

4.1.5 潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）の代替手段等の健全性について

(1) 代替手段等の選定について

衛星電話（津波防護用）が機能喪失し、所要台数未滿となった場合においても、1号及び2号機中央制御室と3号及び4号機中央制御室間で連携するための代替手段及び代替手段以外の通信手段を確保する。

中央制御室内において、1号及び2号機中央制御室と3号及び4号機中央制御室間の連携に用いることができる通信連絡設備には、保安電話（携帯）、保安電話（固定）、運転指令設備、衛星電話（固定）、携行型通話装置及び加入電話がある。

これらの設備の設計基準事故対処設備、重大事故等対処設備の区分は以下のとおり設定しており、一定の信頼性を確保している。

①衛星電話（津波防護用）の代替手段の健全性

- a. 保安電話（携帯） : 設計基準事故対処設備
- b. 保安電話（固定） : 設計基準事故対処設備
- c. 運転指令設備 : 設計基準事故対処設備
- d. 衛星電話（固定） : 設計基準事故対処設備、重大事故等対処設備

②衛星電話（津波防護用）の代替手段以外の通信手段の健全性

- a. 携行型通話装置 : 設計基準事故対処設備、重大事故等対処設備
- b. 加入電話 : 設計基準事故対処設備

なお、衛星電話（津波防護用）の代替手段である保安電話（携帯）、保安電話（固定）及び運転指令設備については、基準地震動に対する耐性は有していないが、津波警報等が発表されない可能性のある津波が地震起因でないこと等を踏まえると、代替手段として有効と考える。また、衛星電話（津波防護用）と同種の通信機器である衛星電話（固定）も有効である。以下に代替手段及び代替手段以外の通信手段の耐震重要度分類、波及的影響の有無等の整理表を示す。

<代替手段>

設備名	設備区分	耐震重要度分類 設備分類	可搬S Aに対する 耐震評価	波及的影響 の有無
保安電話(携帯)	設計基準事故 対処設備	Cクラス —	—	対象外
保安電話(固定)	設計基準事故 対処設備	Cクラス —	—	対象外
運転指令設備	設計基準事故 対処設備	Cクラス —	—	対象外
衛星電話(固定)	設計基準事故 対処設備 重大事故等対 処設備	Cクラス※ ¹ 常設重大事故防 止設備 常設重大事故緩 和設備	—	影響無し

※1：基準地震動Ssによる地震力に対して重大事故時に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことを確認している。具体的には、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号及び平成27年8月4日付け原規規発第1508041号にて認可された工事計画の資料13-17-4-34「衛星電話(固定)の耐震計算書」による。

<代替手段以外の通信設備>

設備名	設備区分	耐震重要度分類 設備分類	可搬S Aに対する 耐震評価	波及的影響 の有無
携行型通話装置	設計基準事故 対処設備 重大事故等対 処設備	可搬型重大事故 等対処設備	既認可にて評価済 み※ ²	影響無し
加入電話	設計基準事故 対処設備	Cクラス	—	対象外

※2：携行型通話装置の耐震性については、既工認にて耐震性を有することを確認している。具体的には、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号にて認可された工事計画の資料13別添4-6「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書」及び平成27年8月4日付け原規規発第1508041号にて認可された工事計画の資料13別添3-6「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書」による。

(2) 衛星電話（津波防護用）の代替手段の同時損傷の可能性について

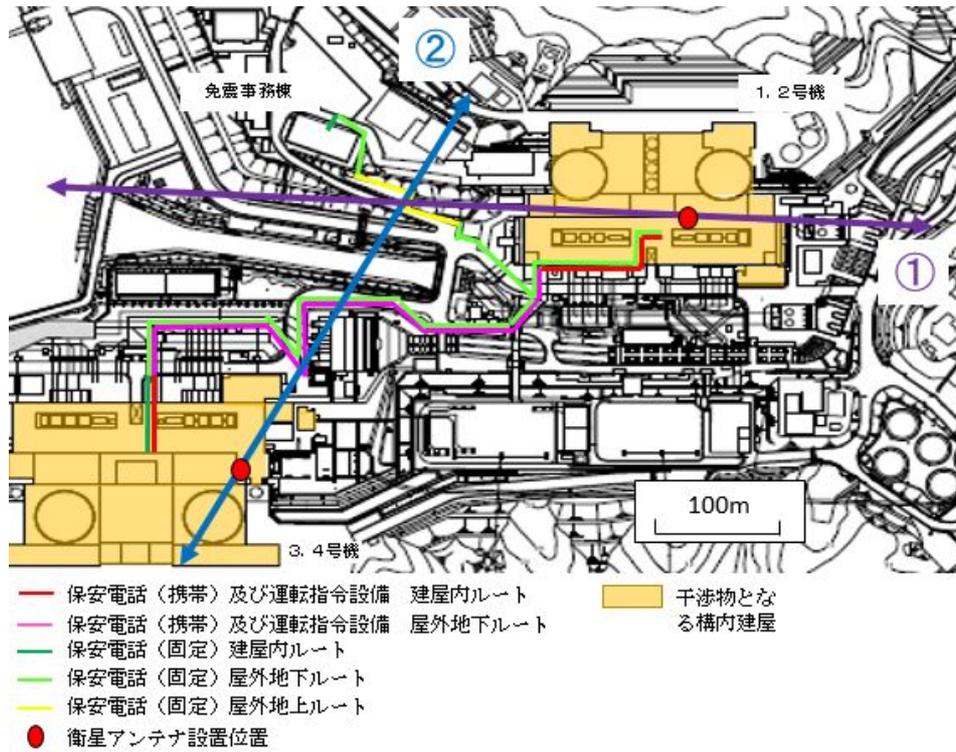
衛星電話（津波防護用）の衛星アンテナと、その補助設備である保安電話（携帯）、保安電話（固定）および運転指令設備の竜巻による同時損傷の可能性について以下に示す。

1号及び2号機の衛星電話（津波防護用）の衛星アンテナの設置位置、3号及び4号機の衛星電話（津波防護用）の衛星アンテナの設置位置、補助設備である保安電話（携帯）、保安電話（固定）及び運転指令設備の通信路の配置を第4-1-9図に示す。

保安電話（固定）の通信路は、一部が地上に設置されているが、屋外地上通信路と1号及び2号機の衛星アンテナを結ぶ線を①、屋外地上通信路と3号及び4号機の衛星アンテナを結ぶ線を②とし、竜巻の進路として考察した場合、進路に設置される設備を抽出し、その影響を確認する。

竜巻の進路が①の場合、進路に設置される設備は1号及び2号機の衛星アンテナ、保安電話（固定）の屋外地上通信路である。屋外地上通信路と1号及び2号機の衛星アンテナの間には衛星アンテナよりも高い構造物である原子炉補助建屋が設置されており、竜巻が進行してきても物理的な障害となることから、衛星電話（津波防護用）と保安電話（固定）が同時に損傷する可能性は低い。なお、竜巻が①の線上を直進することにより、衛星アンテナ及び屋外地上通信部が損傷し、衛星電話（津波防護用）と保安電話（固定）が同時に機能喪失した場合においても、①の進路にない保安電話（携帯）及び運転指令設備を代替手段として確保可能である。

竜巻の進路が②の場合、進路に設置される設備は3号及び4号機の衛星アンテナ、保安電話（固定）の屋外地上及び地下通信路、保安電話（携帯）の屋外地下通信路並びに運転指令設備の屋外地下通信路である。屋外地上通信路と3号及び4号機の衛星アンテナの間には衛星アンテナよりも高い構造物であるサービスビルが設置されており、竜巻が進行してきても物理的な障害となることから、衛星電話（津波防護用）と保安電話（固定）が同時に損傷する可能性は低い。なお、竜巻が②の線上を直進することにより、衛星アンテナ及び屋外地上通信部が損傷し、衛星電話（津波防護用）と保安電話（固定）が同時に機能喪失した場合においても、保安電話（携帯）及び運転指令設備の通信路は竜巻の影響を受けない地下に設置しており、代替手段として確保可能である。

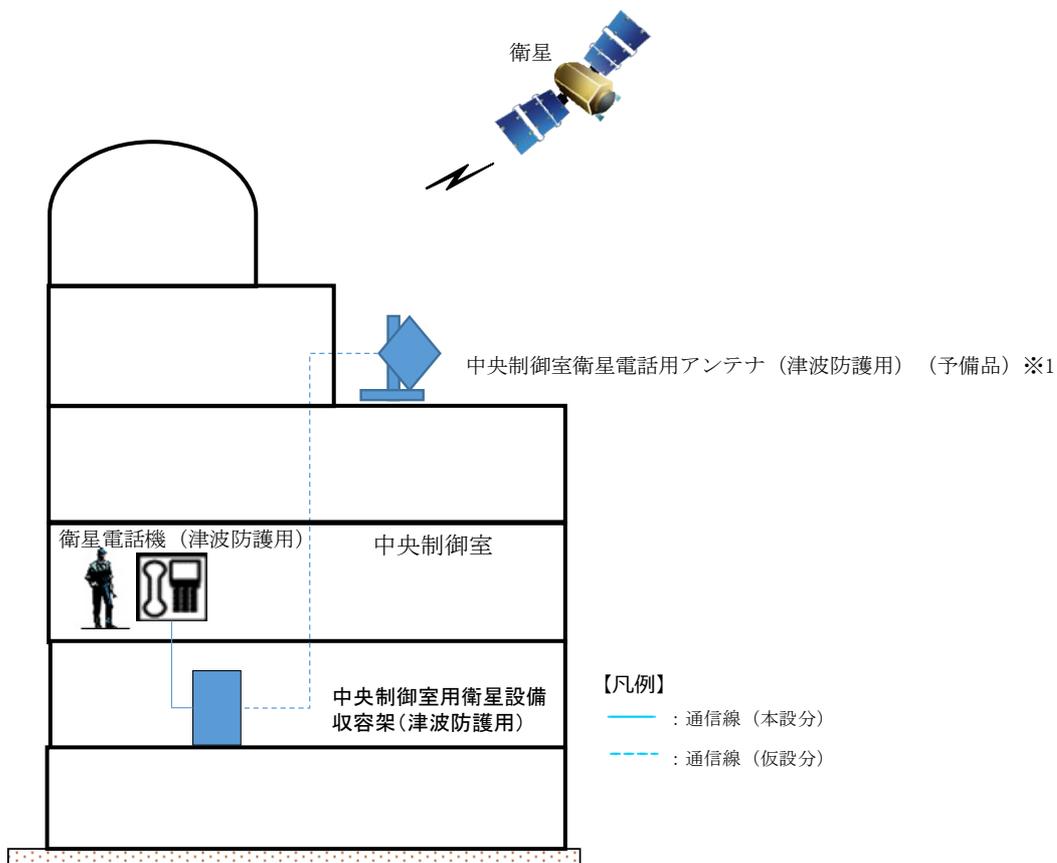


第4-1-9図 衛星アンテナ及び補助設備の通信路の配置

4.1.6 潮位観測システム（防護用）の応急復旧について

潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）において、機器故障時や竜巻等飛来物の衝突により故障した場合を想定し、高浜発電所構内に予備品を保有していることから、速やかに応急復旧処置が可能な設計とする。

衛星電話（津波防護用）の中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）の予備品を衛星捕捉可能かつケーブル敷設可能箇所へ設置し、中央制御室までの通信線ルートを構築することにより、衛星電話（津波防護用）を通話可能な状態に復旧する。（第4-1-10図参照）



※1 中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）の予備品は仮設置可能

第4-1-10図 衛星電話（津波防護用）の応急復旧構成例

4.2 潮位観測システム（防護用）の設備構成及び電源構成について

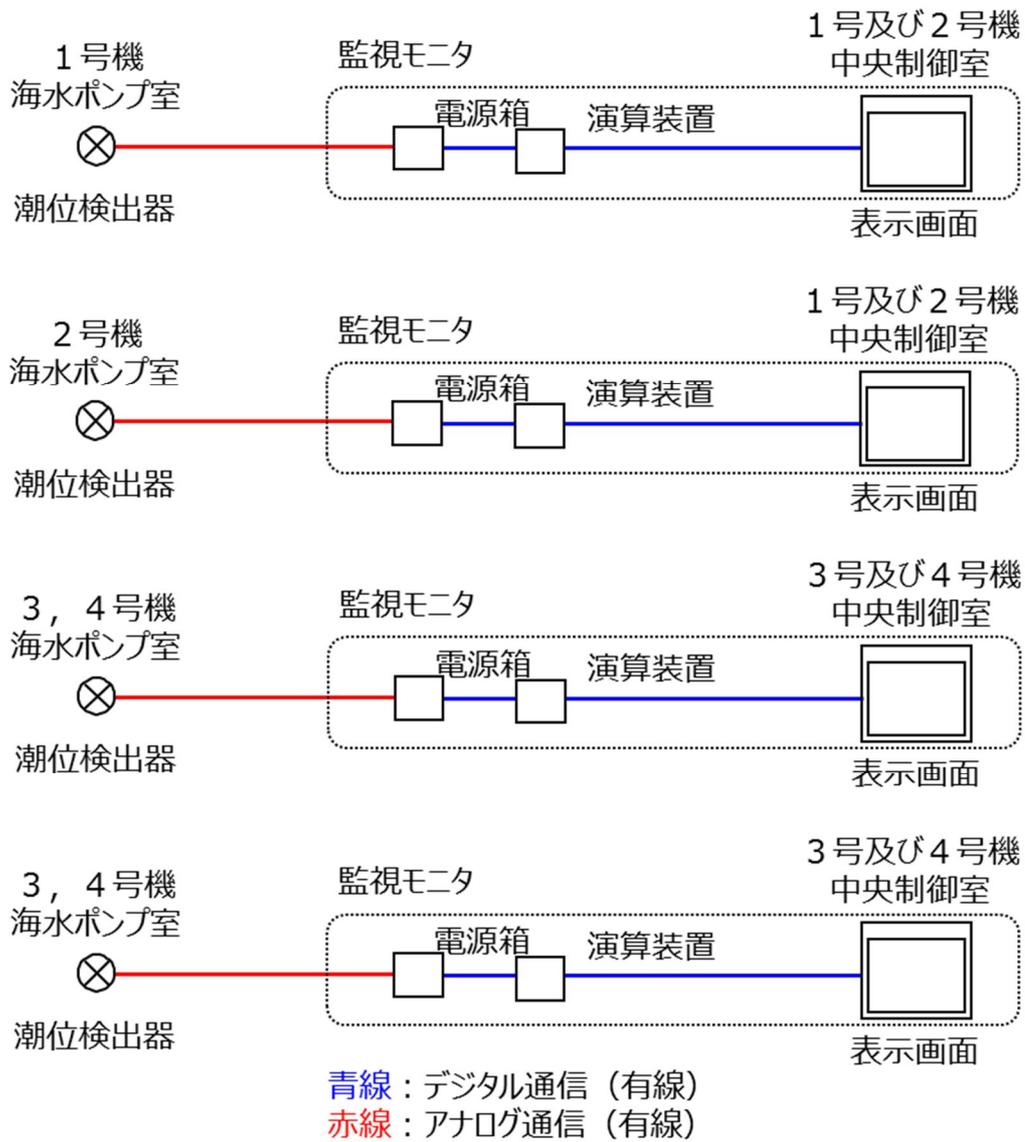
本資料は、潮位観測システム（防護用）の中央制御室での監視機能及び非常用所内電源からの給電を説明するものである。

潮位観測システム（防護用）の電源系は、それぞれに独立した系統により多重化した設計とする。また、電源系は、安全系の電源より電源供給することで外部電源喪失時にも潮位観測及び当直課長間の連携を可能とすることから、単一故障に対して津波防護機能を喪失しない設計とする。

