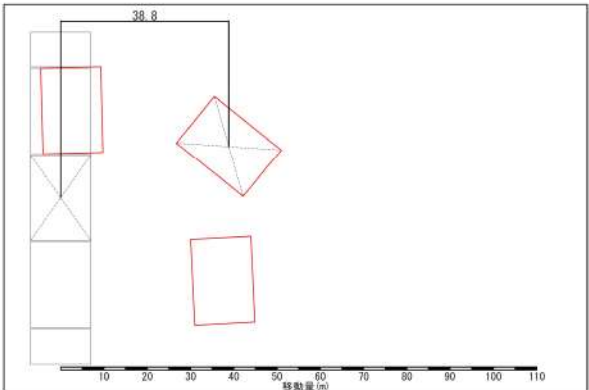
<p>4 回 目</p>		
<p>5 回 目</p>		

表 19 造波後のケーソンの状況及び移動量（ケース 4（堤内外水位差 18.0m））


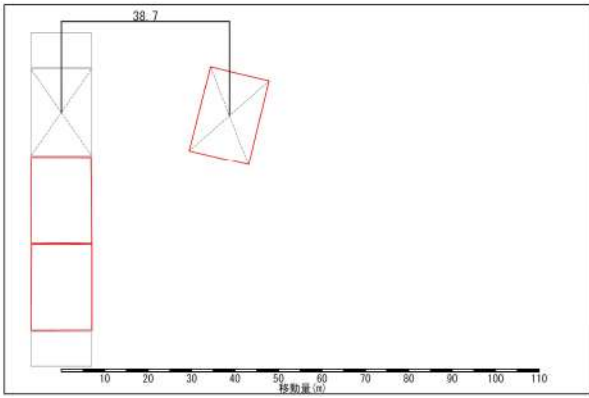
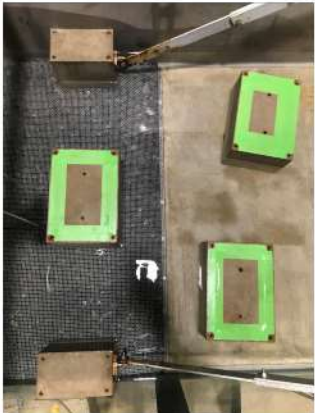
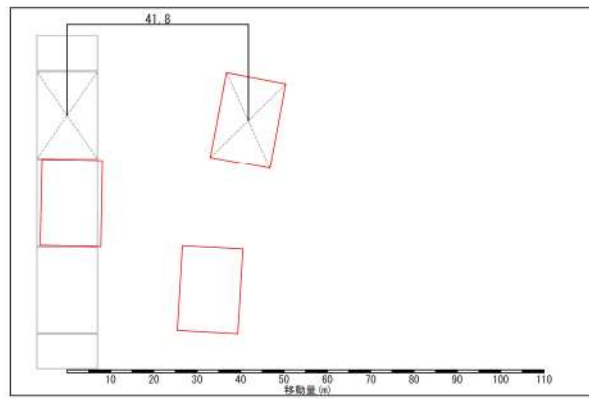
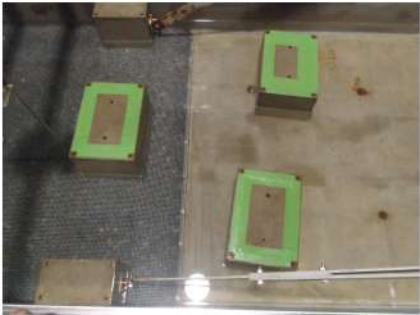
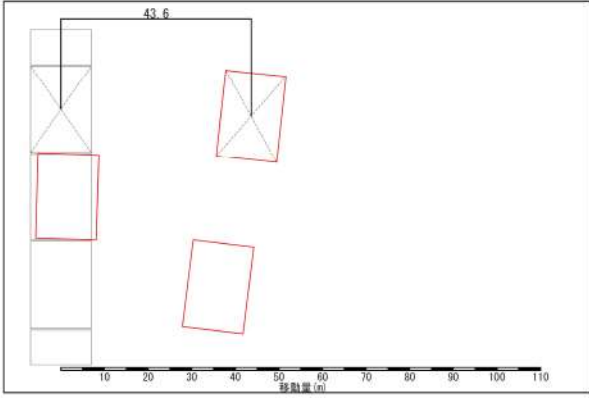
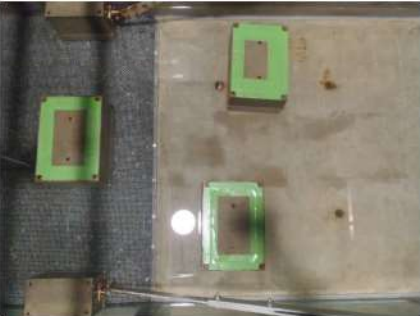
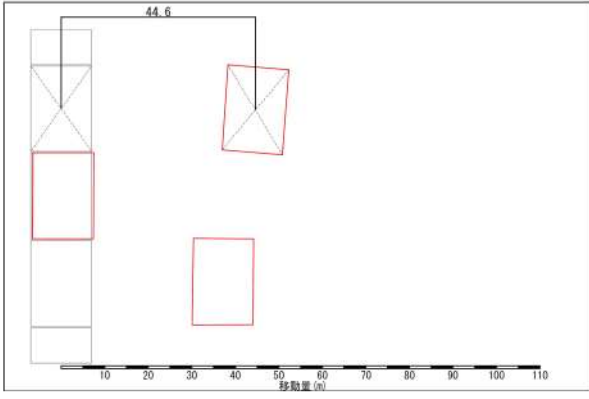
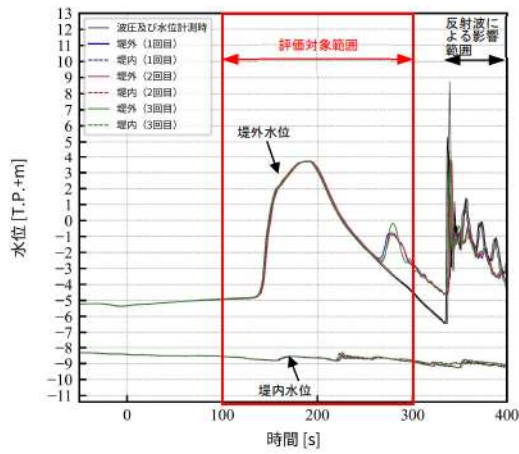
<p>1 回 目</p>		
<p>2 回 目</p>		
<p>3 回 目</p>		
<p>4 回 目</p>		

表 20 堤内外水位差と移動量の整理結果

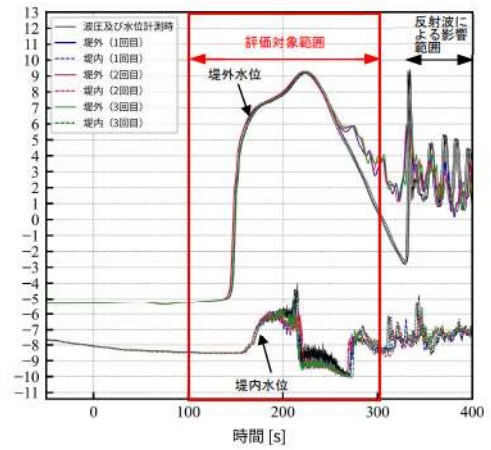
ケース	回目	堤内外 水位差 [※] 1, 2 (m)	水平 波力 ^{※1, 2} (kN)	滑動 安全率 ^{※1}	移動量 ^{※2} (m)
ケース 1 (堤内外水位差 11.5m)	1	12.35	837	1.93	0.0
	2				0.0
	3				0.0
平均					0.0
ケース 2 (堤内外水位差 17.0m)	1	18.02	1,481	1.00	0.0
	2				0.0
	3				0.0
平均					0.0
ケース 3 (堤内外水位差 17.5m)	1	18.40	1,494	0.96	35.5
	2				0.1
	3				79.2
	4				0.0
	5				38.8
平均					30.8
ケース 4 (堤内外水位差 18.0m)	1	18.48	1,587	0.92	38.7
	2				41.8
	3				43.6
	4				44.6
平均					42.2

※ 1 波圧及び水位計測時における計測結果の平均値を示す

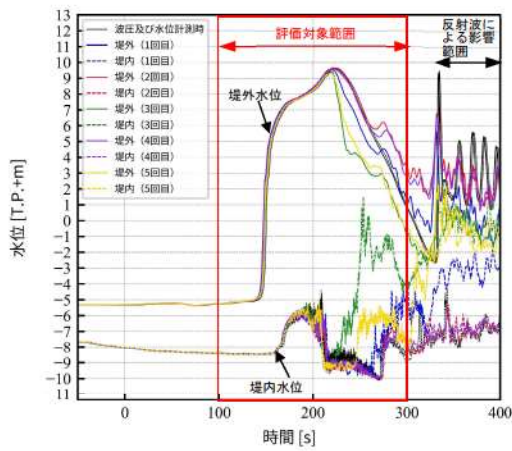
※ 2 現地換算



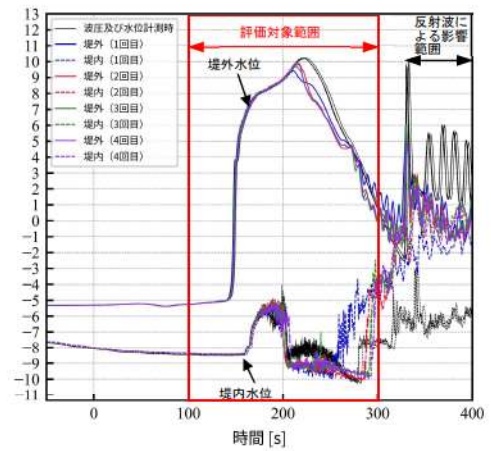
(ケース 1)