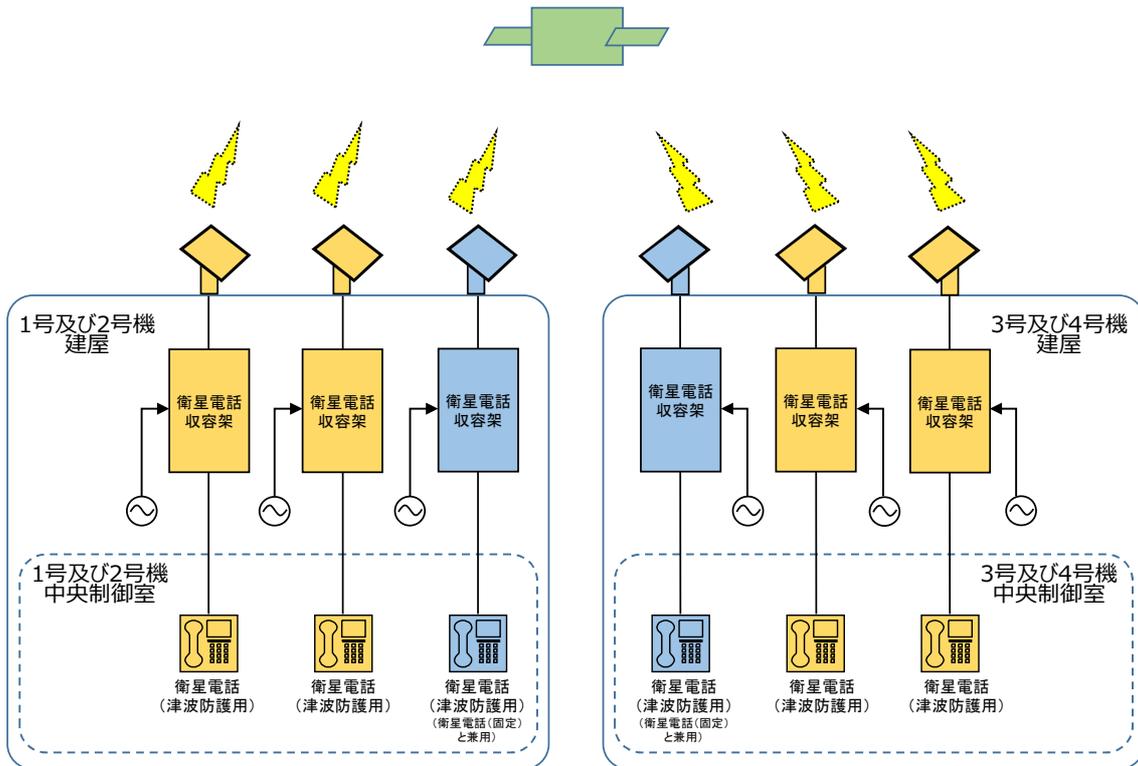
潮位観測システム（防護用）のうち潮位計の概略構成図を第4-2-1図に、衛星電話（津波防護用）の概略構成図を第4-2-2図に示す。

潮位観測システム（防護用）の概略電源系統図を第4-2-3図に示す。

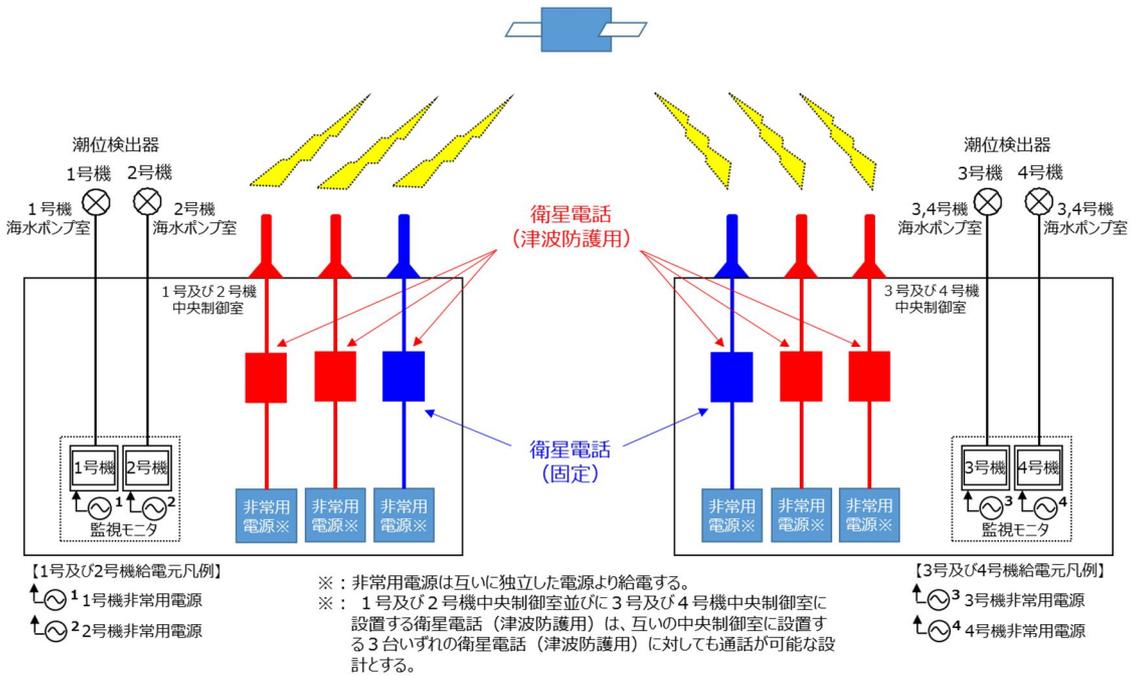
潮位観測システム（防護用）のうち監視モニタの機能を第4-2-1表に示す。



第 4-2-1 図 潮位計の概略構成図



第4-2-2図 衛星電話（津波防護用）の概略構成図



第4-2-3図 潮位観測システム（防護用）の概略電源系統図

機能	機能及び無線経路の概要
演算処理	潮位検出器からの信号を演算し、観測潮位のデジタル値及びトレンドグラフのデータ信号を監視モニタへ送信する。また、10分以内に0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）以上下降、又は上昇したことを検知し、警報信号を監視モニタへ送信する。
画面表示	演算装置より映像信号を受信しデジタル値及びトレンドグラフを画面表示する。演算装置から有線を分岐し、一方は送受信ユニット*を用いた無線を介して、他号機の中央制御室に設置する監視モニタにデータ送信され、同様に画面表示する。
警報発信	演算装置より警報信号を受信し警報音の発報及び警報を画面表示する。無線経路は上記と同様。

※：送受信ユニットを用いた信号伝送にかかる技術設計については、電波法及び無線設備規則に準じた設計としており、それぞれの送受信ユニット間におけるデータ伝送が互いに電波干渉しないよう、それぞれの送受信ユニットが使用する周波数帯を互いに異なる設計とする。具体的には、無線設備規則第四十九条の二十四号ハに、無線チャンネルは、最小の単位無線チャンネルを20MHzの整数倍として、複数のチャンネルで構成することを規定しており、20MHz毎にチャンネルを設定可能である。今回設置する送受信ユニットは、電波干渉を防止するため、最小の単位無線チャンネルの3倍にあたる60MHz間隔おきに、それぞれの送受信ユニットが使用する周波数帯を設定する。

第4-2-1表 監視モニタの機能

4.3 潮位観測システム（防護用）の電線路及び潮位観測システム（防護用）の電線路が設置された建物・構築物の耐震性について

4.3.1 概要

本資料は、潮位観測システム（防護用）の電線路の耐震性について、配管と同様 JEAG4601・補-1984、JEAG4601-1987「原子力発電所耐震設計技術指針」等に基づき、標準支持間隔法により設計・評価を実施しており、その内容を説明するものである。

4.3.2 基本方針

潮位観測システム（防護用）の電線路は、基準地震動 S_s による地震力が作用した場合でも耐震性を有することを、標準支持間隔法を用いて確認している。標準支持間隔法は、 S_s により電線路に作用する地震力に対し、耐震性の確保を可能とする電線路サポートの支持間隔長を計算する手法である。

具体的には、配管と同様に JEAG4601・補-1984、JEAG4601-1987「原子力発電所耐震設計技術指針」等における標準支持間隔法により設計・評価するもので、その内容を以下に説明する。

4.3.3 耐震評価

4.3.3.1 耐震支持方針

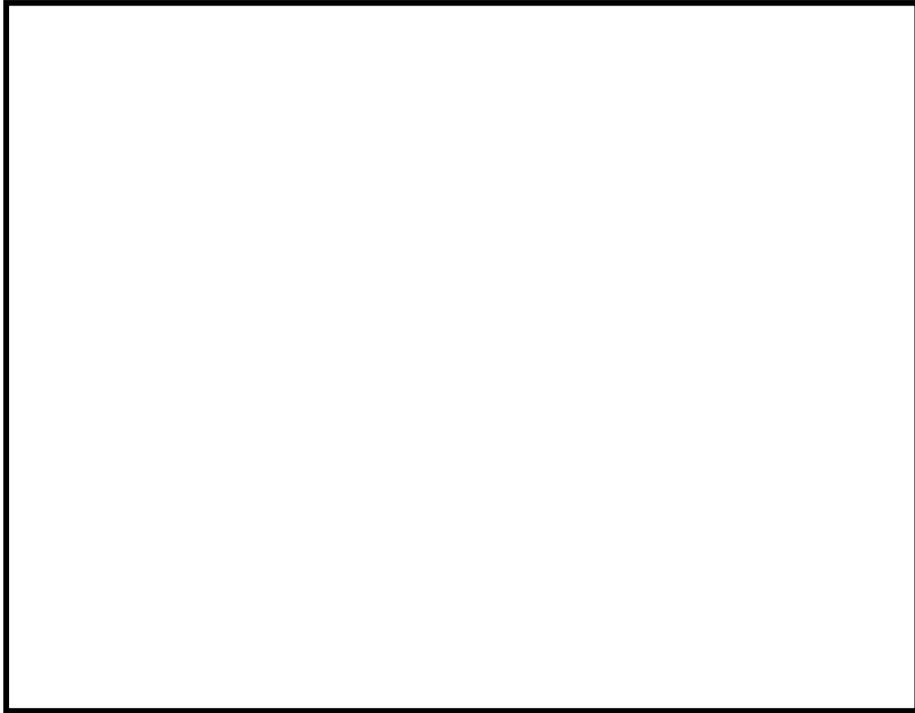
潮位観測システム（防護用）電線路の耐震支持方針は下記によるものとする。

- (1) 支持構造物は、剛な床、壁面等から支持することとする。
- (2) 支持構造物を含め、機器の固有振動数は、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数とする。
- (3) 支持構造物は、拘束方向の支持点荷重に対して十分な強度があり、かつ剛性を有するものを選定する。
- (4) 建屋間相対変位を考慮する場所については、その変位に対して十分耐える設計とする。
- (5) 電線路の配置及び構造計画に際しては、建築・構築物、取合い機器類との関連、設置場所の環境条件、現地施工性等の関連を十分考慮して総合的な調整を行い、運転操作及び保守点検の際に支障とならないこと等について配慮を十分加味した耐震設計を行うよう考慮する。

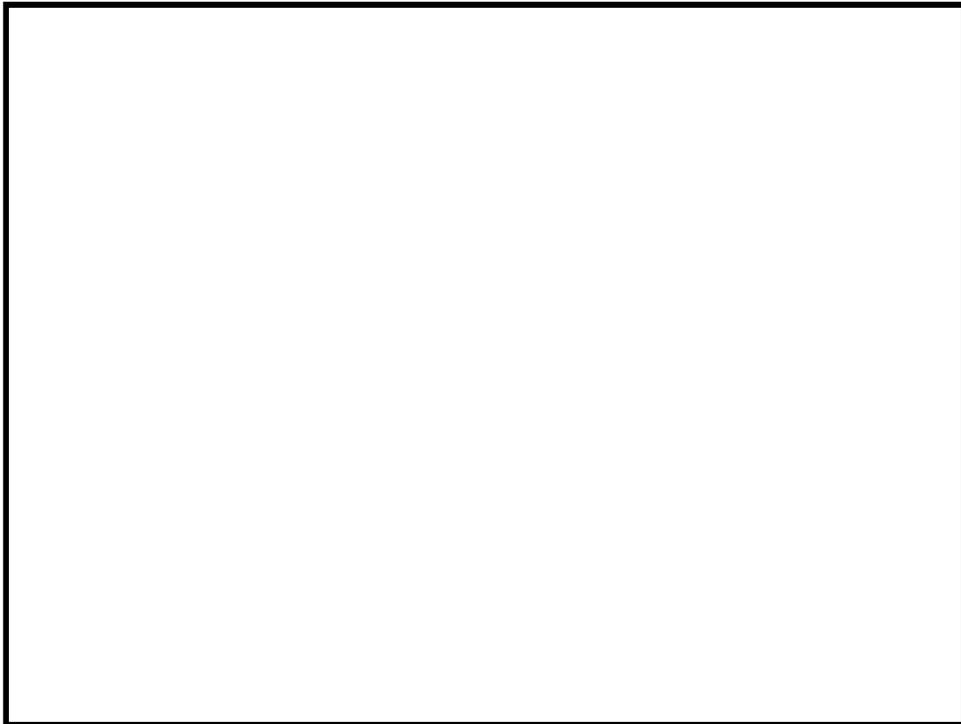
4.3.3.2 評価対象設備

評価対象となる潮位観測システム（防護用）電線路の配置図を第4-3-1図、第4-3-2図に、潮位観測システム（防護用）電線路の構造計画を第4-3-1表に示す。なお、潮位観測システム（防護用）の電線路が設置される建屋・構築物を第4-3-2

表、第4-3-3表に示し、それらの耐震性については、既工認において耐震性を有することを確認している。具体的には、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号、平成28年6月10日付け原規規発第1606105号、平成27年8月4日付け原規規発第1508041号及び平成27年10月9日付け原規規発第1510091号にて認可された工事計画の資料13-16「耐震設計上重要な設備を設置する施設の説明書」によるものとする。



第4-3-1図 潮位観測システム（防護用）の電線路の配置図（1・2号機）



第4-3-2図 潮位観測システム（防護用）の電線路の配置図（3・4号機）

第4-3-1表 潮位観測システム（防護用）電線路の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
潮位観測システム（防護用）電線路	潮位観測システム（防護用）電線路	潮位観測システム（防護用）電線路は、支持金具にて支持構造物に取り付け、基礎ボルトにより支持構造物をコンクリート躯体に据え付ける。	

第4-3-2表 電線路が設置される建屋・構築物
（潮位観測システム（防護用）のうち潮位計）

設置場所	床面高さ E.L. [m]
1号機海水ポンプ室 （1号機海水管トレンチ室含む）	+3.00
2号機海水ポンプ室	+3.00
2号機 海水管トンネル	-38.1 ~ +3.50
1号機 ディーゼル建屋	-2.00
1、2号機 原子炉補助建屋	+0.50 ~ +17.0
3、4号機海水ポンプ室	+1.55
3号機 ディーゼル建屋	-2.00 ~ +12.5
3、4号機 中間建屋	-2.00 ~ +17.5
3、4号機 補助一般建屋	+10.5 ~ +17.5

第4-3-3表 電線路が設置される建屋・構築物
(潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話(津波防護用))

設置場所	床面高さ E.L. [m]
1号機 原子炉補助建屋	+11.1 ~ +32.3
3号機 中間建屋	+10.5 ~ +21.0
3、4号機 補助一般建屋	+10.5 ~ +17.5

4.3.3.3 評価方針

潮位観測システム(防護用)に用いる電線路の質量部及び地震応力に基づき、一次応力評価基準値内となる最大の支持間隔を算出する。地震力の算出に当たっては、基準地震動 S_s による床応答曲線を用いる。

潮位観測システム(防護用)の電線路の支持間隔は、この標準支持間隔に収まる設計とすることにより、基準地震動 S_s に対し耐震性を満足する。

4.3.3.4 荷重及び荷重の組合せ

耐震評価には以下の荷重を用い、荷重の組合せは第4-3-4表に示すとおりとする。

(1) 死荷重 (D)

死荷重は潮位観測システム(防護用)電線路の自重とする。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は基準地震動 S_s による地震力とする。