(ケース 2)



(ケース 3)



(ケース 4)

図 30 移動量計測時の時刻歴波形

(c) 実験結果 まとめ

水理模型実験により防波堤の移動量を計測した結果、防波堤の堤内水位 T.P. -8.0m に対する堤内外水位差が 17.0m 以内の実施ケース（ケース 1 及びケース 2）では防波堤の移動は確認されず、堤内外水位差 17.5m 以上の実施ケース（ケース 3 及びケース 4）で移動が確認された。

移動が生じたケース 3 及びケース 4 は、波圧及び水位計測時に計測した波力より求められる滑動安全率が 1.0 を下回っていることから、津波波力が滑動抵抗力を上回り、滑動が生じたと考えられる。

また、ケース 3 と比較し、水位差の大きいケース 4 の方が滑動した回数が多くなり、移動量もばらつきがあるものの概ね増加傾向であったことから、堤内外水位差が大きいほど移動量が増加することが確認できた。

d. 評価結果

堤内外水位差と移動量の関係を図31に示す。

防波堤のケーソン及び上部コンクリートについては水理模型実験により滑動、転倒の有無を評価するため、地震及び津波による海底地形変化による影響やサイト特性の観点も踏まえた科学的根拠に基づいた確認を行うために、水理模型実験による防波堤の取水口到達及び閉塞可能性評価を実施した。

水理模型実験は津波波力型の被災パターンを対象とし、津波波力型において支配的な要因となる防波堤堤内外水位差に着目し、水理模型実験により得られた取水口に到達し得ない防波堤堤内外水位差を確認した。

水理模型実験の結果、堤内外水位差が 17.0m 以内の実施ケース（ケース 1 及びケース 2）では防波堤の移動が確認されなかった。また、いずれのケースでも転倒は生じないことが確認できた。

上記結果に対して、基準津波における堤内外最大水位差は 9.77m（基準津波（波源 I，防波堤損傷なし））であり、移動が確認されなかったケース 2（堤内外水位差 17.0m）よりも大きく下回り、17.0m から約 1.7 倍の保守性を有している。

以上のことから、基準津波の堤内外最大水位差により防波堤に滑動及び転倒が生じる可能性は十分に低いと考えられる。したがって、防波堤が 3 号炉取水口に到達し、閉塞する可能性は十分に低いと考えられる。

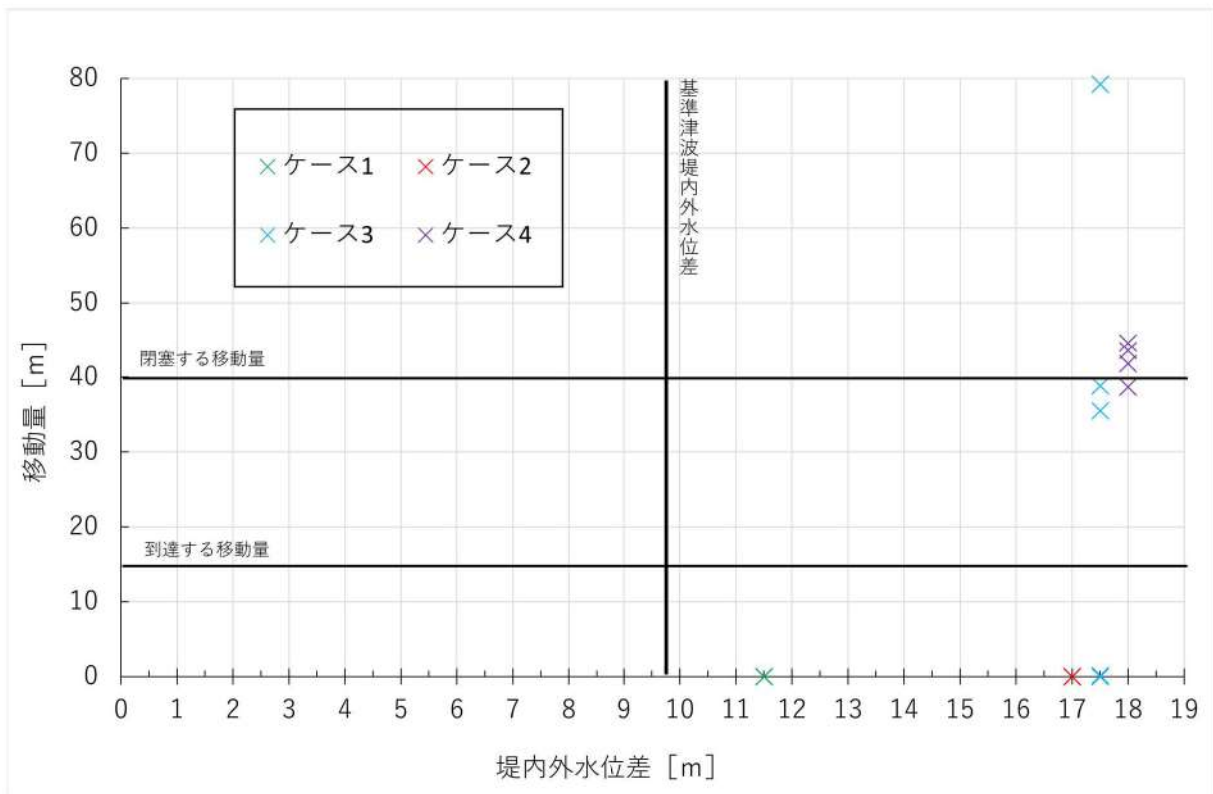


図31 堤内外水位差と移動量の関係

地震及び津波による地形変化が防波堤の移動量に及ぼす影響について

1. 地震に伴う基礎マウンド及び基礎地盤の不等沈下

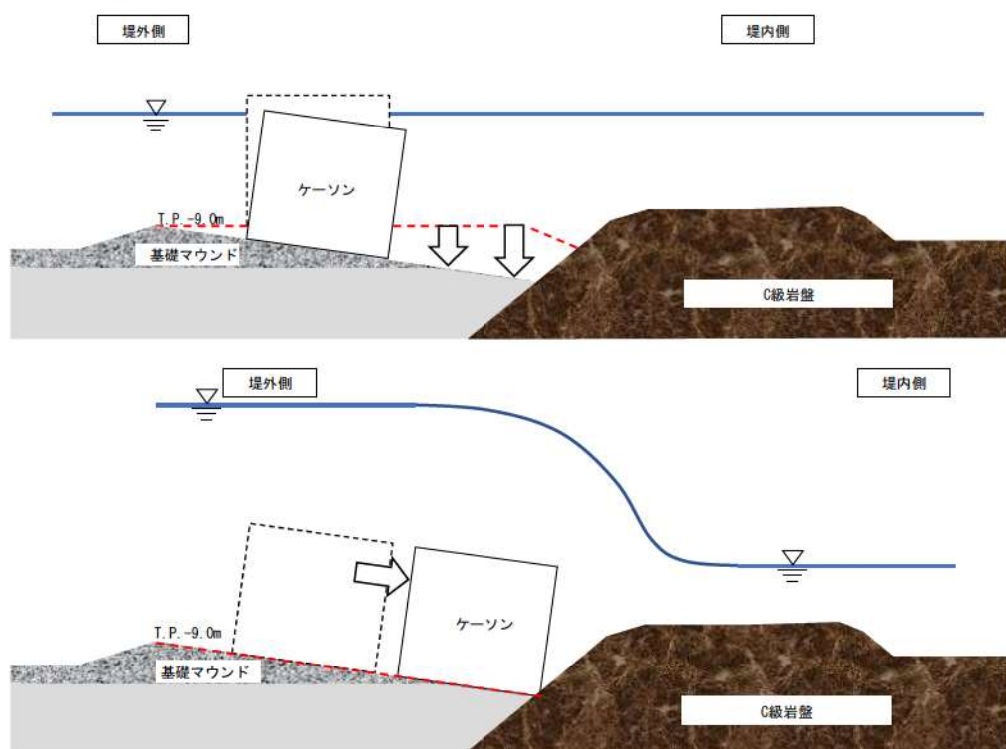
防波堤の基礎地盤は、砂層、砂礫層及び粘土層で構成されるため、地震による液状化に伴い、不等沈下する可能性がある。

基礎マウンド、若しくは、基礎地盤が不等沈下することで、防波堤は堤内側若しくは堤外側へ傾斜すると考えられる。

堤外側へ傾斜する場合は、取水口と逆方向へ滑動又は転倒しやすくなるため、取水口の到達可能性への影響はないと考えられる。

堤内側へ傾斜する場合は、取水口方向へ滑動又は転倒しやすくなると考えられる。

一方、3号炉取水口前面にはC級岩盤の高まりが分布していることから、不等沈下が生じることで、C級岩盤に対する防波堤の位置が低くなるため、基礎マウンド及び基礎地盤の不等沈下による防波堤の移動量は抑制されると考えられる。

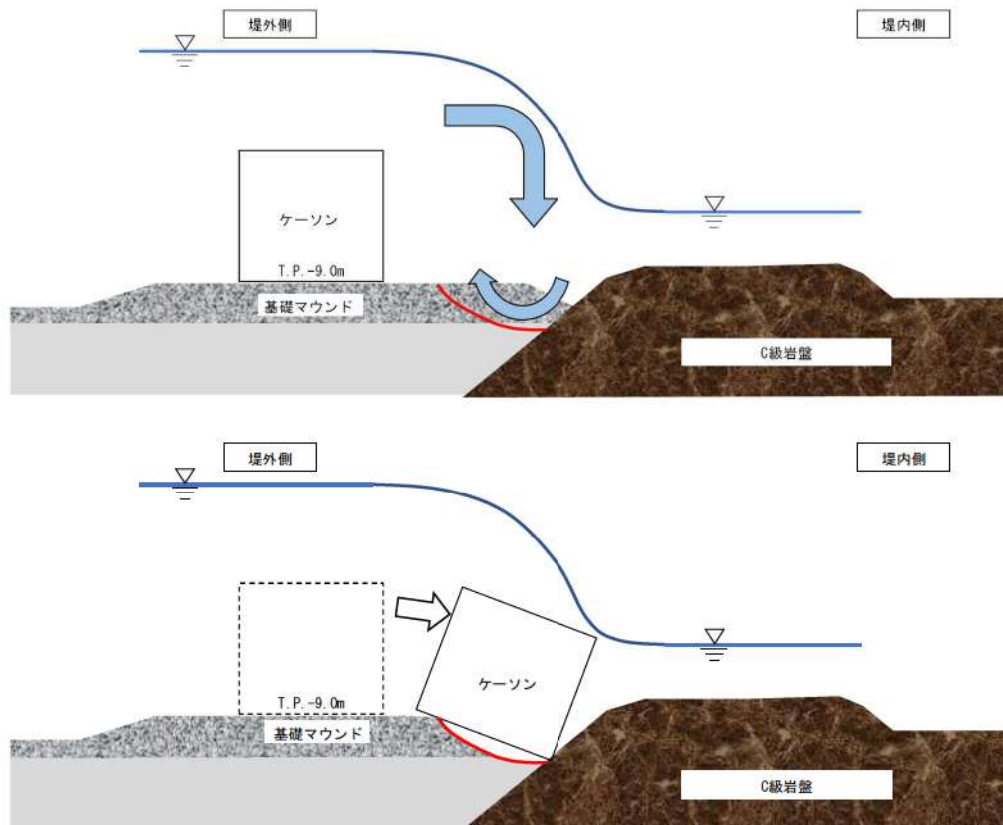


参考図 1 - 1 地震に伴う基礎マウンド及び基礎地盤の不等沈下

2. 津波の越流による基礎マウンド及び基礎地盤の洗掘

津波が防波堤を越流することにより、防波堤背面の基礎マウンド、若しくは、基礎地盤の洗掘が生じる可能性がある。

洗掘が生じることで、洗掘範囲に転倒しやすくなると考えられるが、3号炉取水口前面にはC級岩盤の高まりが分布していることから、洗掘範囲に転倒すると、C級岩盤に対する防波堤の位置が低くなるため、基礎マウンド及び基礎地盤の洗掘に伴う移動量は抑制されると考えられる。

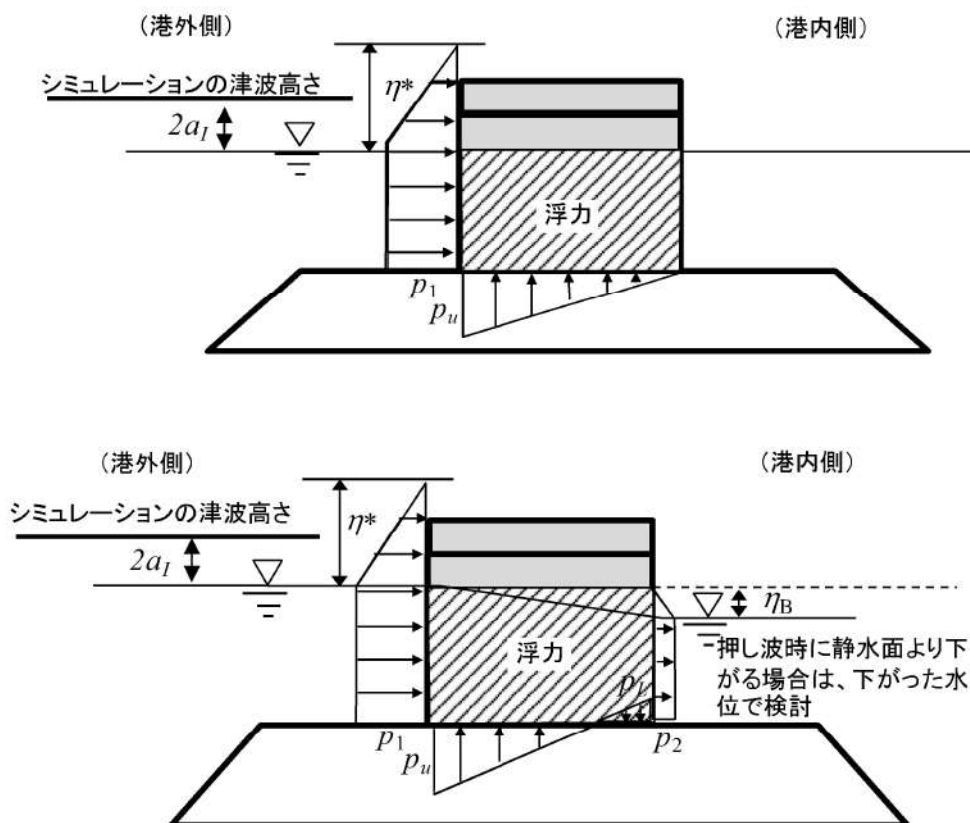


参考図 1 - 2 津波の越流による基礎マウンド及び基礎地盤の洗掘

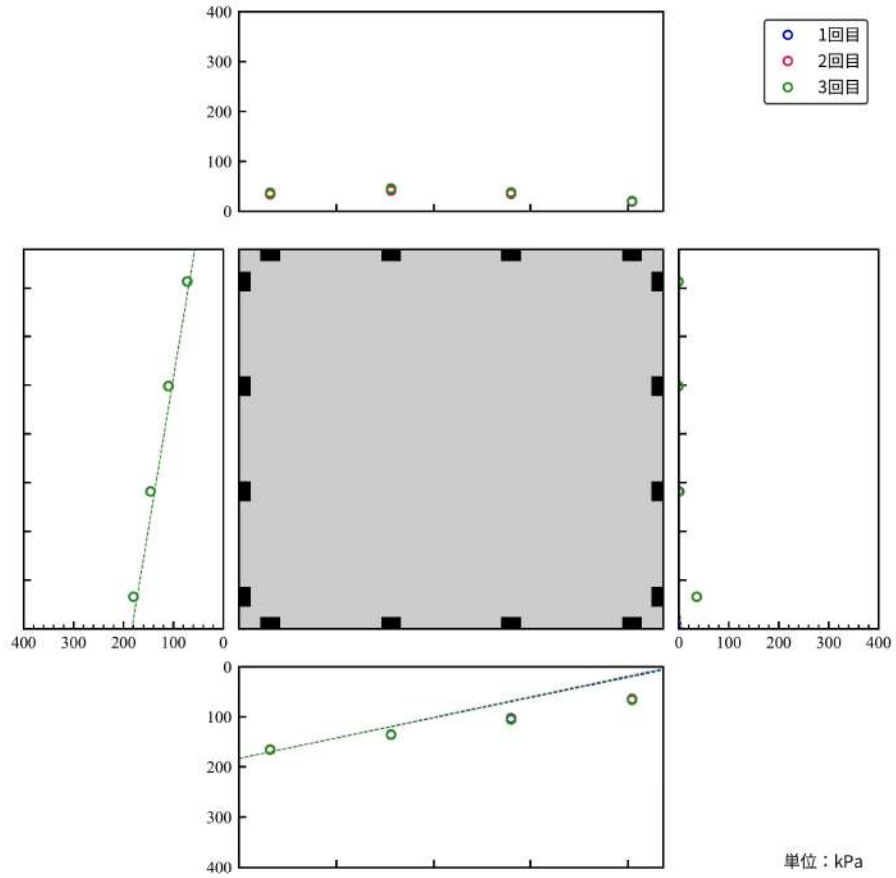
基礎マウンドを碎石で再現することの妥当性について

本実験では、基礎マウンドが洗掘しない条件となるようマウンド模型を金網（目の大きさ約6.5mm）で覆っている。マウンド模型の材料には金網からの流出が生じないよう5号碎石（13～20mm）を使用した。波圧計測の結果（参考図2-2）から、基礎マウンドに水が浸透し揚圧力が発生していることが確認されている。

計測されたケーソン底版に作用する揚圧力の分布は、ケーソンの堤外・堤内両側面下端の波圧を結ぶような分布となっている。これは、港湾の施設の技術上の基準・同解説や防波堤の耐津波設計ガイドラインなどで採用されている谷本式・修正谷本式（参考図2-1）など既存の評価式と整合しており、妥当な実験設定となっていることが確認できる。