第4-3-4表 荷重の組合せ

設備名称	荷重の組合せ
潮位観測システム(防護用)電線路	D+Ss

4.3.3.5 許容限界

潮位観測システム(防護用)電線路は JEAG4601・補-1984 に規定される電気計装設備の規定に基づくものとし、JEAG4601・補-1984 「2.9.2 電気計装設備の許容応力」に

規定される電線路の許容限界以下となるよう標準支持間隔を定め、標準支持間隔内に収まる設計とする。

潮位観測システム（防護用）電線路の具体的な許容限界を第4-3-5表に示す。

第4-3-5表 潮位観測システム（防護用）電線路の許容限界

設備名称	耐震 クラス	荷重の 組合せ	許容応 力状態	許容限界
				一次応力 (曲げ応力含む)
潮位観測システム (防護用) 電線路	—(注1)	D+Ss	IV _A S	0.9Su

(注1) 潮位観測システム（防護用）を構成する設備の安全性は、電線路内のケーブルが十分な余長を有していることで確認されるものであることから、電線路の耐震クラスは定義しない。耐震性をより確実に確認することを目的として、保守的に配管の耐震計算に倣った、電線路の耐震計算を実施するものである。

4.3.3.6 評価方法

潮位観測システム（防護用）電線路の耐震評価は、以下の「4.3.3.6.1 地震応答解析」及び「4.3.3.6.2 応力評価」に従って実施する。

4.3.3.6.1 地震応答解析

潮位観測システム（防護用）電線路の地震応答解析は、以下の「4.3.3.6.1(1) 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「4.3.3.6.1(2) 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法に従い、「4.3.3.6.1(3) 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて実施する。

潮位観測システム（防護用）電線路の地震応答解析フローを第4-3-3図に示す。

(1)設計用地震力

潮位観測システム（防護用）電線路の地震応答解析における入力地震動は、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号、平成28年6月10日付け原規規発第1606105号、平成27年8月4日付け原規規発第1508041号及び平成27年10月9日付け原規規発第1510091号にて認可された工事計画の資料13-7「設計用床応答曲線の作成方針」に設定している、当該設備設置床の基準地震動Ssにおける設計用床応答曲線(Ss)とする。

なお、使用する基準地震動Ssの設計用床応答曲線は、配管と同様に、原則として安全側に谷埋め及びピーク保持を行うこととし、水平方向についてはSs-1からSs-7のX方向及びY方向の包絡曲線を用い、鉛直方向についてはSs-1～Ss-7の包

絡曲線を用いる。

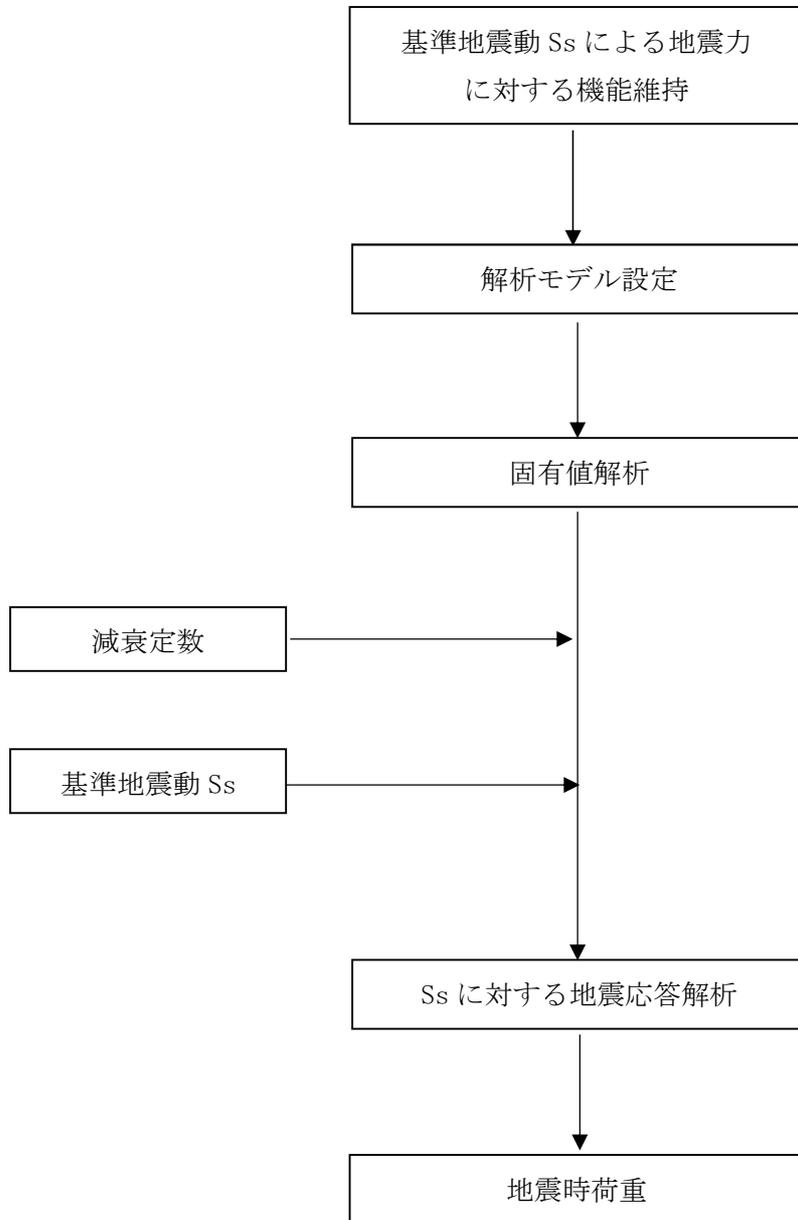
(2)解析方法及び解析モデル

設計用地震力による応力を算定するとともに、自重の影響を考慮して、解析コード「SPAN2000Ver. 6.0」を用いて直管部の標準支持間隔を求める。

潮位観測システム（防護用）電線路の地震応答解析は、以下の方法に従い実施する。

(3)設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号、平成28年6月10日付け原規規発第1606105号、平成27年8月4日付け原規規発第1508041号及び平成27年10月9日付け原規規発第1510091号にて認可された工事計画の資料13-6「地震応答解析の基本方針」に設定しているもののうち、保守的に最も小さい減衰定数を用いる。なお、電線路については、更に減衰定数を高く設定することが可能な試験結果を有している。具体的な減衰定数を第4-3-6表に示す。



第 4-3-3 図 潮位観測システム（防護用）電線路の地震応答解析フロー

第 4-3-6 表 設計用減衰定数

設備名称	減衰定数 (%)	
	水平方向	鉛直方向
潮位観測システム (防護用) 電線路	0.5 (注1)	0.5 (注1)

(注1) 保守的に最も小さい減衰定数を用いる。なお、電線路については、更に減衰定数を高く設定することが可能な試験結果を有している。

4.3.3.6.2 応力評価

潮位観測システム (防護用) 電線路の応力評価は、「4.3.3.4 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合せに対して、先述で示す地震応答解析により求める荷重から算出する発生応力、又は評価対象設備の応答加速度から算出する発生応力が、「4.3.3.5 許容限界」にて設定している許容応力以下となることを確認する。

潮位観測システム (防護用) 電線路の応力評価は、以下に示す評価手法により実施する。

(1) 標準支持間隔法

潮位観測システム (防護用) 電線路は、標準支持間隔法により応力評価を実施する。

潮位観測システム (防護用) 電線路は、平成 28 年 6 月 10 日付け原規規発第 1606104 号、平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号及び平成 27 年 10 月 9 日付け原規規発第 1510091 号にて認可された工事計画の資料 13-12「配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について」と同様の算定方法により設計する。

(参考文献)

- ・(社) 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術規定 JEAC4601-2008」

4.3.3.7 適用規格

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007) 日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補-1984) 日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991追補版) 日本電気協会

4.3.3.8 評価条件

4.3.3.8.1 設計用地震力

潮位観測システム（防護用）電線路の設計用地震力は、「4.3.3.6.1(1) 設計用地震力」に示す設計用床応答曲線(Ss)とし、評価に用いる設計用地震力を第4-3-7表～第4-3-9表に示す。

第4-3-7表 高浜発電所第1号機 設計用地震力

設備名称	設計用床応答曲線		
	建屋	高さ (m)	減衰定数 ^(注1) (%)
潮位観測システム (防護用) 電線路	中間建屋	24.0～32.3	0.5
		17.0～24.0	0.5
		11.1～17.0	0.5
		地盤～11.1 (GRUD, AB05)	0.5
		地盤～11.1 (GRUD, AB09)	0.5
	屋外	地盤	0.5
	海水ストレーナ室	3.50	0.5
	海水ポンプ室	2.75	0.5

(注1) 「4.3.3.6.1(3) 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。電線路の減衰定数は、更に高い数値を設定可能であるが、今回は保守的に0.5とする。

第 4-3-8 表 高浜発電所第 2 号機 設計用地震力

設備名称	設計用床応答曲線		
	建屋	高さ (m)	減衰定数 ^(注1) (%)
潮位観測システム (防護用) 電線路	中間建屋	17.0~24.0	0.5
		11.1~17.0	0.5
		地盤~11.1	0.5
		地盤	0.5
	海水管トレンチ 海水ストレナ室 海水管トンネル立坑	—	0.5
	海水ポンプ室	2.75	0.5

(注1) 「4.3.3.6.1(3) 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。電線路の減衰定数は、更に高い数値を設定可能であるが、今回は保守的に 0.5 とする。

第4-3-9表 高浜発電所第3・4号機 設計用地震力

設備名称	設計用床応答曲線		
	建屋	高さ (m)	減衰定数 ^(注1) (%)
潮位観測システム (防護用) 電線路	中間建屋	17.5～21.0	0.5
		10.5～17.5	0.5
		3.8～10.5	0.5
		-2.0～3.8	0.5
	補助一般建屋 および制御建屋	17.5～24.8	0.5
		10.5～17.5	0.5
	ディーゼル建屋	12.5～18.5	0.5
		4.0～12.5	0.5
		-1.58～4.0	0.5
		地盤～-1.58	0.5
	海水ポンプ室	0.80	0.5
	屋外	地盤	0.5

(注1) 「4.3.3.6.1(3) 設計用減衰定数」に示す減衰定数とする。電線路の減衰定数は、更に高い数値を設定可能であるが、今回は保守的に0.5とする。

4.3.3.8.2 電線路仕様

標準支持間隔を算定する潮位観測システム（防護用）電線路の仕様を第 4-3-10 表に示す。

第 4-3-10 表 潮位観測システム（防護用）電線路の仕様

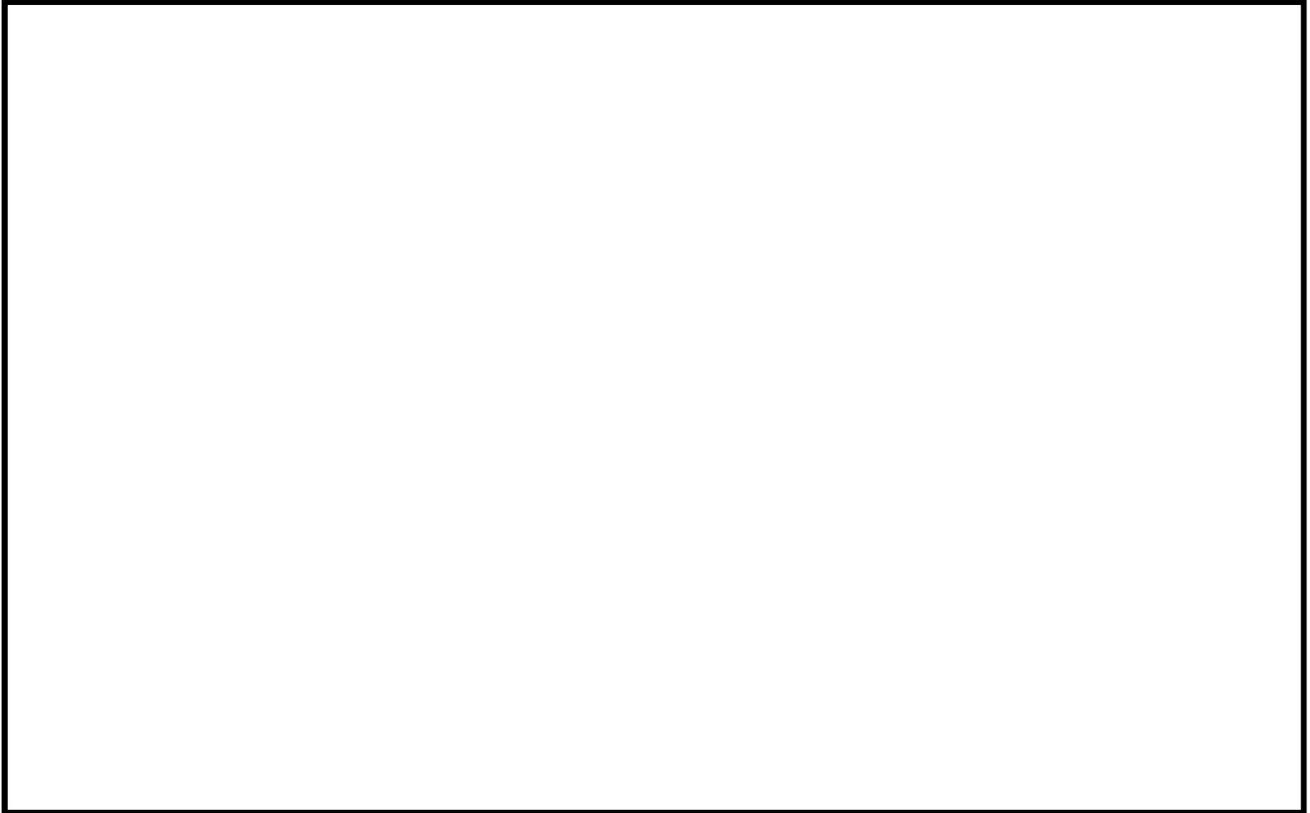
設備名称	口径	外径 (mm)	厚さ (mm)	単位長さ当 たりの質量 (kg/m)
潮位観測システム (防護用) 電線路	G22	26.5	2.3	1.7
	G28	33.3	2.5	2.4
	G36	41.9	2.5	3.2
	G54	59.6	2.8	5.6
	G70	75.2	2.8	9.0

4.3.3.9 評価結果

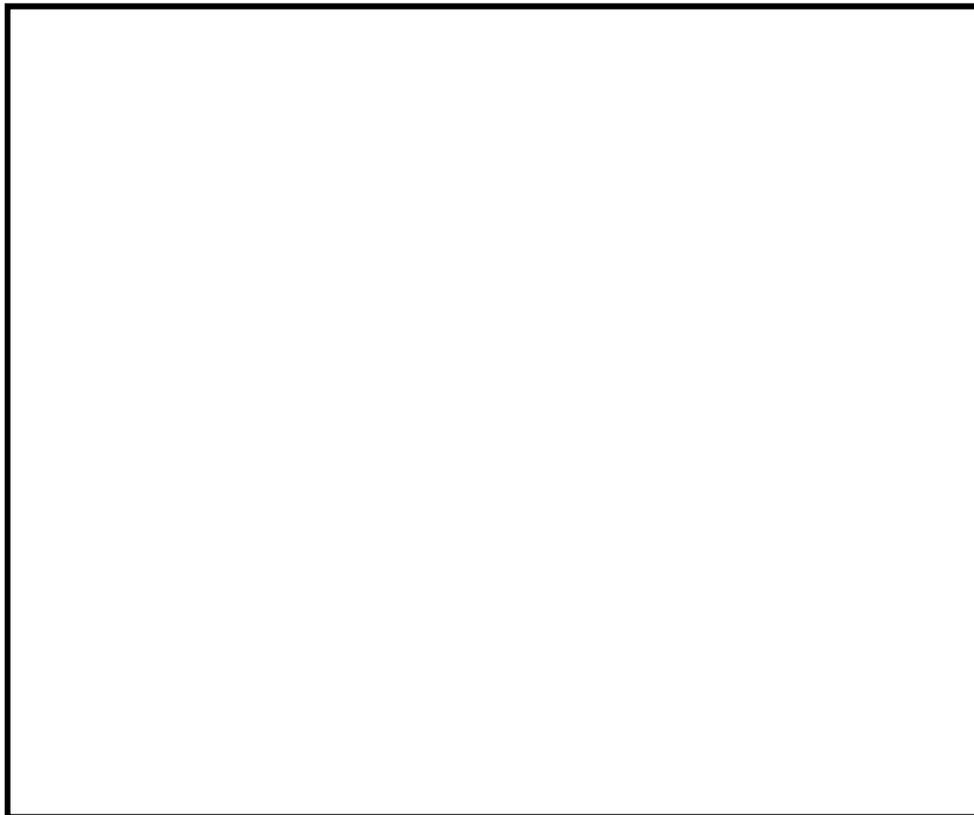
潮位観測システム（防護用）電線路の標準支持間隔を第 4-3-11 表～第 4-3-13 表に示す。

第 4-3-11 表～第 4-3-13 表に示す評価結果に基づき、潮位観測システム（防護用）電線路の支持間隔が標準支持間隔に収まる設計とする。なお、支持点荷重を低減する必要のある場合は、実支持間隔による荷重を適用する等の処置を行う。

第 4-3-11 表 高浜発電所第 1 号機
潮位観測システム（防護用）電線路の標準支持間隔（1 / 2）



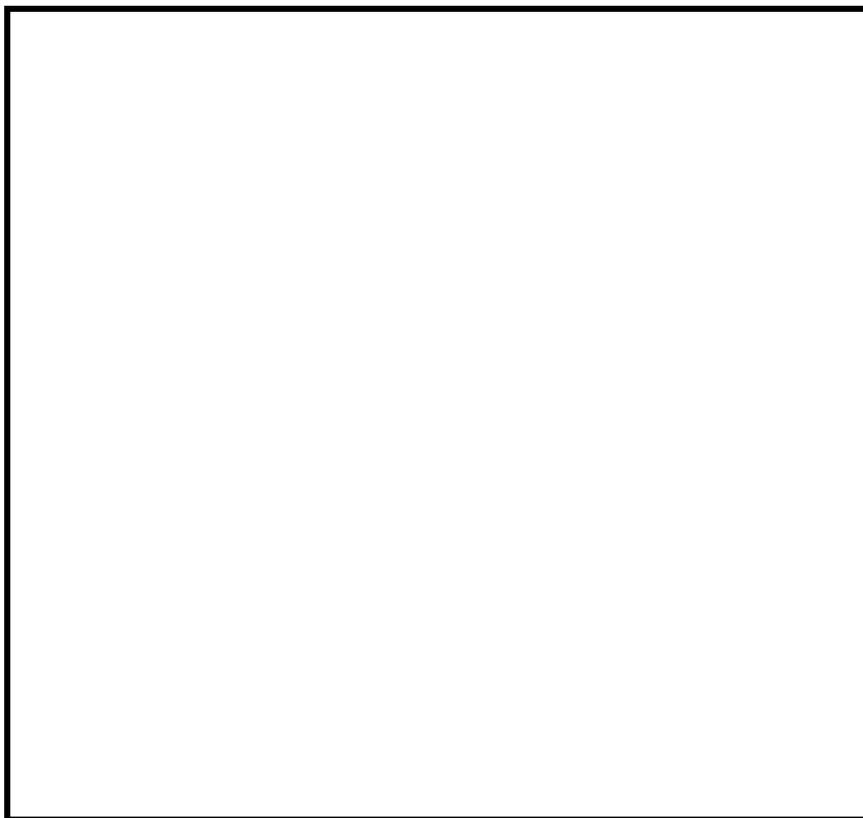
第 4-3-11 表 高浜発電所第 1 号機
潮位観測システム（防護用）電線路の標準支持間隔（2 / 2）



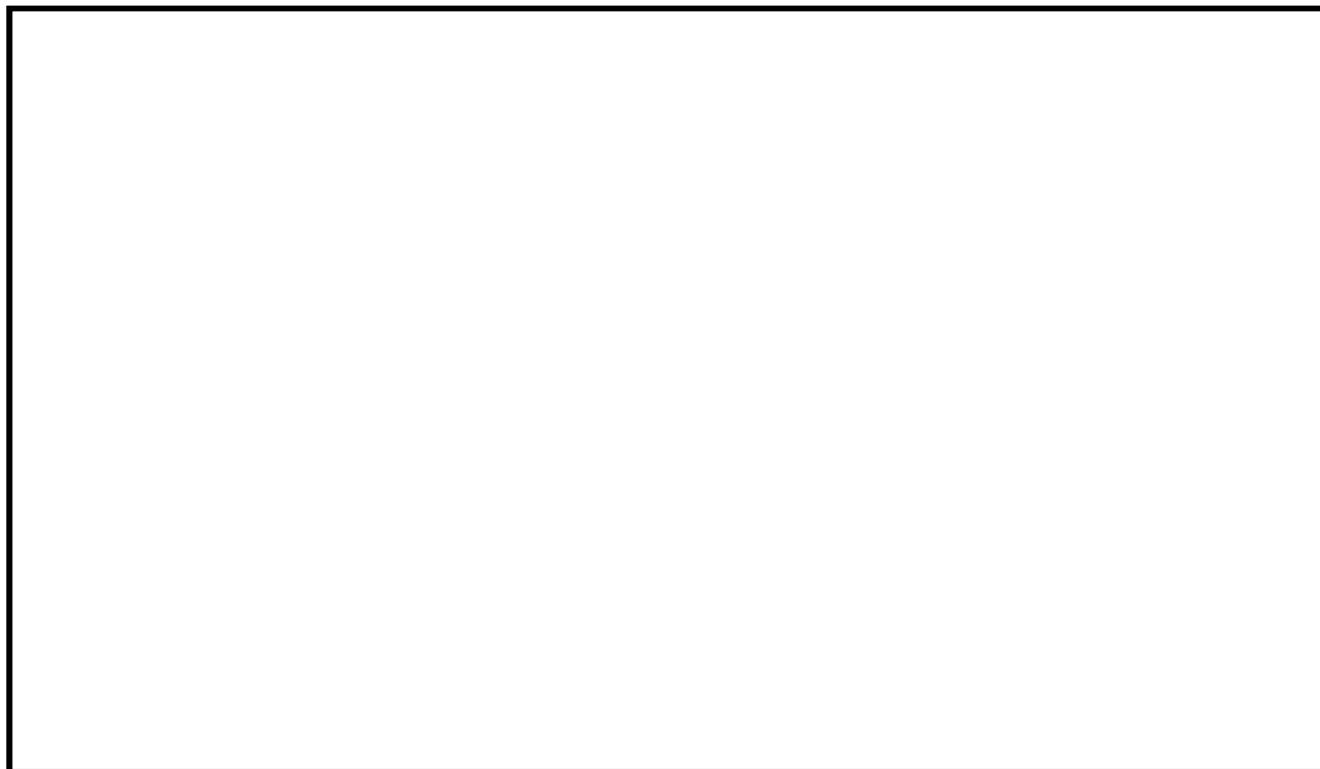
第 4-3-12 表 高浜発電所第 2 号機
潮位観測システム（防護用）電線路の標準支持間隔（1 / 2）



第 4-3-12 表 高浜発電所第 2 号機
潮位観測システム（防護用）電線路の標準支持間隔（2 / 2）



第4-3-13表 高浜発電所第3・4号機
潮位観測システム（防護用）電線路の標準支持間隔（1／2）



第4-3-13表 高浜発電所第3・4号機
潮位観測システム（防護用）電線路の標準支持間隔（2/2）



4.3.4 まとめ

潮位観測システム（防護用）電線路の耐震性については、潮位観測システム（防護用）電線路の支持間隔が、4.3.3.9 「評価結果」により得られた標準支持間隔に収まる設計とすることで、基準地震動 S_s による地震力が作用した場合でも、潮位観測システム（防護用）電線路が耐震性を有する設計とする。

4.4 自然現象に対する対策について

4.4.1 概要

本資料は、潮位観測システム（防護用）について、自然現象に対する対策と機能喪失時の有無を整理し、機能影響のあるものは、設計上又は保安規定の運用上で担保していることを説明するものである。

4.4.2 潮位観測システム（防護用）に対する各自然現象に対する対策について

自然現象（外部人為事象及び火災を含む）が発生した場合、潮位観測システム（防護用）の機能喪失が発生するかについて分析する。分析の前提条件と分析結果は以下のとおり。

(1) 分析の前提条件

- ・ 各自然現象に対する機能喪失有無の判定においては、潮位観測システム（防護用）に必要となる設計上の配慮事項を抽出する観点から、屋外に設置する潮位検出器及び中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）に対し設計上の外部事象への配慮が講じられていない状態を前提とする。
- ・ 想定すべき機能喪失要因として、技術基準規則第7条「外部からの衝撃による損傷の防止」に基づき、既認可と同様に想定される「自然現象」及び「外部人為事象」を考慮する。なお、自然現象のうち洪水及び高潮並びに外部人為事象のうち飛来物（航空機落下）、ダムの崩壊、爆発（プラント外での爆発）及び有毒ガスに関しては、高浜発電所の施設への影響がないことを既認可で確認済みであることから、影響を及ぼす自然現象及び外部人為事象から除外している。

(2) 分析結果

- ・ 分析の結果、潮位検出器及び中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）に対する、機能喪失要因は第4-4-1表及び第4-4-2表のとおり。
- ・ これらの機能喪失要因を踏まえ、潮位検出器及び中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）の信頼性を向上させる観点から、第4-4-3表のとおり設計上の対策又は保安規定に定めて管理する運用により配慮を行っている。
- ・ いずれの自然現象に対しても、津波防護機能として問題ないことを確認した。

第4-4-1表 潮位検出器及び中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）の機能喪失要因（自然現象）の分析

機能喪失要因	風	竜巻	凍結	降水	積雪	落雷	地滑り	火山	生物学的事象	森林火災	洪水	高潮
機能喪失の可能性	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○
	風の影響の可能性あり	飛来物で損傷の可能性あり	凍結により機能喪失の可能性あり	漏水により機能喪失の可能性あり	積雪荷重により損傷の可能性あり	落雷により機能喪失の可能性あり	地滑りにより機能喪失の可能性あり	火山灰の影響により機能喪失の可能性あり	生物の影響により機能喪失の可能性あり	森林火災により機能喪失の可能性あり	※	※

凡例 ○：事象に対し設備が影響を受けない、×：事象に対し設備が影響を受ける可能性あり

※：高浜発電所の施設への影響がないことを既認可で確認済みであり影響を受けない

第4-4-2表 潮位検出器及び中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）の機能喪失要因（外部人為事象）の分析

機能喪失要因	船舶の衝突	電磁的障害	火災	飛来物（航空機落下）	ダムの崩壊	爆発（プラント外での爆発）	有毒ガス
機能喪失の可能性	×	×	×	○	○	○	○
	船舶の衝突により損傷の可能性あり	電磁的障害により機能喪失の可能性あり	火災の影響により機能喪失の可能性あり	※	※	※	※

凡例 ○：事象に対し設備が影響を受けない、×：事象に対し設備が影響を受ける可能性あり

※：高浜発電所の施設への影響がないことを既認可で確認済みであり影響を受けない

第4-4-3表 機能喪失要因とこれを踏まえた設計又は運用上の対策（1/2）

機能喪失要因		潮位検出器への対策	中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）への対策
自然現象	風	「竜巻」による影響評価に包含される。	同左
	竜巻	設計飛来物の衝突により損傷した場合を想定し、予備品を用いた安全機能回復の応急処置を行うとともに、安全機能回復が困難な場合は、プラント停止する手順を保安規定に定めて管理しているため、安全上の影響はない。	設計飛来物の衝突により損傷した場合を想定し、予備品を用いた安全機能回復の応急処置及び代替措置の通信手段の確保を行うとともに、安全機能回復が困難な場合は、プラント停止する手順を保安規定に定めて管理しているため、安全上の影響はない。
	凍結	既工認では、敷地付近で観測された最低気温は、舞鶴特別地域気象観測所での観測記録（1947～2012年）によれば、 -8.8°C （1977年2月16日）である。設備仕様は、 <input type="text"/> Cの環境で使用可能な設計としていることから、凍結による影響はない。	同左
	降水	IP規格で規定している防水保護等級IPX8（水面下で使用が可能）に適合する設計であることから、降水による影響はない。	IP規格で規定している防水保護等級IPX5（あらゆる方向からの噴流水による有害な影響がない）に適合する設計であることから、降水による影響はない。
	積雪	積雪に対する影響は、火山事象に対する設計の中で確認する。	同左
	落雷	雷害防止対策として、建築基準法に基づき原子炉補助建屋へ日本興業規格（JIS）に準拠した避雷設備を設置していることから、落雷による影響はない。	同左
	地滑り	地滑り防護対策等により、安全機能を損なうおそれがない設計としていることから、地滑りによる影響はない。	同左
	火山	構造上、火山灰が積もりにくい構造となっていることから、火山灰の影響は軽微である。	同左

第4-4-3表 機能喪失要因とこれを踏まえた設計又は運用上の対策（2/2）

機能喪失要因		潮位検出器への対策	中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）への対策
自然現象	生物学的事象	クラゲ等の海生生物の発生、小動物の侵入が考えられる。クラゲ等の海生生物の発生について、原子炉補機冷却海水設備とのインターフェイスがないこと、また、小動物の侵入に対して、屋外装置の端子箱貫通部等にシールを行うことにより、安全機能を損なうことのない設計としていることから、生物学的事象による影響はない。	同左
	森林火災	森林火災は、人為的行為が主な発生要因であるのに対し、今回の津波は海底地すべりにより発生し、森林火災と発生要因が異なるため事象の組み合わせとして考慮しないことから、森林火災による影響はない。	同左
外部人為事象	船舶の衝突	周辺海域の船舶の航路としては、高浜発電所と航路までの距離が離れていること、また発電所がその航路の針路上にないことから、仮に漂流したとしても取水口に船舶が漂着するおそれはない。さらに、取水口付近での漁業操業は行われていないことから、小型船舶が漂流し、港湾内に侵入する可能性は極めて低い。仮に取水口に侵入した場合でも、取水ロカーテンウォール及びレーキ付バースクリーンにより侵入経路は阻害され、取水路へ侵入するおそれはないことから、船舶の衝突による影響はない。	同左
	電磁的障害	原子炉施設で発生する電磁干渉や無線電波干渉等により機能が喪失しないよう、ケーブルは、日本工業規格（JIS）等に基づき、鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用により電磁波の侵入を防止する設計としていることから、電磁的障害による影響はない。	同左
	火災	発電所の近くには、火災により安全施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設等はないため、火災による影響はない。	同左

(3) 潮位観測システム（防護用）に対する火災防護設計について

今回、2号機潮位計の電線路を追加設置したことにより、既工認の火災防護対策に影響ないことを確認した結果を以下に説明する。

- ・ 電線管、盤の筐体、支持構造物等の主要な構造材は、不燃性である金属材料を用い、ケーブルには燃焼試験により自己消火性及び延焼性を確認した難燃ケーブルを用いて電線路を敷設している。（火災発生防止）
- ・ 既工認で設定された建屋内の火災区域、区画内に当該の電線路を敷設することから、既存の火災感知器及び消火設備で対応できる。（火災の感知・消火）
- ・ 2号機潮位計の電線路は、火災防護対象設備へ影響を及ぼすおそれのないよう他設備の電線路とは物理的に分離・独立して敷設している。

以上のことから、2号機潮位計の電線路を追加設置したことによる既工認の火災防護対策への影響はない。

なお、技術基準規則の11条、52条及びその解釈となる火災防護審査基準に基づき、火災により発電用原子炉施設の安全性が脅かされることのないよう、以下に示す火災区域及び火災区画の分類^{*}に基づいて、火災防護対策を講ずることとしているが、取水路防潮ゲート及びこれと同等の設計とする潮位観測システム（防護用）は、これらの分類に該当しないため、新たに火災区域、区画を設定し火災感知器、消火設備を設置する等の火災防護対策を講じるものではない。