参考図2-1 谷本式・修正谷本式による揚圧力
 (防波堤の耐津波設計ガイドライン P.24)



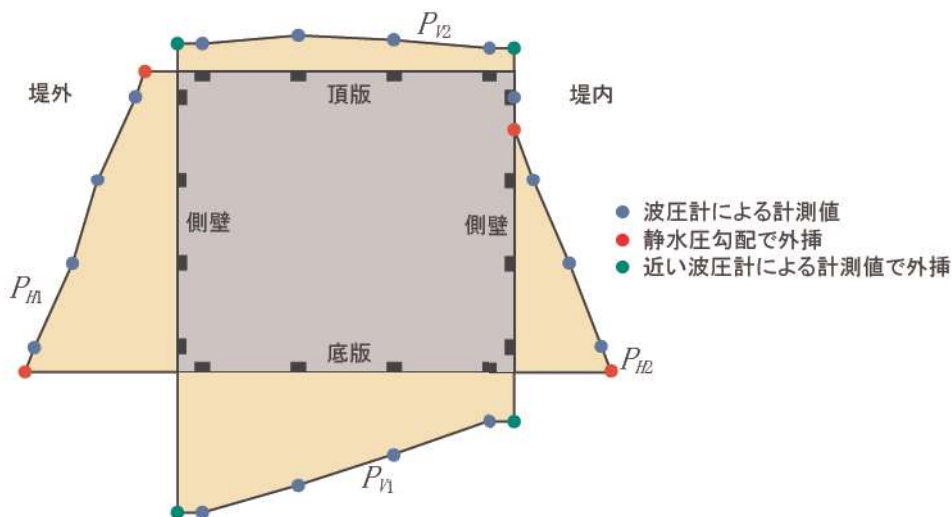
参考図 2 - 2 波圧測定結果 (ケース 2 (堤内外水位差 17.0m))

水理模型実験に基づく評価で使用した波力、滑動抵抗力及び滑動安全率の算出について

水理模型実験の滑動安全率の算出に用いた水平波力及び鉛直波力は、最大水平波力発生時刻の波圧の計測値を積分することにより算出した。ここで、波圧計と隣接する波圧計の間の波圧は、両波圧計による計測値を線形内挿した分布であると仮定した。また、各面の際端部の波圧計からケーソン端部までの波圧分布については、以下のように仮定している。波圧分布のイメージを参考図3-1に示す。

側壁：深さ方向に静水圧の勾配で圧力が変化すると外挿
 頂版・底版：際端部の波圧計の計測値で一定として外挿

水平波力を算出する際、防波堤にかかる波圧は水位が防波堤を越流する場合は防波堤天端まで、防波堤を越流しない場合は水面までの高さとしている。



参考図3-1 計測結果に基づく波圧分布假定イメージ

滑動安全率は、以下の式によって算出した。

$$F_s = f(W - P_v) / P_H^{*1}$$

$$P_v = P_{V1} - P_{V2}, \quad P_H = P_{H1} - P_{H2}^{*1}$$

F_s ：滑動安全率， f ：摩擦係数（=0.6）^{*2}， W ：ケーソンの単位幅当たりの重量，
 P_v ：鉛直波圧， P_H ：水平波圧， P_{V1} ：底版に作用する鉛直波圧， P_{V2} ：頂版に作用する鉛直波圧， P_{H1} ：堤外側側壁に作用する水平波圧， P_{H2} ：堤内側側壁に作用する水平波圧

※1 「防波堤のガイドライン」に基づいて算出

※2 「港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007）」を参考に、防波堤と基礎マウンド間の摩擦係数を0.6として算出

漂流物荷重による防波堤の滑動影響について

漂流物荷重が作用した場合に防波堤に及ぼす影響を確認するため、南防波堤における最大堤内外水位差が発生し、防波堤を越流する基準津波（波源 I（防波堤損傷なし））の水平波力に漂流物荷重を考慮した場合の影響を検討する。

漂流物荷重2,000kN^{*}をケーソン幅19.9mで考慮した漂流物荷重101kN/mを水平波力に加算する。

漂流物荷重を考慮したときの水平波力を表 1 に、漂流物荷重を考慮した水平波力イメージ図を参考図 4-1 に示す。

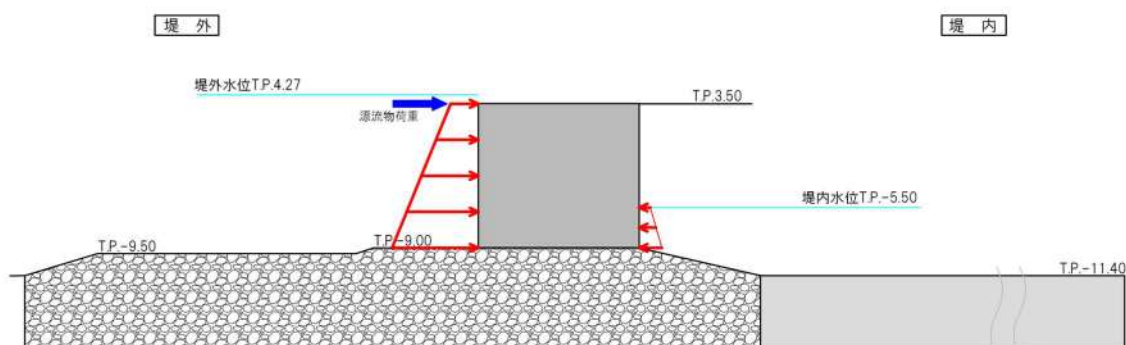
漂流物荷重を考慮すると、水平波力は976kN/mとなるが、移動が確認されなかったケース 2（堤内外水位差17.0m）の水平波力1,481kN/mを大きく下回ることを確認した。

以上のことから、防波堤に漂流物荷重が作用した場合でも津波により、防波堤は 3号炉取水口に到達及び閉塞する可能性は低いと考える。

※防潮堤の構造成立性評価に用いる荷重

表 1 漂流物荷重を考慮したときのケーソンの滑動安全率

衝突荷重 考慮	堤外水位 (T. P. m)	堤内水位 (T. P. m)	堤内外水位差 (m)	水平波力 (kN/m)
無	4.27	-5.50	9.77	875
有 101kN/m	4.27	-5.50	9.77	976



参考図 4-1 漂流物荷重を考慮した水平波力イメージ図

【参考文献】

- 1) 国土交通省港湾局：防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂），2015.
- 2) 国土交通省 東北地方整備局 港湾空港部：第 3 回 東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会，資料-3 pp. 2, 2011.
- 3) 下迫健一郎：東北地方太平洋沖地震津波による防波堤の被災，ながれ第 32 巻，pp. 27-32, 2013.
- 4) 港湾空港技術研究所：平成 23 年(2011 年) 東北地方太平洋沖地震による港湾施設等被害報告，港湾技術研究所資料，No. 1291, 2015.
- 5) 水産総合研究センター：東日本大震災による漁港施設の地震・津波被害に関する調査報告（第 1 報），pp. 4-16, 2012.
- 6) (社) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（下巻），pp. 561, 2007.

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潮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 39 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、潮位計）は、津波来襲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	潮位計	中央制御室	引き波時には原子炉補機冷却海水系の海水確保を目的として、潮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、3号炉原子炉建屋壁面、防潮堤上部の3号炉取水路付近、東側及び西側に設置し、津波の状況を確認する。
津波来襲状況	津波監視カメラ	中央制御室	津波来襲時には主に津波監視カメラの映像を確認し、来襲状況や敷地への流入状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。
	潮位計	中央制御室	潮位計にて、上昇側水位を確認する。（入力津波高さを上回る <u>13.8m</u> まで計測可能な設計としている。）
津波来襲後の構内状況	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、津波来襲後の構内の状況を監視する。

追而
破線囲部分については、入力津波確定後に精緻化する。

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。

複数箇所と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、カメラを中央制御室外で操作する場合は連絡を入れる等、運用により対処する。