ただし、可能な限り火災防護について考慮し、取水路防潮ゲートは操作建屋内において以下の安全性向上対策を実施している。また、潮位観測システム（防護用）についても、前述の火災防護設計により、同様の安全性向上対策が実施されており、火災影響はないことを確認している。

- ・ 自動火災報知設備（異なる2種類の火災感知器）の設置
- ・ ハロンガス消火設備の設置
- ・ 火報連動カメラの設置

※：火災区域及び火災区画の分類を以下に示す。

- ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画
- ② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域
- ③ 重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設含む）を設置する火災区域及び火災区画

(4) 衛星電話（津波防護用）の衛星アンテナの設置位置について

衛星電話（津波防護用）に使用する衛星アンテナの設置位置は、次の項目を満たす位置を選定している。

- a. 耐震性を有する構造物に固定できる位置であること。
- b. 通信衛星の電波を受信できる位置であること。
- c. 衛星アンテナと中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）を接続する給電線の亘長が□以内※となる位置であること。

※：給電線損失の観点から給電線亘長に□の制約がある。

竜巻防護の観点では、位置的分散が有効であるが、上記の制約から現状の計画位置としている。

竜巻により衛星アンテナが損傷した場合は、情報連携の機能に影響を与えないよう、衛星電話（津波防護用）の代替手段（保安電話（携帯）、保安電話（固定）、運転指令設備）を確保することにより情報連携機能を維持する。



4.5 潮位計の演算装置について

4.5.1 概要

本資料は、潮位観測システム（防護用）のうち、潮位計に用いている演算装置について、潮位変化量の演算方法、参照する規格基準及び故障モードを踏まえた故障検知方法を説明するものである。

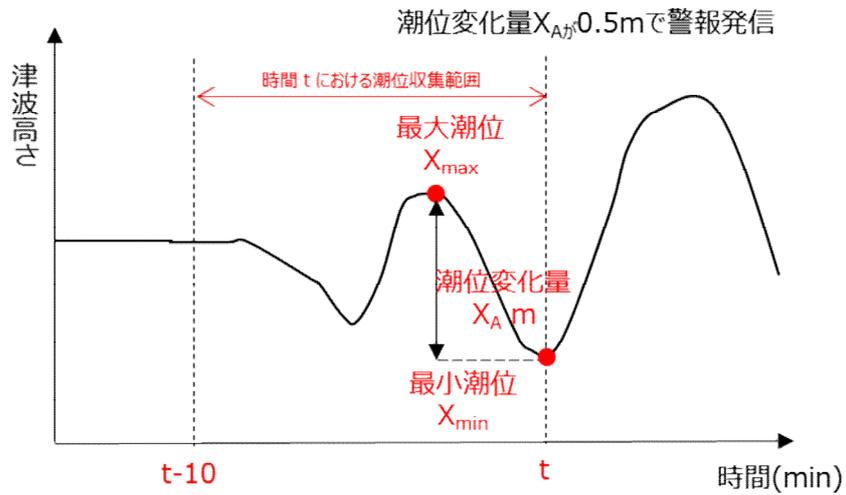
4.5.2 潮位変化量の演算方法について

潮位観測システム（防護用）は、第 4-5-1 図に示すように、潮位検出器、電源箱、演算装置及び監視モニタにて構成される。構成部品は、それぞれデータが入力されてから出力されるまでに要する最大時間（以下、個別構成品のサンプリング周期という）を有しており、個別構成品のサンプリング周期を足し合わせた合計が、潮位検出器が潮位を計測してから、潮位変化量を監視モニタに表示する最大時間（以下、潮位計のサンプリング周期という）となる。個別構成品のサンプリング周期及び潮位計のサンプリング周期を第 4-5-1 図に示し、潮位検出器が潮位を計測してから、潮位変化量を監視モニタに表示するまでの具体的な流れを第 4-5-2 図に示す。これにより、潮位計のサンプリング周期は最大 2.9 秒であり、中央制御室では、実際の変動に対して、最大 2.9 秒の時間遅れをもって、潮位変化量を把握する。

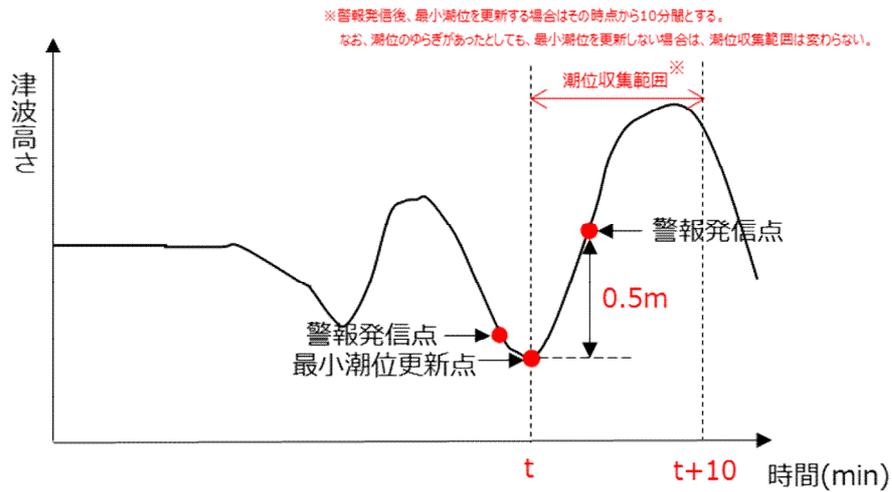
潮位計の信号は、第 4-5-3 図に示す通り、演算装置において計測時点（ t ）からその 10 分前（ $t-10$ ）の間における潮位をサンプリング周期（最大 2.4 秒）で収集・演算し、その間の最大潮位と最小潮位の差（潮位変化量）を中央制御室に設置する監視モニタに 0.5 秒おきに 1mm 単位で表示・更新する。よって、中央制御室では、実際の変動に対し、最大 2.9 秒の時間遅れをもって、潮位変動量を把握する。第 4-5-4 図及び第 4-5-5 図に示す通り、潮位変化量が 0.5m（潮位変動値のセット値は 0.45m とする。）に達した時点で監視モニタに発信される「変化量注意」と、10 分以内の $\pm 0.5m$ （潮位変動値のセット値は 0.45m とする。）の潮位変動の後、最大潮位又は最小潮位に達した時点から 10 分以内に潮位変化量が 0.5m（潮位変動値のセット値は 0.45m とする。）に達した時点で発信される「変化量警報」は、監視モニタに識別して表示する。演算装置は、10 分間で約 3000 個の潮位データを収集・保管することができ、演算装置に保管された潮位データから最大潮位となる値と最小潮位となる値を取り出し、比較することで潮位変化量を算出し、監視モニタへ表示する。なお、監視モニタは、約 1000 日分の潮位変化量データを表示・保管することが可能である。

潮位計のシステム構成	潮位検出器	電源箱	演算装置	監視モニタ
個別構成部品毎のデータ入力から出力までの流れ	潮位計測 ～ 潮位出力	潮位入力 ～ 潮位出力	潮位入力 ～ 潮位変化量出力	潮位変化量入力 ～ 潮位変化量表示
個別構成部品のサンプリング周期	最大2.0秒	最大0.2秒	最大0.2秒	最大0.5秒
潮位計のサンプリング周期	2.0秒+0.2秒+0.2秒+0.5秒=2.9秒			

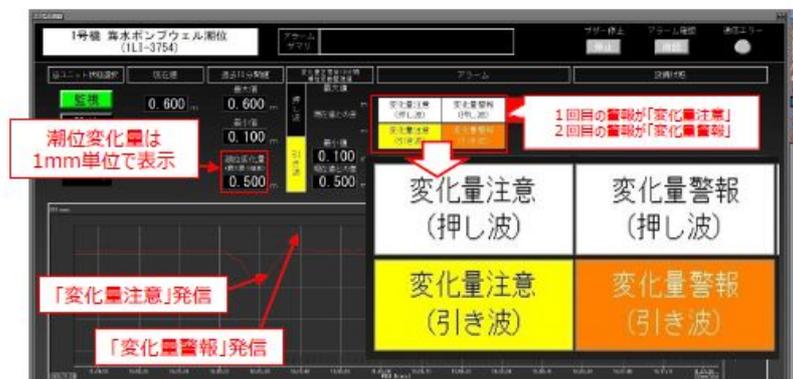
第4-5-1図 潮位計のシステム構成及びサンプリング周期イメージ



第4-5-3図 潮位変化量の算出方法（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）



第4-5-4図 潮位計の警報発信に関する考え方（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）



第 4-5-5 図 潮位計の警報発信に関する考え方

4.5.3 参照する規格について

潮位観測システム（防護用）のうち演算装置は、取水路防潮ゲート（MS-1）と同等の設計を採用している。具体的には、取水路防潮ゲートの直接関連系として安全機能を有する設備と定義し、JEAG4611-2009「安全機能を有する計測制御装置の設計指針」に基づき、多重性又は多様性、独立性、耐環境性、耐震性、非常用電源、試験、品質保証及び記録を考慮した設計としている。

なお、技術基準規則における適用条文は、設置許可における適用条文と整合させるため、第6条、第14条、第15条、第38条及び第51条（設置許可基準規則では第5条、第12条、第26条及び第40条）と整理しているが、取水路防潮ゲート閉止の重要な機能であることから、技術基準規則第35条（安全保護装置）についても参照し、その要求事項と照合することで、信頼性のある設計となっている。ただし、照合の結果、安全保護装置における下記の項目は対象外とし、それ以外の項目は実質的に十分な信頼性を有していることを確認した。具体的には第4-5-1表に示す。

- ・ 自動作動については、潮位観測システム（防護用）のうち演算装置は当該機能を有さないため対象外とする。
- ・ 手動操作については、潮位観測システム（防護用）のうち演算装置は取水路防潮ゲートの手動操作機能を有さないため対象外とする。
- ・ ソフトウェアの再利用については、今回の運用に特化したソフトウェアであり、再利用しないため対象外とする。
- ・ 保守ツールの管理については、今回の運用では保守ツールは使用しないため対象外とする。

上記以外の規格の参照について、IEC61508については、Part1からPart7で構成され、このうちPart3がソフトウェア要求事項を規定している。

IEC61508-1：一般要求事項

IEC61508-2：電気・電子・プログラマブル電子安全関連系に対する要求事項

IEC61508-3：ソフトウェア要求事項

IEC61508-4：用語の定義及び略語

IEC61508-5：安全度水準決定方法の事例

IEC61508-6：Part 2及びPart 3の適用指針

IEC61508-7：技術及び手法の概観

IEC61508-3は、ソフトウェアの開発段階において、構成品の決定論的原因故障に基づき目標機能失敗尺度を設定し、安全度水準に応じた機能安全評価（動的解析、確率的テスト等）を行うことを規定している。

今回の潮位計に使用している演算装置は、一般汎用品を採用しており、ベンダーの開発段階においてIEC61508-3を参照していないが、欧米の標準規格であるUL規格*1やEN規格*2への適合を確認の上、設計している。

よって、JEACやこれら欧米の標準規格で規定している多重性、独立性、故障検知機能、環境条件等の要求に対し、第4-5-2表のとおりいずれかに適合させることで、演算装置の信頼性を担保する設計方針としている。

第4-5-1表 技術基準規則第35条の解釈 第4項への適合性について

技術基準規則第35条の解釈 第4項の要求事項	デジタル安全保護系の35条への適合性	潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の適合性
<p>4 デジタル安全保護系の適用に当たっては、日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」（JEAC4620-2008）（以下「JEAC4620」という。）5.留意事項を除く本文、解説-4から6まで、解説-8及び解説-11から18まで並びに「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針」（JEAG4609-2008）本文及び解説-9に以下の要件を付したものであること。ただし、「デジタル」は「デジタル」と読み替えること。</p>	<p>—</p>	<p>—</p>
<p>JEAC4620 4. デジタル安全保護系に対する要求事項 デジタル安全保護系は、動作に失敗する確率（アンアベイラビリティ）及び誤動作する頻度（誤動作率）を考慮し、その安全保護機能に相応した高い信頼性を有すること。 そのため、デジタル安全保護系は、以下の要求事項を満足すること。</p> <p>技術基準規則第35条（安全保護装置）の解釈 第4項 (6) JEAC4620の4.における安全保護機能に相応した高い信頼性を有するとは、デジタル安全保護系のトリップ失敗確率及び誤トリップする頻度を評価し、従来型のものと比較して同等以下とすること。また、デジタル安全保護系の信頼性評価において、ハードウェア構成要素に異常の検出、検出信号の伝送、入出力信号の処理、演算処理、トリップ信号の伝送、トリップの作動等、評価に必要な構成要素を含むこと。</p>	<p>デジタル安全保護系のトリップが失敗する確率（アンアベイラビリティ）及び誤トリップする頻度（誤動作率）は、必要なハードウェア構成要素について評価を行い、従来設備に比べて同等以下とする。</p>	<p>対象とする。 演算装置は、その安全機能を失わないように、多重性を確保する設計とするとともに、チャンネル相互を分離し、それぞれのチャンネル間の独立性を確保した設計とする。 なお、演算装置は、予備1台を含め4チャンネル構成とし、1台が故障しても2 out of 3の判断が可能である。また、1台点検中に他の1台が故障した場合、その1台は動作とみなし、1 out of 2の判断が可能である。さらに、動作可能台数が2台未満となった場合は、取水路防潮ゲートを閉止することから、津波防護機能に相応した高い信頼性を有している。</p>
<p>JEAC4620 4.1 過渡時、事故時及び地震時の機能 デジタル安全保護系は、運転時の異常な過渡変化時、事故時及び地震の発生により原子炉の運転に支障が生じる場合において、原子炉停止系及び必要な工学的安全施設の作動を自動的に開始させる機能を果たす設計とすること。</p> <p>技術基準規則第35条（安全保護装置）の解釈 第4項 (1) JEAC4620の4.1の適用にあたっては、運転時の異常な過渡変化が生じる場合又は地震の発生等により原子炉の運転に支障が生じる場合において、原子炉停止系統及び工学的安全施設と併せて機能することにより、燃料許容損傷限界を超えないよう安全保護系の設定値を決定すること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、運転時の異常な過渡変化時に、その異常な状態を検知し、原子炉トリップを含む適切な系統を自動的に作動させ、燃料が許容設計限界を超えない設計とする。 デジタル安全保護系は、制御棒クラスタの偶発的な連続引き抜きのような反応度制御設備のいかなる単一の誤動作に起因する急激な反応度投入が生じた場合でも、その異常な状態を検知し、原子炉トリップを含む適切な系統を自動的に作動させ、燃料が許容設計限界を超えない設計とする。 デジタル安全保護系は、事故時に、その異常な状態を検知し、原子炉トリップ及び必要な工学的安全施設を自動的に作動させる設計とする。また、デジタル安全保護系は、地震時に、その異常な状態を検知し、原子炉トリップを自動的に作動させる設計とする。</p>	<p>自動作動への要求であるため対象外とする。</p>
<p>JEAC4620 4.2 精度・応答時間 デジタル安全保護系は、安全保護上必要な精度、応答時間（リアルタイム性能を含む）を計算機システムと関連ハードウェア部を合わせた全体システムとして満足する設計とすること。（解説-4） （解説-4） リアルタイム性能とは、プロセス信号のサンプリング周期及び処理速度が、プロセスの変化速度に十分追従できる能力のことを言い、応答時間にはサンプリング周期及び処理速度を含めるものとする。</p>	<p>デジタル安全保護系の各設定値は、デジタル安全保護系の有する計装誤差を考慮して定めるものとする。 デジタル安全保護系の応答時間は、原子炉設置変更許可申請書添付十の解析で使用している応答時間を満足する設計とする。 また、安全保護系に用いるプラントのプロセス値の変動に対してマイクロプロセッサの演算周期は十分短く、リアルタイム性能が問題となることはない。</p>	<p>対象とする。 潮位観測システム（防護用）のうち演算装置のセット値（0.45m）は、計装誤差を考慮して定めるものとする。また、10分以内の±0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）の潮位変動に対して演算装置のサンプリング周期（0.2秒）は十分短く、リアルタイム性能が問題となることはない。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の適合性
<p>JEAC4620 4.3 多重性</p> <p>デジタル安全保護系は、システム構成機器又はチャンネルの単一故障あるいは単一取り外し、バイパスに対して機能を喪失することがないように、多重性を有する設計とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、その系統を構成する機器若しくはチャンネルに単一故障が起きた場合、又は使用状態からの単一の取り外しを行った場合においても、その安全保護機能を失わないように、多重性を備えた設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置は、その系統を構成する機器若しくはチャンネルに単一故障が起きた場合、又は使用状態からの単一の取り外しを行った場合においても、その安全機能を失わないように、多重性を備えた設計とする。</p>
<p>JEAC4620 4.4 独立性</p> <p>デジタル安全保護系は、一つのチャンネルの故障によって安全保護機能が喪失しないようにチャンネル相互を電氣的、物理的に分離し、チャンネル間の独立性を有する設計とすること。（解説-5）</p> <p>（解説-5）</p> <p>多重化されたチャンネル間の通信の機能的分離は具体的には以下を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多重化されたチャンネル間の通信は、原則として一方通行の通信路を介して情報伝達を行う。双方向通信が可能な通信路を介して情報伝達を行う場合には、発信側のシステムと受信側のシステム間の調整あるいは接続の失敗等によって、どちらのシステムも機能的に異常をきたさない設計とする。 ・通信接続の制御は、受信側の異常が発信側に影響しない設計とする。 	<p>デジタル安全保護系は、通常運転時、保修時、試験時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時において、その安全保護機能を失わないように、その系統を構成するチャンネル相互を分離し、それぞれのチャンネル間の独立性を実用上可能な限り考慮した設計とする。</p> <p>具体的には、デジタル安全保護系は、チャンネル毎に個別の筐体に収納することにより物理的分離を図り、チャンネル相互でデータ通信を行う場合は、光伝送方式を用いることにより電氣的分離を図るとともに、通信専用のメモリを介する等により他チャンネル又はデータ通信機能の異常が演算処理装置（CPU）に影響を及ぼさない設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置は、その安全機能を失わないように、その系統を構成するチャンネル相互を分離し、それぞれのチャンネル間の独立性を実用上可能な限り考慮した設計とする。</p> <p>具体的には、潮位観測システム（防護用）のうち演算装置は、チャンネル毎に個別の筐体に収納することにより物理的分離を図るとともに、異なる安全系電源からそれぞれ独立に給電し、電線路もチャンネル相互に分離し電氣的分離を図ることにより、他チャンネルの異常が演算装置に影響を及ぼさない設計とする。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の適合性
<p>JEAC4620 4.5 計測制御系との分離</p> <p>デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、計測制御系で故障が生じてデジタル安全保護系に影響のないよう、デジタル安全保護系と計測制御系を電氣的に分離する設計とすること。更に、通信を共有する場合には機能的にも分離する設計とすること。（解説-6）</p> <p>（解説-6）</p> <p>デジタル安全保護系と計測制御系とを部分的に共用する場合には、以下のように設計することにより、電氣的に分離することができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全保護系と計測制御系との信号取り合いは、光/電気変換などのアイソレーションデバイスを用いて電氣的に分離する。 <p>また、デジタル安全保護系と計測制御系との通信の機能的分離は具体的には（解説-5）の事項を考慮する。</p> <p>（解説-5）</p> <p>多重化されたチャンネル間の通信の機能的分離は具体的には以下を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 多重化されたチャンネル間の通信は、原則として一方通行の通信路を介して情報伝達を行う。双方向通信が可能な通信路を介して情報伝達を行う場合には、発信側のシステムと受信側のシステム間の調整あるいは接続の失敗等によって、どちらのシステムも機能的に異常をきたさない設計とする。 通信接続の制御は、受信側の異常が発信側に影響しない設計とする。 <p>技術基準規則第 35 条（安全保護装置）の解釈 第 4 項</p> <p>（4） JEAC4620 の 4.5 及び解説-6 の適用に当たっては、デジタル安全保護系は、試験時を除き、計測制御系からの情報を受けないこと。試験時に、計測制御系からの情報を受ける場合には、計測制御系の故障により、デジタル安全保護系が影響を受けないよう措置を講じること。</p> <p>デジタル安全保護系及び計測制御系の伝送ラインを共用する場合、通信をつかさどる制御装置は発信側システムの装置とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、計測制御系とは機能的に分離した設計とする。デジタル安全保護系から計測制御系へ信号を取り出す場合には、計測制御系に故障が生じて、デジタル安全保護系へ影響を与えない設計とする。</p> <p>具体的には、デジタル安全保護系と計測制御系は、個別の筐体に収納することにより物理的分離を図り、デジタル安全保護系と計測制御系とでデータ通信を行う場合は、光伝送方式を用いることにより電氣的分離を図るとともに、通信専用のメモリを介する等により計測制御系の故障がデジタル安全保護系に影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>また、デジタル安全保護系と計測制御系の伝送ラインは共用しない設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置は、潮位観測システム（補助用）へ信号を送信する設計としており、潮位観測システム（補助用）に故障が生じて、潮位観測システム（防護用）のうち演算装置へ影響を与えない設計とする。</p> <p>具体的には、光伝送方式を用いることにより電氣的分離を図ることにより潮位観測システム（補助用）の故障が潮位観測システム（防護用）のうち演算装置に影響を及ぼさない設計とする。</p> <p>また、潮位観測システム（防護用）のうち演算装置と潮位観測システム（補助用）の伝送ラインは共用しない設計とする。</p>
<p>JEAC4620 4.6 故障時の機能</p> <p>デジタル安全保護系は、駆動源の喪失、系の遮断及びその他の不利な状況になっても最終的に原子炉施設が安全な状態に落ち着く設計とすること。</p>	<p>原子炉保護設備は、駆動源の喪失、系統の遮断等が生じた場合においてもフェイル・セーフとなり、最終的に原子炉施設が安全な状態に落ち着く設計とする。また、マイクロプロセッサの安全保護機能を喪失するような故障に対してチャンネルトリップ信号を発信する。</p> <p>工学的安全施設作動設備は、駆動源の喪失、系統の遮断、及びマイクロプロセッサの安全保護機能を喪失するような故障等が生じた場合においてもフェイル・セーフとなるか、又は現状維持（フェイル・アズ・イズ）となり、この場合でも、多重化された他の装置によって安全保護動作を行うことができる設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置に故障が生じた場合も、監視モニタに故障警報が発信し、故障を確実に検知できる設計としており、2 out of 3 の要求に対して、1 台が故障した場合、その 1 台は津波検知したものと扱うことでフェイル・セーフによる判断が促される設計となっている。</p> <p>なお、2 out of 3 の要求に対して、さらに予備を 1 台設置しており、1 台が故障した場合においてもプラント安全に影響を及ぼさない運用としている。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム (防護用) のうち演算装置の適合性
<p>JEAC4620 4.7 試験可能性</p> <p>デジタル安全保護系は、安全保護機能の健全性及び多重性の維持が確認できるように原子炉運転中でも試験ができる機能を有する設計とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、その健全性及び多重性の維持を確認するため、原子炉の運転中に多重性のある安全保護系のプロセス計装からの信号の監視や論理回路の動作等により、各チャンネルが独立して試験及び検査ができる設計とする。</p> <p>なお、デジタル安全保護系のソフトウェアで構成する設定値や論理回路については、ハードウェアのような経年劣化は生じないため、ソフトウェア照合や自己診断機能等を用いた方法でも健全性及び多重性の維持を確認できる設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、4 台のうち固定しない予備を設けることにより、各チャンネルが独立して試験及び検査ができる設計とする。</p>
<p>JEAC4620 4.8 環境条件</p> <p>デジタル安全保護系は、期待される安全機能に応じて必要な耐震性、耐サージ性を有するとともに、火災防護上の措置、設置される場所における予想温度、湿度、放射線量、想定される電源擾乱、サージ電圧、電磁波等の外部からの外乱・ノイズの環境条件を考慮して設計し、その設計による対策の妥当性が十分であることを確認すること。(解説-8)</p> <p>(解説-8)</p> <p>耐震性、耐サージ性、火災防護上の措置については、以下の規格、指針を参照する。</p> <p>耐震性：「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針：平成18年9月19日原子力安全委員会決定」、「原子力発電所耐震設計技術指針[重要度分類・許容応力編]：JEAG4601・補-1984」</p> <p>耐サージ性：「原子力発電所の耐雷指針：JEAG4608-2007」</p> <p>火災防護上の措置：「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針：昭和55年11月6日原子力安全委員会決定、一部改訂平成19年12月27日原子力安全委員会」、「原子力発電所の火災防護指針：JEAG4607-1999」</p> <p>技術基準規則第 35 条 (安全保護装置) の解釈 第 4 項</p> <p>(3) JEAC4620 の 4.8 における「想定される電源擾乱、電磁波等の外部からの外乱・ノイズの環境条件を考慮した設計とすること」を「想定される電源擾乱、サージ電圧、電磁波等の外部からの外乱・ノイズの環境条件を考慮して設計し、その設計による対策の妥当性が十分であることを確認すること」と読み替えること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、耐震重要度分類に応じ、要求される地震力に対して機械的強度及び電気的機能が維持されるように設計する。</p> <p>デジタル安全保護系は、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する設計としている。</p> <p>デジタル安全保護系は、温度、湿度に対して、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時においてその安全機能が発揮できる仕様としている。</p> <p>デジタル安全保護系は、放射線の影響の無い環境の整備された建屋内 (非管理区域) に設置する。</p> <p>デジタル安全保護系は、雷サージ、誘導ノイズ、電磁波障害による擾乱に対しては、環境の整備された建屋内に設置するとともに、公的規格に基づいたサージ・ノイズに対する耐力を有する設計、ラインフィルタなどによるノイズ・サージの侵入を防止する設計としている。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、耐震重要度分類に応じ、要求される地震力に対して機械的強度及び電気的機能が維持されるように設計する。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する設計としている。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、環境温度と機器の最高使用温度との比較により、環境温度以上の最高使用温度を機器仕様として設定している。</p> <p>また、100%湿度に対し機器が機能を損なわないように、機器の外装を気密性の高い構造とし、機器内部を周囲の空気から分離すること等により、絶縁や導通等の機能が阻害される湿度に到達しない設計としている。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、放射線の影響の無い環境の整備された建屋内 (非管理区域) に設置する。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、雷サージ、誘導ノイズ、電磁波障害による擾乱に対しては、環境の整備された建屋内に設置するとともに、避雷器や鋼製筐体の電線路を設置するなどによりノイズ・サージの侵入を防止する設計としている。</p>