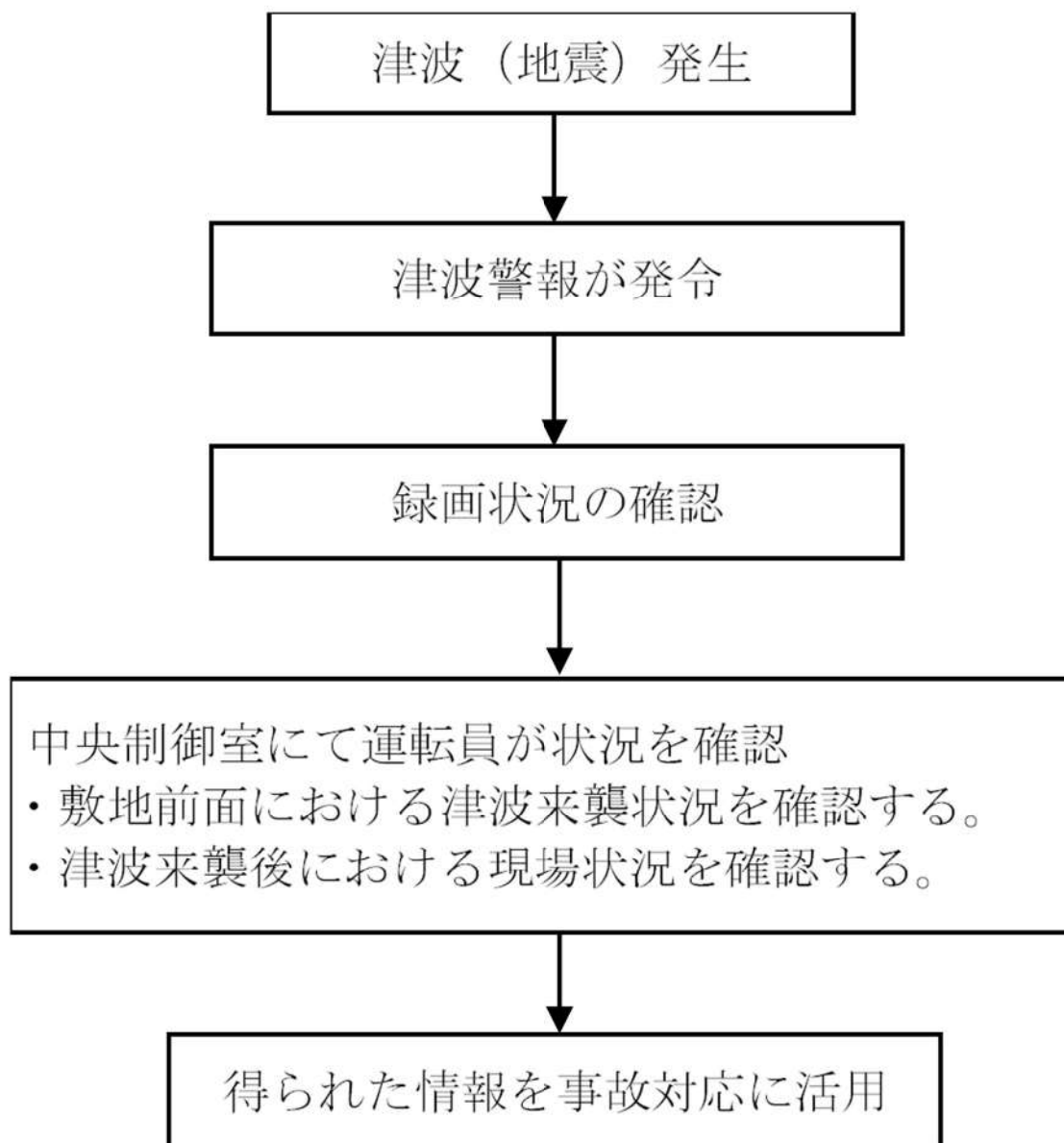


図1 津波監視カメラ運用フロー

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

泊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）を考慮した上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 ^{※1} 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 ^{※1} 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 ^{※2} 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 ^{※2} 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 ^{※2} 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。 ^{※3}	・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 $Sd1$ による地震力を考慮する（添付資料 24 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 16, 23 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、朝倉式、静水圧差による算定式若しくは管路解析結果に基づき算定する。

(3) 漂流物衝突の影響

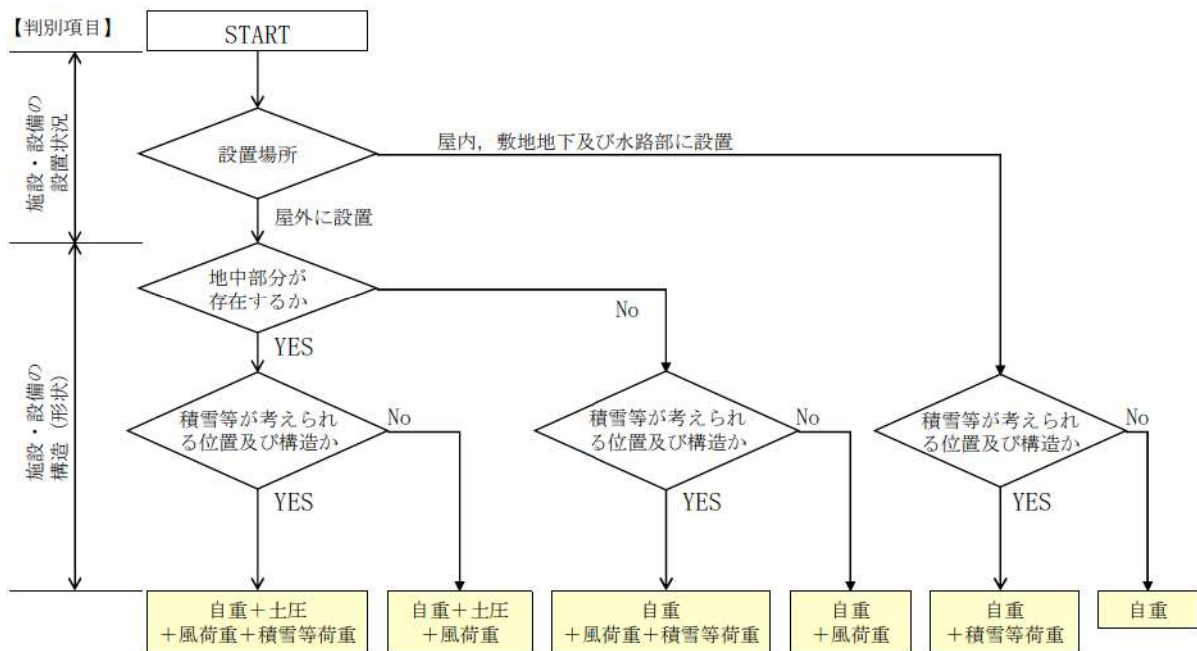
漂流物の衝突が想定される施設・設備については、「漂流物衝突荷重」を考慮する。

(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、日本海東縁部に想定される地震による「余震荷重」を考慮する（添付資料 24 参照）。

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。

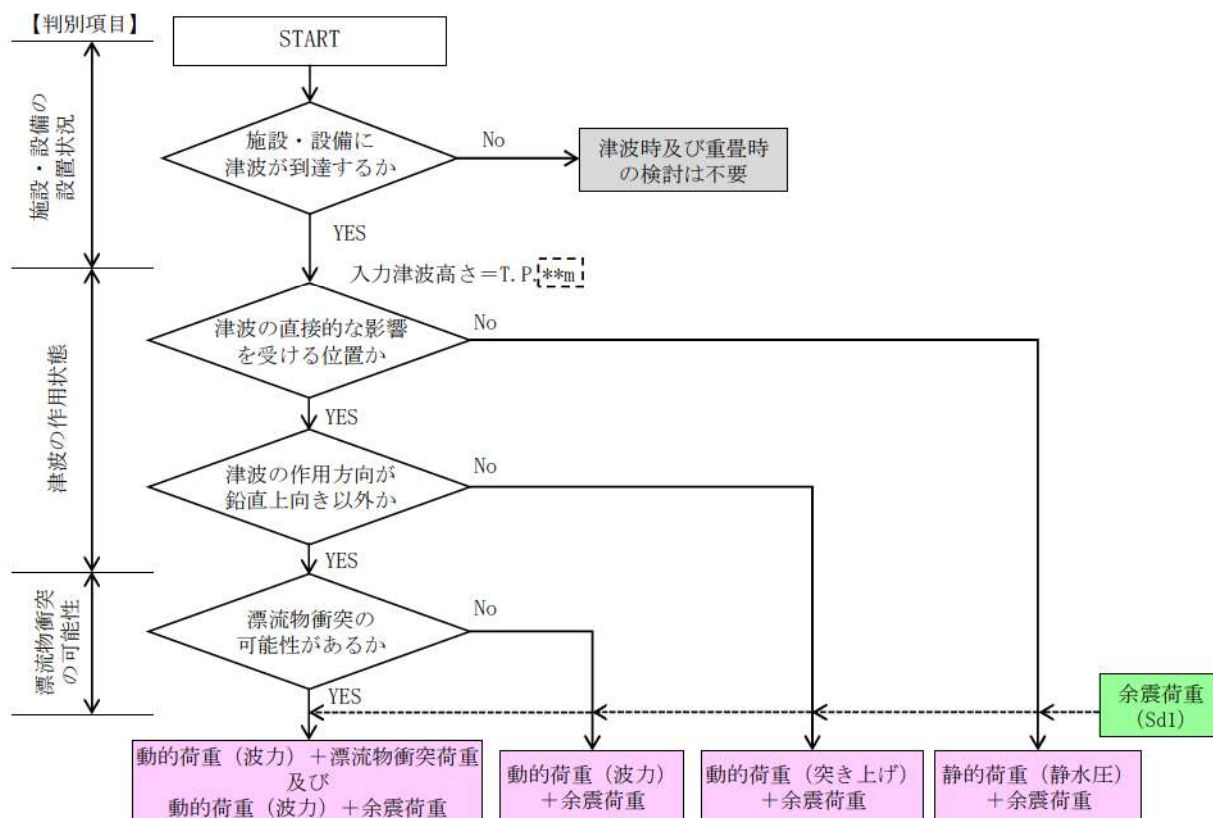
なお、地震時の検討は、全ての施設・設備において、以下で分類した常時荷重（その他自然現象による荷重含む）に地震荷重（ S_s ）を組み合わせて行う。



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る。

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) 防潮堤

防潮堤の設計において考慮する荷重は、防潮堤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。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。

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。
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) 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設計において考慮する荷重は、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁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」を考慮するが、取水ピットスクリーン室防水壁（鋼製）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。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 (Ss)
- ・ 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

(3) 1号及び2号炉取水路流路縮小工

1号及び2号炉取水路流路縮小工の設計において考慮する荷重は、1号及び2号炉取水路流路縮小工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、水路部 (1号及び2号炉取水路内) に設置することから、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。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 (Ss)
- ・ 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) 3号炉放水ピット流路縮小工

3号炉放水ピット流路縮小工の設計において考慮する荷重は、3号炉放水ピット流路縮小工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、敷地地下の放水ピット内に設置することから、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あることから「積雪荷重等」は考慮する。

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。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 (Ss)
- ・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

(5) 1号及び2号炉放水路逆流防止設備

1号及び2号炉放水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は、1号及び2号炉放水路逆流防止設備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、水路部 (1号及び2号炉放水路内) に設置することから、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。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 (Ss)
- ・常時荷重＋動的荷重 (波力)
- ・常時荷重＋動的荷重 (波力) ＋余震荷重

(6) 貯留堰

貯留堰の設計において考慮する荷重は、貯留堰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、海中に設置することから、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。

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。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 (Ss)
- ・ 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

(7) 屋外排水路逆流防止設備

屋外排水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は、屋外排水路逆流防止設備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、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。

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 (Ss)
- ・ 常時荷重＋動的荷重 (波力)
- ・ 常時荷重＋動的荷重 (波力) ＋余震荷重

(8) 3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備

3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は、3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備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」を考慮するが、3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備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. 漂流物衝突の有無

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 (Ss)
- ・ 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) 水密扉

a. 水密扉 (3号炉取水ピットスクリーン室防水壁)

水密扉の設計において考慮する荷重は、水密扉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」を考慮するが、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。

追而【水密扉の積雪荷重等の考慮】

破線囲部分については、水密扉の構造確定後に適正化する。

(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。

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 (Ss)
- ・ 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

b. 水密扉 (3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋と電気建屋の境界, 3号炉原子炉建屋と3号炉出入管理建屋の境界)

水密扉の設計において考慮する荷重は、水密扉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。

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) 浸水防止蓋

浸水防止蓋の設計において考慮する荷重は、浸水防止蓋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. 漂流物衝突の有無

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 ）
- ・ 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

(11) ドレンライン逆止弁

a. ドレンライン逆止弁（原子炉補機冷却海水ポンプエリア及び循環水ポンプエリア）

ドレンライン逆止弁の設計において考慮する荷重は、ドレンライン逆止弁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。

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 (Ss)
- ・ 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. ドレンライン逆止弁 (3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋の境界)

ドレンライン逆止弁の設計において考慮する荷重は、ドレンライン逆止弁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。

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 (Ss)
- ・ 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

(12) 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。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（Ss）
- ・ 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

(13) 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（Ss）

(14) 潮位計

潮位計の設計において考慮する荷重は、潮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、海中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

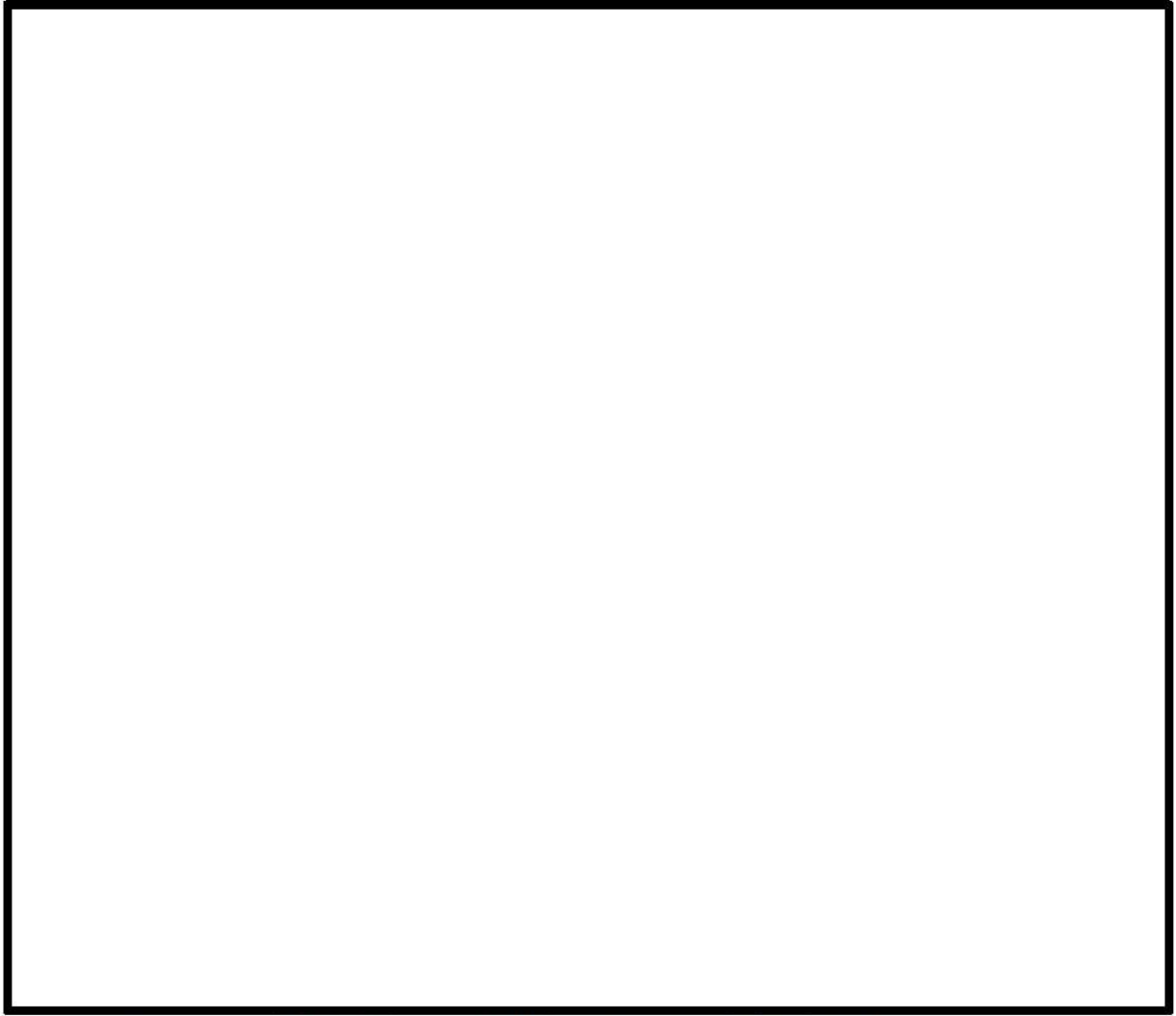
津波の直接的な影響を受ける場所に設置する設備であるため、津波荷重として、「動的荷重（波力）」を考慮する。

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。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3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3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

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

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		その他の自然現象による荷重※1		地震荷重 (Ss)	余震荷重	津波荷重			漂流物衝突荷重	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			
防潮堤		屋外	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)) +漂流物衝突荷重	○	○	○	○					○		○	
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) +余震荷重	○	○	○	○					○			
3号炉取水ピット スクリーン室 防水壁		屋外	常時荷重+地震荷重	○		○	○	○							
			常時荷重+津波荷重 (静水圧)	○		○	○						○		
			常時荷重+津波荷重 (静水圧) +余震荷重	○		○	○						○		
			常時荷重+地震荷重	○		○	○			○					
1号及び2号炉 取水路 流路縮小工		屋外 (水路部)	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	○		○	○					○			
			常時荷重+地震荷重	○		○	○			○					
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (突き上げ))	○		○	○						○		
3号炉放水ピット 流路縮小工		屋外	常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (突き上げ)) +余震荷重	○		○	○								
			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	○		○	○						○		
1号及び2号炉 放水路 逆流防止設備		屋外 (水路部)	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	○		○	○						○		
			常時荷重+地震荷重	○		○	○			○					
貯留堰		屋外 (海中)	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)) +漂流物衝突荷重	○		○	○							○	
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) +余震荷重	○		○	○								
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○		○	○						○		

※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合せを考慮する。

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		その他の自然現象による荷重 ^{※1}		地震荷重 (Ss)	余震荷重	津波荷重			漂流物衝突荷重	備考	
				自重	土圧	風荷重	積雪等荷重			動的荷重 (波力)	動的荷重 (突き上げ)	静水圧			
浸水防止設備（外郭防護）	屋外排水路 逆流防止設備	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	○						○	○				
	3号炉原子炉補機 冷却海水放水路 逆流防止設備	屋外	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	○		○				○	○				
	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	○		○				○			○	○	
	浸水防止蓋	屋内	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	○							○		○	○	
	ドレンライン 逆止弁	屋内	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	屋内	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合せを考慮する。

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		その他の自然現象による荷重※1		地震荷重 (Ss)	余震荷重	津波荷重			漂流物衝突荷重	備考		
				自重	土庄	風荷重	積雪等荷重			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）	ドレンライン 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＋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	○									○			
	水密扉	屋外	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＋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	○									○			
貫通止水処置	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＋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合せを考慮する。