<p>JEAC4620 4.9 非常用電源の使用</p> <p>デジタル安全保護系は、外部電源系が喪失した場合あるいは短時間の全交流動力電源喪失の場合でも安全保護機能を果たすことが可能なように、非常用所内電源系より給電される設計とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系の電源は、信頼性の高い無停電の非常用電源から給電し、外部電源が喪失した場合あるいは短時間の全交流動力電源喪失時にも安全保護機能を喪失しない設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、信頼性の高い無停電の非常用電源から給電し、外部電源が喪失した場合あるいは短時間の全交流動力電源喪失時にも安全機能を喪失しない設計とする。</p>
<p>JEAC4620 4.10 設定値の変更</p> <p>デジタル安全保護系は、運転条件に応じた適切な保護を行うために設定値を変更する必要がある場合には、手動にて作動設定値を変更できる設計とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系の設定値は、プラントの運転状態に合わせて、ソフトウェアの変更により、変更可能な設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置のセット値は、セット値を変更する必要がある場合には、ソフトウェアの変更により、変更可能な設計とする。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム (防護用) のうち演算装置の適合性
<p>JEAC4620 4.11 入力変数の選定</p> <p>デジタル安全保護系の入力、実用上可能な限り、その把握すべき変数の直接検出によって得られる信号である設計とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系の入力は、実用上可能な限り、その把握すべき変数の直接検出によって得られる信号である設計とする。</p> <p>ただし、直接検出で得られない信号には、出力領域中性子束及び 1 次冷却材温度 ΔT がある。(原子炉出力を間接的に測定する。)</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置の入力は、潮位の直接検出によって得られる信号である設計とする。</p>
<p>JEAC4620 4.12 保護動作の完全性</p> <p>デジタル安全保護系は、その保護動作が一度開始されたならばそれが完全に終了する設計であること。</p> <p>なお、通常運転状態への復帰は、運転員の操作によって行う設計とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、演算処理装置の動作が一度開始されれば、安全保護系のプロセス計装からの信号が復帰したとしても記憶回路などにより動作が完全に終了するまで信号を維持する設計とする。また、通常状態への復帰は、記憶回路を復帰するなど運転員の操作によって行う設計とする。</p>	<p>自動動作への要求であるため対象外とする。</p> <p>なお、演算装置の故障については、「JEAC4620 4.6 故障時の機能」に示す。</p>
<p>JEAC4620 4.13 手動操作</p> <p>デジタル安全保護系は、必要な場合に手動でも原子炉停止系又は工学的安全施設の作動を行うことができる設計であること。この場合、実用上可能な限り自動保護回路の故障によって手動操作の機能が損なわれない設計とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、必要な場合に手動でも原子炉トリップ又は工学的安全施設の作動を行うことができる設計とし、その手動操作信号は、実用上可能な限り自動動作回路の故障によって機能が損なわれない設計とする。</p>	<p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、取水路防潮ゲートの手動操作機能を有さないため対象外とする。</p>
<p>JEAC4620 4.14 動作及びバイパスの表示</p> <p>デジタル安全保護系が動作した場合は、その動作原因が中央制御室に表示される設計であること。システム構成機器又はチャンネルがバイパス又は使用状態から取外しされているときは、それが連続的に中央制御室に表示される設計とすること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、安全保護系の動作が行われた場合、その動作原因が中央制御室に警報として表示される設計とし、1チャンネルでも動作すればパルシャルトリップ警報を発信するとともに、チャンネルごとに作動状態を表示する設計とする。</p> <p>また、多重化されたチャンネルをバイパスした場合には、バイパス状態であることを連続的に中央制御室へ表示する設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、潮位変化量が 0.45m (セット値) に達した時点で発信される「変化量注意」と、10 分以内の $\pm 0.5m$ (潮位変動値のセット値は 0.45m とする。) の潮位変動の後、最大潮位又は最小潮位に達した時点から 10 分以内に潮位変化量が 0.45m (セット値) に達した時点で発信される「変化量警報」を、中央制御室に警報として表示する設計とし、1チャンネルでも動作すれば警報を発信するとともに、チャンネルごとに作動状態を表示する設計とする。</p> <p>また、多重化されたチャンネルをチャンネル除外した場合には、チャンネル除外であることを連続的に中央制御室へ表示する設計とする。</p>
<p>JEAC4620 4.15 自己診断機能</p> <p>デジタル安全保護系は、各チャンネル独立に適切な周期で実施される自己診断機能を有する設計とすること。</p> <p>また、自己診断機能によりデジタル計算機の異常を検知した場合には、デジタル計算機の異常を運転員へ告知する設計とすること。(解説-11)</p> <p>(解説-11)</p> <p>自己診断機能は、故障を早期発見することができるため、従来のアナログの安全保護系でも実施されている故障進展後の警報や定期的な試験による健全性確認に加えて、システムの信頼性を更に向上させるのに有効な一手段である。</p> <p>自己診断機能によりデジタル計算機の異常が検出された場合には、運転員が適切な措置をとれるよう、警報等により運転員へ告知する。更に、自動で、当該チャンネルを動作状態又はバイパス状態にすることもある。</p> <p>自己診断の例として、ウォッチドックタイマ、パリティチェック、送受信信号の誤り検出、ソフトウェアによるチェック等がある。</p>	<p>デジタル安全保護系のマイクロプロセッサにはサンプリング周期ごとに実施される自己診断機能を設け、故障の早期発見が可能な設計とし、運転中に常時、装置の健全性を確認する設計とする。</p> <p>また、安全保護機能を喪失するようなマイクロプロセッサの故障に対して、異常を運転員に告知するとともに、原子炉保護設備はチャンネルトリップ信号を発信し、工学的安全施設作動設備はフェイル・セーフとなるか、又は現状維持 (フェイル・アズ・イズ) となる設計とする。</p> <p>自己診断機能には、ウォッチドックタイマ、パリティチェック、誤り検出コード等がある。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、故障の早期発見が可能な設計とし、運転中に常時、装置の健全性を確認する設計とする。具体的には、演算装置が故障した場合は、監視モニタにて故障警報を発信し、異常を運転員に告知するとともに、ソフトウェア照合 (演算装置プログラムのマスターソフトウェアとのソフトウェア照合を行い、不整合がないことを確認) 及び機能確認試験 (演算装置に模擬入力を印加し、プログラム通りのセット値で警報が動作をしていることの確認) を行い、動作可能であることを確認する。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム (防護用) のうち演算装置の適合性
<p>JEAC4620 4.16 外部ネットワークとの遮断</p> <p>デジタル安全保護系は、外部ネットワークと遮断することにより外部影響の防止された設備とすること。</p> <p>技術基準規則第 35 条 (安全保護装置) の解釈 第 4 項</p> <p>(5) JEAC4620 の 4.16 の「外部からの影響を防止し得る設計」を「外部影響の防止された設備」と読み替えること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、外部のネットワークに直接接続しない設計とする。</p> <p>緊急時安全状態表示システム (SPDS) 等との接続においては、外部からのデータ読み込み機能を設けないゲートウェイ計算機を介して接続する設計とする。</p> <p>デジタル安全保護系は、有線による外部ネットワークからの遠隔操作及びウィルス等の侵入を防止する設計とする。また、デジタル安全保護系は、無線による外部からの接続機能を設けない設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、潮位観測システム (補助用) と接続しており、潮位観測システム (補助用) は、送受信ユニット間において無線伝送を採用している。このため、潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、潮位観測システム (補助用) との接続においては、外部からのデータ読み込みに対するセキュリティ対策 (ログイン認証及びホワイトリストの実装) を介して接続し、外部ネットワークからの遠隔操作及びウィルス等の侵入を防止する設計とする。</p>
<p>JEAC4620 4.17 ソフトウェアの管理外の変更に対する防護措置</p> <p>デジタル安全保護系に装荷するソフトウェアは、管理外の変更に対して適切な防護措置を講じ得ること。(解説-12)</p> <p>(解説-12)</p> <p>管理外の変更とは、故意による変更など、承認されていない変更のことをいう。ソフトウェアの管理外の変更に対する防護措置の例としては、以下がある。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) ソフトウェアの不揮発化 (2) 鍵付きスイッチの設置 (3) パスワードの登録 	<p>デジタル安全保護系のソフトウェアに対する人的侵入や不正行為が発生しないように、設備の扉の鍵管理及びソフトウェアを変更するツールのパスワード管理等により、ソフトウェアの管理されない変更を防止する設計とする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置のソフトウェアに対する人的侵入や不正行為が発生しないように、設備の扉の鍵管理及びソフトウェアを変更するツールのパスワード管理等により、ソフトウェアの管理されない変更を防止する設計とする。</p>
<p>JEAC4620 4.18 品質管理</p> <p>安全保護系に用いられるデジタル計算機は、以下の手法によりソフトウェアの健全性を確保すること。(解説-13)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェアライフサイクル及び構成管理手法を含めた、品質保証活動 ・検証及び妥当性確認活動 <p>(解説-13)</p> <p>デジタル安全保護系の品質保証活動については、「原子力発電所における安全のための品質保証規程：JEAC4111-2003」並びに「原子力発電所における安全のための品質保証規程 (JEAC4111-2003) の適用指針—原子力発電所の運転段階—：JEAG4121-2005[2007 年追補版]」の附属書「品質マネジメントシステムに関する標準品質保証仕様書」を参照する。</p> <p>市販デジタル計算機、既存開発ソフトウェア又はソフトウェア・ツールを使用する場合には、目的に応じて適切に品質が確保され、ソフトウェア実行時に、他のソフトウェアに欠陥を招かないよう考慮する。</p> <p>なお、ソフトウェアの品質を高めるために以下の手法を用いることがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理構造の簡素化 (定周期・シングルタスク構成等) ・適切な使用言語の適用による処理内容の明確化 (可視化言語の適用、ツールによる可視化等) ・ソフトウェア品質保証指標による品質管理 (品質指標の例：正確さ、完全性、要求の遵守、性能履歴等) <p>JEAC4620 4.18.1 ソフトウェアライフサイクル</p>	<p>デジタル安全保護系は、「原子力発電所における安全のための品質保証規程」(JEAC4111-2009)並びに「品質マネジメントシステムに関する標準品質保証仕様書」(JEAG4121-2009の付属書)に基づく品質保証活動により、十分な品質を確保している。</p> <p>デジタル安全保護系は、ソフトウェアの品質を高めるために、定周期処理、シングルタスク構成、割り込み処理を設けない簡素なソフトウェア処理構造にするとともに、可視化言語の適用により第三者による確認、検証を容易としている。</p> <p>これらに加えて、デジタル安全保護系のソフトウェアの品質を確保するために、「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」(JEAC4620-2008)に基づき以下の品質保証活動を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェアのライフサイクルのプロセス (設計、製作、試験、装荷、運転、変更、廃止) における品質管理方法を予め定め、実施するとともにその結果を文書化し管理する。 ・各々のプロセスでのアウトプットについては、構成管理手法を予め定め、それに従ってソフトウェアの構成を管理する。 ・設計、製作、試験、変更のプロセスの過程で、JEAG4609-2008「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針」に基づく検証及び妥当性確認 (V&V) を実施する。 <p>デジタル安全保護系の設計プロセスは、安全保護系のシステム要</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、「原子力安全のためのマネジメントシステム規程」(JEAC4111-2013)並びに「品質マネジメントシステムに関する標準品質保証仕様書」(JEAG4121-2015[2018 年追補版]の付属書)に基づき策定した品質保証計画書による活動 (以下、品質保証活動という。) により、十分な品質を確保している。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、ソフトウェアの品質を高めるために、定周期処理、シングルタスク構成、割り込み処理を設けない簡素なソフトウェア処理構造にするとともに、可視化言語の適用により第三者による確認、検証を容易としている。</p> <p>これらに加えて、潮位観測システム (防護用) のうち演算装置は、ソフトウェアの品質を確保するために、以下の品質保証活動を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェアのライフサイクルのプロセス (設計、製作、試験、装荷、運転、変更、廃止) における品質管理方法を予め定め、実施するとともにその結果を文書化し管理する。 ・各々のプロセスでのアウトプットについては、品質