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	常時		その他の自然現象による荷重 ^{※1}		地震荷重 (Ss)	余震荷重	津波荷重			漂流物衝突荷重	備考	
				自重	土庄	風荷重	積雪等荷重			動的荷重 (波力)	動的荷重 (突き上げ)	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	○		○	○								
			常時荷重+地震荷重	○				○							
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○								○			
	潮位計	屋外 (海中)	常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) + 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合せを考慮する。

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

泊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、泊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 e. 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

耐津波設計に係る設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：

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

ここで，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）の場合）

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

$$\text{ここで， } W = W_0 + W' = W_0 + (\pi/4) \times (D^2 L \gamma_w)$$

W：仮想重量（kN）

W₀：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）

γ_w：海水の単位体積重量（kN/m³）

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）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）。

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 ⁴⁾	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 ⁴⁾	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 ⁴⁾	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 ⁴⁾	5.0m/s超	1.7 m/s	1.7 m/s

また，船舶による衝突荷重の算出においては，（財）沿岸技術研究センター及び国土交通省国土技術政策総合研究所による研究においても，道路橋示方書に示される算定式が採用されており，船舶による漂流荷重に対する適用性が示されている。

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。

泊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。

上記に、(e) : FEMA (2012) の最新知見であるFEMA (2019) と、FEMA (2019) において引用しているASCE (2016) を加え、評価式 (a) ～ (g) の概要を表 2 に示す。

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（1／3）

既往の評価式	内 容
<p>(a) 松富の評価式</p> <p>[1] 松富英夫：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，No. 621，pp. 111-127，1999. 5</p>	<p>松富[1]は，津波による流木の衝突力を次式のとおり提案している。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。</p> $\frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{v_{A0}}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \left(\frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4}$ <p>ここで，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 σ_f：流木の降伏応力 γ：流木の単位体積重量 g：重力加速度</p> <p>被衝突体を縦スリット型の受圧壁とし，津波の遡上を許容しつつ流木の浸入を防ぐことを想定している。</p>
<p>(b) 池野らの評価式</p> <p>[2] 池野正明・田中寛好：陸上遡上津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. 721-725，2003</p>	<p>池野ら[2]は，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。</p> $\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5}$ <p>ここで，F_H：漂流物の衝突力 S：係数（5.0） C_{MA}：付加質量係数（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：段波波速 D：漂流物の代表高さ L：漂流物の代表長さ M：漂流物の質量 g：重力加速度</p> <p>各種形状の漂流物（横向きと縦向き配置の円柱と角柱及び球）の衝突について，付加質量係数を変化させて検証しているが，船舶の形状までは検証されていない。</p>
<p>(c) 水谷らの評価式</p> <p>[3] 水谷法美ら：エプロン上のコンテナに作用する津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. 741-745，2005</p>	<p>水谷ら[3]は，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。</p> $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \frac{WV_x}{gdt}$ <p>ここで，F_m：漂流衝突力 dt：衝突時間 m：最大遡上水位 w：水の密度 B_c：コンテナ幅 V_x：コンテナの漂流速度 W：コンテナ重量 g：重力加速度</p> <p>陸上に設置されたコンテナにより堰き止められる水塊の重量（付加質量）に基づき衝突力を評価している。</p>

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（2／3）

既往の評価式	内 容
<p>(d) 有川らの評価式</p> <p>[4] 有川太郎ら：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. 846-850，2007</p> <p>[5] 有川太郎ら：津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験，土木学会論文集B2，Vol. 66，No. 1，pp. 781-785，2010</p>	<p>有川ら[4]は，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次式のとおり提案している。</p> $F = \gamma_p \chi^{2/5} \left(\frac{5}{4} \tilde{m} \right)^{3/5} v^{6/5}$ $\chi = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2}, \quad k = \frac{1 - \nu^2}{\pi E}, \quad \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ <p>ここで，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（コンクリート版） ν：ポアソン比 m：質量 v：衝突速度 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。 また，有川ら[5]は，松富[1]にならい，上式において $m = C_{MA} m$（C_{MA}：サージタイプの1.7）とすることで，流木のコンクリート版に対する衝突力を評価できるとしている。</p> <p>塑性によるエネルギー減衰効果を考慮した考え方である。</p>
<p>(e) FEMA2nd (2012) の評価式</p> <p>[6] FEMA：Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646.</p>	<p>FEMA P646[6]では，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。</p> $F_i = 1.3 u_{max} \sqrt{k m_d (1 + c)}$ <p>ここで，F_i：衝突力 c：付加質量係数 u_{max}：漂流物を運ぶ流体の最大流速 m_d：漂流物の質量 k：漂流物の有効軸剛性</p> <p>流木とコンテナに対して提案されたものである。</p>

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（3／3）

既往の評価式	内 容
<p>(f) FEMA3nd (2019) の評価式</p> <p>[7] FEMA : FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY</p>	<p>FEMA 2nd (2012) からの変更点は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波に関する報告や教訓の追加。 ・ FEMA 2nd (2012) の過剰な保守性を排除するために漂流物衝突式を改訂。 ・ 参考文献を最新バージョンに更新。 <p>漂流物（例：浮遊流木、木材、輸送用コンテナ、自動車、ボート等）による衝撃力は、建物に重大な損傷を与える可能性があり、丸太、自動車、輸送用コンテナ等による衝撃に対する設計荷重について、ASCE (2016) に示されているとしている。</p> <p>なお、FEMA 2nd (2012) で示されていた衝突荷重算定式の記載は削除されている。</p> <p>車両、流木、コンテナに対して提案されたものである。</p>
<p>(g) ASCE (2016) の評価式</p> <p>[8] ASCE : American Society of Civil Engineers</p>	<p>ASCE[8]では、海底を滑動する際の衝突荷重が一例として示している。</p> $F_{ni} = u_{max} \sqrt{k m_d}$ $F_i = I_{tsu} C_0 F_{ni}$ <p>ここで、F_{ni}：最大瞬間漂流物衝突力 k：有効剛性 m_d：漂流物の質量 u_{max}：敷地内における漂流物が十分に浮き上がる水深での最大流速 I_{tsu}：重要度係数 C_0：回転係数</p> <p>車両、流木、コンテナに対して提案されたものである。</p>

5. 入力津波の特性（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、泊発電所の津波防護施設に対して、最大流速波源（波源K，防波堤損傷なし）における流況（流向・流速）を確認した。

ここで、発電所周辺における、最大流速発生時の流況確認結果を表3に示す。

表3 最大流速発生時の流況

対象箇所	基準津波	流向	最大流速	発生時刻
北防波堤 先端部	波源K 防波堤損傷なし	南	17.63m/s	34分54.80秒

表3に示す発電所周辺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に示す。

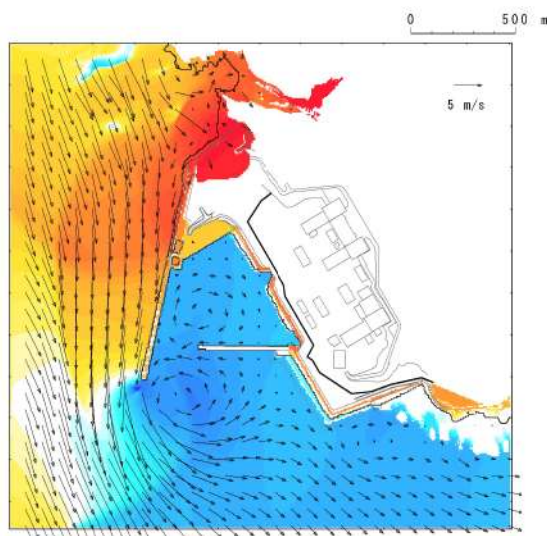


図1-1 水位分布と流向・流速ベクトル（34分24.80秒：最大流速発生時刻-30秒）波源K（防波堤損傷なし）

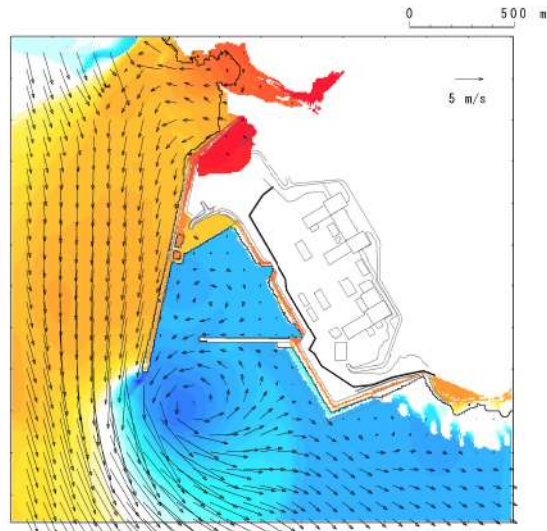


図 1-2 水位分布と流向・流速ベクトル (34 分 54.80 秒 : 最大流速発生時刻)
波源 K (防波堤損傷なし)

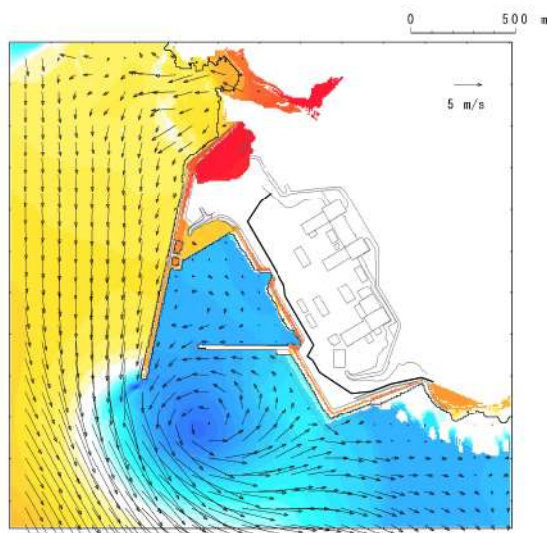


図 1-3 水位分布と流向・流速ベクトル (35 分 24.80 秒 : 最大流速発生時刻+30
秒) 波源 K (防波堤損傷なし)

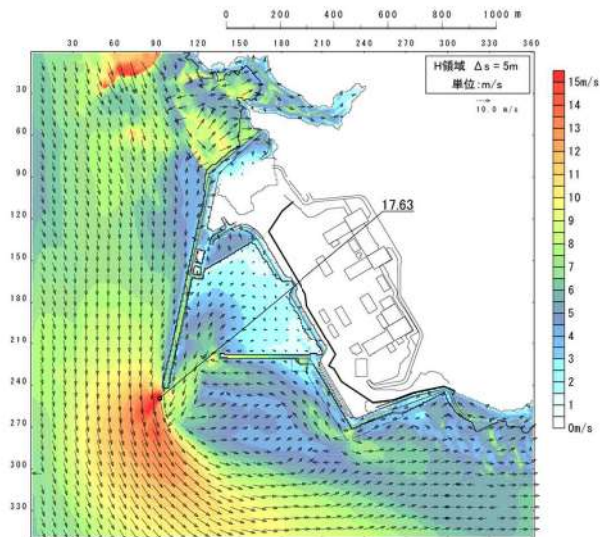


図 1-4 最大流速分布 (波源K (防波堤損傷なし))

6. 対象漂流物の配置位置及び種類等

基準津波の波源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作業エリアを表-4、表-5及び図-2に示す。

発電所沿岸で作業する漁船は80隻である。

また、施設護岸から500m以遠で作業及び航行する漁船については、発電所に対する連続的な流れがないこと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 e. 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	対象漂流物
防潮堤 貯留堰	敷地内車両 (巡視点検車両等 ^{※1})
	作業船 (総トン数 4.9 トン)
	発電所周辺 500m 以内漁船 ^{※2} (総トン数 4.9 トン)

※1: 巡視点検車両等で漂流する可能性があるものについては、衝突荷重が船舶の作業船 (総トン数 4.9 トン) の荷重未満となるよう防潮堤区画外での作業を制限する。

※2: 漁船については、基準津波の流向・流速による軌跡解析から津波防護施設へ到達する可能性は十分に小さいが、衝突する場合の影響を考慮した。

表5 発電所沿岸で操業する漁船

名称	発電所海岸からの距離	漁場	目的	漁港・港船揚場	総トン数(質量)	漁場での操業船数(隻)
漁船	500m以内	④	さけ(定置網) 浅海 定置網	泊漁港	最大4.9t (約15t)	2
				岩内港	最大4.9t (約15t)	2
				堀株港	最大0.2t (約0.6t)	1
	500m以遠	①	浅海 定置網	泊漁港	最大9.7t (約29t)	11
				芋沼船揚場	最大0.54t (約1.6t)	2
				白別船揚場	最大1.01t (約3t)	4
				長尾船揚場	最大0.47t (約1.4t)	1
				照岸船揚場	最大0.57t (約1.7t)	3
				泊漁港	最大14.68t (約45t)	2
		②	ホタテ養殖	泊漁港	最大14.68t (約45t)	2
		③	ホタテ養殖		最大14.68t (約45t)	2
		⑤	刺網 定置網	泊漁港	最大9.88t (約30t)	6
		⑥	ホタテ養殖		最大4.9t (約15t)	1
	⑦	さけ(定置網)	岩内港	最大4.9t (約15t)	12	
	⑧	刺網		最大16.0t (約48t)	4	
	⑨	底引き網	泊漁港	最大4.9t (約15t)	10	
⑩	刺網 いか釣り	最大19t (約57t)		5		
⑪	いか釣り	泊漁港	最大18t (約54t)	2		
		岩内港	最大19.81t (約60t)	5		

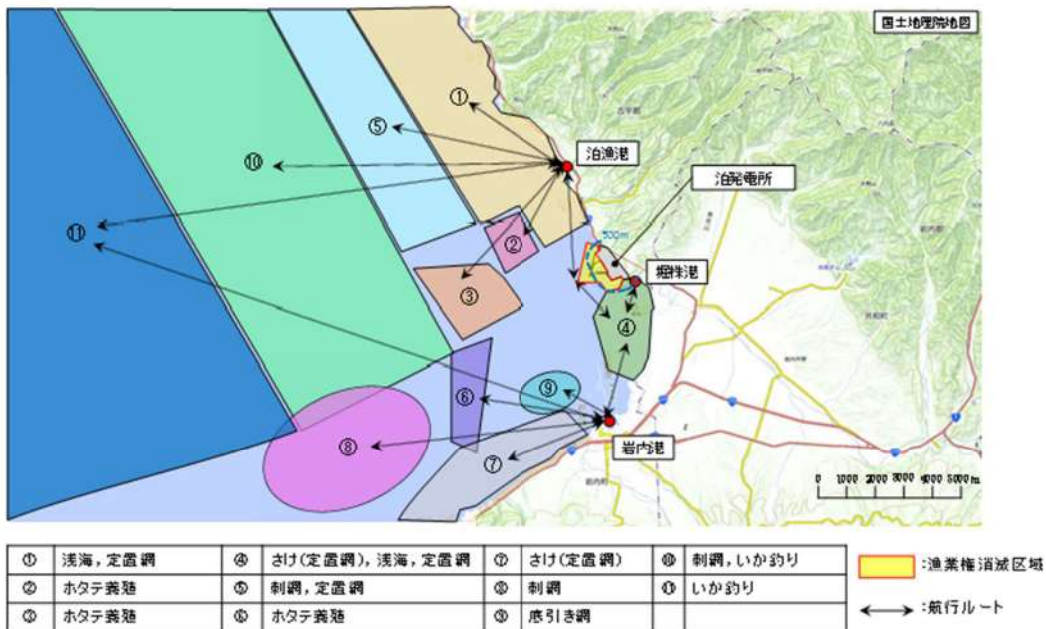


図2 発電所沿岸で操業する漁船の操業エリア

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に算定式のとまとめ一覧を示す。

表6 漂流物荷重算定式のとまとめ

出典	種類	概要	算定式の根拠（実験条件）
① 松置ほか (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90cm(現地換算60m)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2.6~6m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20ftと40ft、コンテナ重量0.2N~1.3N程度海上流速: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。	「接岸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 FEMA3 rd (2019)	車両・流木・コンテナ	漂流物の衝突力についてはASCE(2016)に定められている。	—
⑨ ASCE (2016)	車両・流木・コンテナ	車両や流木等の漂流物に対して、津波のリスク分析に用いた重要度係数を用いた衝突力を提案している。	浮遊する車両の衝突に対して、地面から3ft(0.914m)から最大水深までの高さ位置する船舶構造要素への衝突荷重を計算している。

8. 設置変更許可段階における漂流物衝突荷重の設定方針

設置変更許可段階では、「構造物の衝撃挙動と設計法（（社）土木学会，1994）」（以下「土木学会(1994)という。」）の文献等を用いて、船首方向の軸剛性を設定し、「FEMA(2012)」等により衝突荷重を算定する。

防潮堤の構造成立性評価に用いる衝突荷重は、現時点の漂流物評価結果^{※1}を踏まえ、以下を対象として算定し^{※2}、保守性を見込んで設計用衝突荷重として設定する（別紙1参照）。

- ・直近海域（発電所から500m以内で操業・航行）：総トン数5tの小型船舶^{※1}
- ・前面海域（発電所から500m以遠で操業・航行）：総トン数20tの船舶^{※1}

※1：漂流物調査結果では、総トン数4.9tの小型船舶・総トン数19.81tの船舶が確認されているが、衝突荷重の設定では、それぞれ総トン数5tの小型船舶・総トン数20tの船舶として、設定する。

※2：船舶構造について、文献値を用いて衝突荷重を設定するが、設計及び工事計画認可段階では、漂流物評価結果により抽出した対象船舶の諸元を基に衝突荷重を設定する。

なお、漂流物の衝突荷重は、設計及び工事計画認可段階において改めて設定する。

9. 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（標高）、荷重組合せ、衝突形態（漂流物の向き）及び作用面積」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、「直近海域」内において総トン数4.9tを超える漁船が操業又は航行する可能性はないことから、設計条件のとおりとする（添付資料35参照）。
衝突速度	・安全側に敷地における最大津波流速を用いる。
衝突位置 （標高）	・漂流物の衝突荷重が作用する位置は、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。
荷重組合せ	・最大津波高さとは最大津波流速は同地点・同時刻に発生しないものの、安全側に漂流物の衝突荷重（最大津波流速）と津波荷重（最大津波高さ）が同時に作用する組合せを考慮する。
衝突形態 （漂流物の向き）	・非線形構造解析において、衝突形態（漂流物の向き）の影響を検討したうえで、安全側になる条件を考慮する。
作用面積	・非線形構造解析において、作用面積の影響を検討したうえで、安全側になる条件を考慮する。

- ・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。