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の適合性
<p>デジタル安全保護系のソフトウェアに対して、ライフサイクルを通じて品質の管理方法を予め定め、実施するとともに、これを文書化すること。（解説-14）（解説-14）</p> <p>デジタル安全保護系のソフトウェアの品質を確保するために、ソフトウェアに対してライフサイクルプロセスの考えを基にプロセスごとの管理を実施する。</p> <p>(1) ライフサイクルプロセス</p> <p>デジタル安全保護系に装荷されるソフトウェアに対しては、各プロジェクトのプロセスを定義し、文書化する。プロセスには、設計、製作、試験、装荷、運転、変更、廃止がある。</p> <p>以下に各プロセスの内容を示す。</p> <p>設計プロセス：製品に対するシステムの要求事項からソフトウェア設計仕様を作成するプロセス。</p> <p>製作プロセス：ソフトウェア設計仕様よりソフトウェアを製作するプロセス。</p> <p>試験プロセス：製作されたソフトウェアに対して試験を実施するプロセス。ソフトウェア単体に対して行う試験とハードウェアと一体となったシステムとして行う試験がある。</p> <p>装荷プロセス：実機の最終システムへソフトウェアを実装するプロセス。</p> <p>運転プロセス：システムを運転しているプロセス。</p> <p>変更プロセス：仕様変更等によりソフトウェアを変更するプロセス。</p> <p>廃止プロセス：ソフトウェアを使用不可能とするプロセス。</p> <p>ソフトウェアライフサイクルプロセスには、下記の理由により、開発、保守プロセスを定義していない。</p> <p>開発プロセス：製品を製作する前の研究、試作等であり、製品設計とは直結しないプロセスである。</p> <p>保守プロセス：ソフトウェアの保守としては実施する内容がない。なお、システムの保守としては定期検査時の試験がある。</p> <p>(2) 各プロセスで実施すべき品質管理項目</p> <p>各プロセスで実施すべき品質管理項目に対して計画を作成し、その計画に従って実施した結果を文書化する。</p> <p>なお、計画はプロジェクトの開始段階で一括して作成することでもよい。以下に各プロセスで実施すべき品質管理項目の例を示す。</p> <p>1) 設計プロセス</p> <p>ソフトウェアに対する仕様を決定する。</p> <p>また、検証手段を決定する。</p> <p>2) 製作プロセス</p> <p>仕様のとおりソフトウェアが製作されていることを確認する。</p> <p>3) 試験プロセス</p> <p>要求仕様を確認するための試験方案を作成し、判定基準内にあることを確認する。試験にはソフトウェア単体で行うものとシステムとして行うものがあり、ソフトウェア単体では確認できない内容はシステムとして確認することで</p>	<p>求事項に基づき、多重性・独立性の実現要求、安全保護系の機能要求などのデジタル安全保護系のシステム設計要求仕様を「基本設計方針書」として文書化する。これらの文書は、システム要求事項を満足していることを確認する。</p> <p>また、システム設計要求仕様に基づき、多重性・独立性の具体的な実現仕様、安全保護系の作動ロジックの具体的な機能要求などのデジタル安全保護系のハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様を「ブロック図」として文書化する。これらの文書は、システム設計仕様を満足していることを確認する。</p> <p>デジタル安全保護系の製作プロセスは、ソフトウェア設計要求仕様の文書から専用のツールを用いて、自動的にソフトウェアを製作する。製作したソフトウェアは、「ソフトウェア図」として文書化する。これらの文書は、ソフトウェア設計要求仕様どおりに作成されていることを確認する。</p> <p>デジタル安全保護系の試験プロセスは、製作したソフトウェアとハードウェアを統合し、その統合したシステムが設計要求どおりに製作されていることを試験によって確認する。本プロセスでは、試験の対象範囲、実施要領、判定基準について「試験要領書」として文書化する。これらの文書は、上流の要求事項、設計要求仕様を満足する試験内容であることを確認する。</p> <p>また、「試験要領書」に基づき試験を実施し、判定基準内であることを確認し、その結果を「試験成績書」として文書化し、管理する。</p> <p>デジタル安全保護系の装荷プロセスは、デジタル安全保護系を発電所に搬入・装荷し、現場機器との接続を行う。本設備のソフトウェアの復元が妥当であること（工場出荷時の状態に復元されていること）を装置復元試験によって確認する。</p> <p>デジタル安全保護系の運転プロセスは、運転の期間中、デジタル安全保護系が健全に機能していることを定期的に確認する。</p> <p>デジタル安全保護系の変更プロセスは、ソフトウェアの変更が生じた場合に、変更仕様を決定し、変更を行うライフサイクルプロセスから、実施内容に応じて必要とされる各々のプロセスを順次推進する。</p> <p>デジタル安全保護系のソフトウェアの使用を停止し廃止する場合、それを宣言し、他設備への使用がないように管理する。</p>	<p>保証活動に基づき、構成管理手法を予め定め、それに従ってソフトウェアの構成を管理する。</p> <p>・設計、製作、試験、変更のプロセスの過程で、検証及び妥当性確認（V&V）を実施する。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の設計プロセスは、取水路防潮ゲート閉止のシステム要求事項に基づき、多重性・独立性の実現要求、機能要求などのシステム設計要求仕様を「機能仕様書」として文書化する。これらの文書は、システム要求事項を満足していることを確認する。</p> <p>また、システム設計要求仕様に基づき、多重性・独立性の具体的な実現仕様、演算装置の具体的な機能要求などのハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様を「ブロック図」又は「フロー図」として文書化する。これらの文書は、システム設計仕様を満足していることを確認する。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の製作プロセスは、ソフトウェア設計要求仕様の文書から専用のツールを用いて、自動的にソフトウェアを製作する。製作したソフトウェアは、「PLC プログラムリスト」として文書化する。これらの文書は、ソフトウェア設計要求仕様どおりに作成されていることを確認する。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の試験プロセスは、製作したソフトウェアとハードウェアを統合し、その統合したシステムが設計要求どおりに製作されていることを工場検査（以下、試験という）によって確認する。本プロセスでは、試験の対象範囲、実施要領、判定基準について「試験要領書」として文書化する。これらの文書は、上流の要求事項、設計要求仕様を満足する試験内容であることを確認する。</p> <p>また、「試験要領書」に基づき試験を実施し、判定基準内であることを確認し、その結果を「試験成績書」として文書化し、管理する。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の運転プロセスは、運転の期間中、健全に機能していることを定期的に確認する。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の適合性
<p>よい。</p> <p>4) 装荷プロセス 管理されたソフトウェアが正しく実機に実装されることを確認する。ソフトウェアのコンベア等を用いて確認する。</p> <p>5) 運転プロセス 運転中はシステムに異常が無いことを確認する。</p> <p>6) 変更プロセス ソフトウェアの変更要否について調査する。 ソフトウェアに変更が生じる場合には、変更仕様を決定し変更を実施する。 実施内容は設計・製作・試験のプロセスに従う。</p> <p>7) 廃止プロセス 廃止することを宣言する。代替手段がある場合にはこれを含むものとする。 以上のプロセスの状態を参考図 3（省略）に示す。</p>		<p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の変更プロセスは、ソフトウェアの変更が生じた場合に、変更仕様を決定し、変更を行うライフサイクルプロセスから、実施内容に応じて必要とされる各々のプロセスを順次推進する。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置のソフトウェアの使用を停止し廃止する場合、それを宣言し、他設備への使用がないように管理する。</p>
<p><u>JEAC4620 4.18.2 ソフトウェア構成管理</u> デジタル安全保護系のソフトウェアに対して、構成管理手法を予め定め、実施するとともに、構成管理計画として文書化すること。 また、ソフトウェアを構成する管理対象項目は、ソフトウェア構成管理計画に基づき、すべてが文書化されること。（解説-15） （解説-15） 構成管理とは、管理対象要素の特定・識別と、要素の管理方法、及びソフトウェア供給者に対する監査あるいは審査方法を予め定め、計画に基づき、実施することである。具体的には以下に示す。</p> <p>(1) ソフトウェア及び関連文書を特定し、相互に識別するために、予め構成管理計画を策定し、実行する。</p> <p>(2) 構成管理計画で、以下の内容を定める。</p> <p>① ソフトウェア及び関連文書について、管理対象要素を定める。管理対象要素の例としては以下がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・要求仕様 ・設計仕様 ・製作仕様 ・試験仕様／試験結果 ・検証手順／検証結果 ・取扱説明 ・製作したソフトウェア <p>②管理対象要素の管理手法を定める。管理する項目の例としては以下がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・改訂番号、改訂日付 ・変更要求有無、他の管理対象要素との整合状況などの状態 ・他の管理対象要素との取り合い <p>③ ソフトウェアの変更手法を定める。</p> <p>④ ソフトウェア供給者への監査あるいは審査方法を定める。</p> <p>⑤ 以上の項目を実施するための体制を定める。</p>	<p>デジタル安全保護系のソフトウェアに対して、構成管理手法を予め定め、実施するとともに、構成管理計画として文書化する。また、ソフトウェアを構成する管理対象項目は、ソフトウェア構成管理計画に基づき文書化する。</p> <p>本設備に使用するソフトウェアは、演算処理回路が可視化されたシンボル化言語を使用して構築する。そのソフトウェアを設備単位あるいは演算処理のブロック単位で設計、製作、変更、保管などの管理を行う。</p> <p>その文書、ソフトウェアの変更においては、構成管理の単位ごとの改訂番号、改訂日付、改訂内容を改訂履歴として文書化し、構成管理の単位ごとに最新の状態であることを管理しながら、承認プロセスを経て発行する。</p> <p>検証と妥当性確認の実施に際して作成された文書についても、ソフトウェア構成管理計画書の構成管理対象に含める。 また、計算機に実装されているソフトウェアと同一のソフトウェアを、別に保管する。</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム（防護用）のうち演算装置のソフトウェアに対して、品質保証活動に基づき、構成管理手法を予め定め、実施するとともに、構成管理計画として文書化する。また、ソフトウェアを構成する管理対象項目は、業務プロセス管理規則に基づき JOB ドキュメント発行/返却管理表として文書化する。</p> <p>本設備に使用するソフトウェアは、演算処理回路が可視化されたラダー言語を使用して構築する。そのソフトウェアを演算処理のユニット単位で設計、製作、変更、保管などの管理を行う。</p> <p>その文書、ソフトウェアの変更においては、構成管理の単位ごとの改訂番号、改訂日付、改訂内容を改訂履歴として文書化し、構成管理の単位ごとに最新の状態であることを管理しながら、承認プロセスを経て発行する。</p> <p>検証と妥当性確認の実施に際して作成された文書についても、業務プロセス管理規則の構成管理対象に含める。 また、計算機に実装されているソフトウェアと同一のソフトウェアを、別に保管する。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム (防護用) のうち演算装置の適合性
<p>技術基準規則第 35 条 (安全保護装置) の解釈 第 4 項</p> <p>(2) JEAC4620 の 4. 18. 3 において検証及び妥当性確認の実施に際して作成された文書は、4. 18. 2 の構成管理計画の中に文書の保存を定め、適切に管理すること。</p> <p>JEAG4609 5. 変更管理</p> <p>(1) 設計要求仕様の変更及びソフトウェアの変更に関する管理方法をあらかじめ文書化し、適切な管理のもとに変更を行う。変更を行う場合には、変更理由、変更箇所等を文書化し、変更の影響範囲を明確にした上で、変更を実施し、必要に応じて、変更箇所及び変更の影響を受ける部分について検証及び妥当性確認作業を再度実施する。</p> <p>(2) 計算機に実装されているソフトウェアと同一のソフトウェアを、別に保管する。</p>		
<p>JEAC4620 4. 18. 3 検証及び妥当性確認</p> <p>デジタル安全保護系は、設計、製作、試験、変更のソフトウェアライフサイクルのプロセスで検証及び妥当性確認を実施すること。(解説-16)</p> <p>(解説-16)</p> <p>検証及び妥当性確認については、「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針: JEAG4609-2008」を参照する。新規設計や変更により検証及び妥当性確認が必要なプロセスとして、設計、製作、試験、変更を対象とする。</p> <p>なお、ソフトウェアライフサイクルプロセスにおける検証及び妥当性確認の対象を参考図 3 (省略) に示す。</p> <p>JEAG4609 4. 検証及び妥当性確認</p> <p>デジタル安全保護系に装荷するソフトウェアは、検証及び妥当性確認を実施して、安全保護上要求される機能が正しく実現されていることが確認されるべきである。</p> <p>ソフトウェアに関する検証及び妥当性確認は、以下の手法によるものとする。</p> <p>JEAG4609 4.1 検証及び妥当性確認の目的</p> <p>(1) 検証及び妥当性確認は、JEAC4620-2008 (以下、「JEAC4620」という) のデジタル安全保護系システム要求事項が設計・製作・試験・変更の各プロセスにおいて正しく実現されていることを保証するための活動である。</p> <p>(2) 設計・製作プロセスの各ステップごとに上位仕様と下位仕様の整合性チェックを主体として、下記の観点から検証作業を行う。</p> <p>(a) デジタル安全保護系システム要求事項がハードウェア・ソフトウェアの設計要求仕様と正しく反映されていること。</p> <p>(b) 上記設計要求仕様に基づいてソフトウェアが設計製作されていること。</p> <p>(c) 検証及び妥当性確認が可能なソフトウェア設計となっていること。</p> <p>(3) 必要な検証を経て製作されたソフトウェアをハードウェアと統合した後の全体システムについて、最終的に JEAC4620 のデジタル安全保護系システム要求事項が正しく実現されていることの確認をするために、試験プロセスにおいて、妥当性確認作業を行う。</p> <p>JEAG4609 4.2 検証及び妥当性確認の実施</p>	<p>デジタル安全保護系に使用するソフトウェアについては、設計、製作、試験、変更の各過程で「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針」(JEAG4609-2008) に基づく検証及び妥当性確認 (V&V) を実施し、安全保護上要求される機能が正しく確実に実現されていることが保証されたソフトウェアを使用する。</p> <p>検証は、設計、製作過程のステップごとに上位仕様と下位仕様の整合性チェックを主体として、以下の観点から検証作業を行う。</p> <p>必要な検証を経て製作されたソフトウェアをハードウェアと統合した後の全体システムについて、最終的にデジタル安全保護系システム要求事項が正しく実現されていることの確認をするために、妥当性確認を行う。</p> <p>検証及び妥当性確認作業の開始に当たり、検証及び妥当性確認基本計画を「検証・妥当性確認基本計画書」として文書化する。</p> <p>以下に、検証と妥当性確認の手順と内容を示す。</p> <p>検証 1 : デジタル安全保護系システム要求事項が正しくシステム設計要求仕様と反映されていることを検証する。</p> <p>検証 2 : システム設計要求仕様と正しくハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様と反映されていることを検証する。</p> <p>検証 3、4 : ソフトウェア設計要求仕様どおりに正しくソフトウェアが製作されていることを検証する。ソフトウェア設計要求仕様図書から自動的にソフトウェアを製作するツールを適用し、ソフトウェアの設計と製作を一体化するため、検証 3 と検証 4 は統合する。</p> <p>検証 5 : ハードウェアとソフトウェアを統合してハードウ</p>	<p>対象とする。</p> <p>潮位観測システム (防護用) のうち演算装置に使用するソフトウェアについては、品質保証活動に基づき、設計、製作、試験、変更の各過程で検証及び妥当性確認 (V&V) を実施し、要求される機能が正しく確実に実現されていることが保証されたソフトウェアを使用する。</p> <p>検証は、設計、製作過程のステップごとに上位仕様と下位仕様の整合性チェックを主体として、以下の観点から検証作業を行う。</p> <p>必要な検証を経て製作されたソフトウェアをハードウェアと統合した後の全体システムについて、最終的にシステム要求事項が正しく実現されていることの確認をするために、妥当性確認を行う。</p> <p>検証及び妥当性確認作業の開始に当たり、品質保証活動に基づき、検証及び妥当性確認基本計画を「ENG 管理票」として文書化する。</p> <p>以下に、検証と妥当性確認の手順と内容を示す。</p> <p>検証 1 : システム要求事項が正しくシステム設計要求仕様と反映されていることを検証する。</p> <p>検証 2 : システム設計要求仕様と正しくハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様と反映されていることを検証する。</p> <p>検証 3、4 : ソフトウェア設計要求仕様どおりに正しくソフトウェアが製作されている</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の適合性
<p>デジタル安全保護系に対しては、設計・製作・試験の各段階において、図 1（省略）に示される検証及び妥当性確認作業を実施する。</p> <p>検証及び妥当性確認活動は、以下の各項目に従って実施する。</p> <p>(1) 検証及び妥当性確認の手順及び内容</p> <p>検証作業は、図 1 に示された、設計・製作の各プロセスにて実施する。妥当性確認は、試験プロセスにおいて、必要な検証を経て製作された全体システムに対して行う。検証及び妥当性確認では、下記(a)～(g)の各作業を実施する。</p> <p>(a) 検証・妥当性確認基本計画作成</p> <p>検証・妥当性確認作業の開始に当たり、デジタル安全保護系システム要求事項及びシステム設計要求仕様に基づき検証・妥当性確認基本計画を作成する。この基本計画は、以下に示す検証及び妥当性確認の各作業、体制及び文書管理について規定する。</p> <p>また、ソフトウェアを再利用する場合には、その範囲に応じた検証及び妥当性確認の各作業方法等について規定する。</p> <p>(b) システム設計要求仕様検証（検証 1）</p> <p>本検証では、JEAC4620 のデジタル安全保護系システム要求事項が正しくシステム設計要求仕様に反映されていることを検証する。</p> <p>(c) ハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様検証（検証 2）</p> <p>本検証では、システム設計要求仕様が正しくハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様に反映されていることを検証する。</p> <p>(d) ソフトウェア設計検証（検証 3）</p> <p>本検証では、ソフトウェア設計要求仕様が正しくソフトウェア設計に反映されていることを検証する。</p> <p>(e) ソフトウェア製作検証（検証 4）</p> <p>本検証では、ソフトウェア設計通りに正しくソフトウェアが製作されていることを検証する。</p> <p>(f) ハードウェア・ソフトウェア統合検証（検証 5）</p> <p>本検証では、ハードウェアとソフトウェアを統合してハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様通りのシステムとなっていることを検証する。</p> <p>(g) 妥当性確認</p> <p>妥当性確認では、ハードウェアとソフトウェアを統合して検証されたシステムが、JEAC4620 のデジタル安全保護系システム要求事項を満たしていることを確認する。</p>	<p>ウェア・ソフトウェア設計要求仕様どおりのシステムとなっていることを検証する。</p> <p>妥当性確認：ハードウェアとソフトウェアを統合して検証されたシステムが、デジタル安全保護系システム要求事項を満足していることを確認する。</p>	<p>ことを検証する。ソフトウェア設計要求仕様図書から自動的にソフトウェアを製作するツールを適用し、ソフトウェアの設計と製作を一体化するため、検証 3 と検証 4 は統合する。</p> <p>検証 5：ハードウェアとソフトウェアを統合してハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様どおりのシステムとなっていることを検証する。</p> <p>妥当性確認：ハードウェアとソフトウェアを統合して検証されたシステムが、システム要求事項を満足していることを確認する。</p>
<p>JEAC4620 4.18.3 検証及び妥当性確認</p> <p>(1) 検証及び妥当性確認は、技術及び管理において設計、製作及び試験を行う組織と独立した組織が実施すること。</p> <p>JEAG4609 4.2 検証及び妥当性確認の実施</p> <p>(2) 体制</p> <p>検証及び妥当性確認を実施する体制は、検証・妥当性確認基本計画作成作業時に</p>	<p>検証及び妥当性確認を実施する体制は、設計、製作、試験の過程ではメーカーにて構成し、運転以降の過程では当社又はメーカーにて構成することとし、検証及び妥当性確認作業は、設計に携わった人間以外の別の人間又はグループが行うこととする。また、検証及び妥当性確認の実施に関する人員配置及び工程を管理する人間又はグループについても、設計、製作、試験、運転の過程に携わった人間以外の別の人間又はグループとする。</p>	<p>対象とする。</p> <p>検証及び妥当性確認を実施する体制は、設計、製作、試験の過程ではメーカーにて構成し、運転以降の過程では当社又はメーカーにて構成することとし、ソフトウェアの検証及び妥当性確認作業は、設計に携わった人間以外の別の人間又はグループが行うこととする。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム (防護用) のうち演算装置の適合性
<p>決定されるべきである。</p> <p>また、以下に示すとおり、設計・製作作業とその検証及び妥当性確認作業は、別の人間が行う。</p> <p>(a) ソフトウェアの設計、製作及び試験に対する検証及び妥当性確認を実施する人間又はグループは、原設計に携わった人間以外の人間又はグループであること。</p> <p>(b) 検証及び妥当性確認の実施を管理する組織は、設計、製作、試験及び工程管理に携わった組織以外の組織であること。この組織は、管理面で独立していれば同一部署内でも構わない。</p> <p>なお、設計・製作者はシステム設計要求仕様の作成、ハードウェア・ソフトウェア設計要求仕様の作成、ソフトウェア設計、ソフトウェア製作、ハードウェア・ソフトウェア統合の各作業を行い、検証者は検証・妥当性確認基本計画立案、システム設計要求仕様検証、ハードウェア・ソフトウェア設計要求検証、ソフトウェア設計検証、ソフトウェア製作検証、ハードウェア・ソフトウェア統合検証及び妥当性確認の各作業を行う。</p>		
<p><u>JEAC4620 4.18.3 検証及び妥当性確認</u></p> <p>(2) 検証及び妥当性確認を実施する上で適切な文書化が行われていること。</p> <p><u>JEAG4609 4.2 検証及び妥当性確認の実施</u></p> <p>(3) 文書管理</p> <p>検証及び妥当性確認を実施する上で以下の文書化を行う。</p> <p>(a) 設計の文書化</p> <p>図 1 に示される各ステップごとに必要な設計・製作に係わる内容を明確にし文書化する。</p> <p>(b) 検証及び妥当性確認作業の文書化</p> <p>検証及び妥当性確認作業の開始に当たり、検証・妥当性確認基本計画を文書として作成する。</p> <p>また、検証及び妥当性確認の各作業実施に当たっては、4.2(1)の内容を明確にし、作業内容、合格基準及び不良結果等に対する措置の文書化を行い、各作業ごとに結果を文書化する。</p>	<p>検証及び妥当性確認作業の開始に当たり、検証及び妥当性確認基本計画を「検証・妥当性確認基本計画書」として文書化する。</p> <p>また、検証及び妥当性確認の各作業実施に当たっては、作業内容、合格基準、不良結果等に対する措置を「検証要領書」として文書化し、各ステップの検証ごとに結果を「検証報告書」として文書化する。</p>	<p>対象とする。</p> <p>検証及び妥当性確認作業の開始に当たり、検証及び妥当性確認基本計画を「業務プロセス管理規則」として文書化する。</p> <p>また、検証及び妥当性確認の各作業実施に当たっては、作業内容、合格基準、不良結果等に対する措置を「基本設計審査 (DR1) チェックシート」及び「詳細設計審査 (DR2) チェックシート」を用いて各ステップの検証ごとに結果を文書化する。</p>
<p><u>JEAC4620 4.18.3 検証及び妥当性確認</u></p> <p>(3) ソフトウェアの再利用においては、既存設計での検証結果による代替を可能とする前提として再利用範囲が明確に識別され、再利用の妥当性を示す根拠が文書化されていること。</p> <p><u>JEAG4609 4.3 ソフトウェア再利用時の検証及び妥当性確認</u></p> <p>ソフトウェアの設計・製作の各作業において、既存設計を再利用する際には、再利用範囲及び再利用の妥当性を示す根拠を明確にする。</p> <p>この場合、既存設計の際の検証結果を利用することにより、4.2 節記載の検証作業をその再利用の範囲において代替することが可能である。ただし検証 5 及び妥当性確認は実施する。</p>	<p>ソフトウェアの再利用時においては、上流図書において要求する再利用範囲が明確に識別され、再利用の妥当性を示す根拠を文書化する。</p>	<p>今回の運用に特化したソフトウェアであり、再利用はないため対象外とする。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	デジタル安全保護系の 35 条への適合性	潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の適合性
<p>技術基準規則第 35 条（安全保護装置）の解釈 第 4 項 (7) 安全保護系に用いられるデジタル計算機の健全性を実証できない場合、安全保護機能の遂行を担保するための原理の異なる手段を別途用意すること。</p>	<p>デジタル安全保護系は、ソフトウェアの品質を高めるために、定周期処理、シングルタスク構成、割り込み処理なしの簡素なソフトウェア処理構造にするとともに、可視化言語の適用により、第三者による確認、検証を容易としている。</p> <p>これらに加えて、「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」（JEAC4620-2008）に基づき、デジタル安全保護系のソフトウェアの品質を確保する活動を行うこととしており、多重化されたデジタル安全保護系のソフトウェアが、共通の要因で同時に機能喪失する可能性は極めて低いものとなっているため、デジタル安全保護系の健全性は実証されている。</p>	<p>仮に潮位観測システム（防護用）のうち演算装置の全台が故障した場合は、取水路防潮ゲートを閉止することを保安規定に定めて管理しているため、対象外とする。</p>

技術基準規則第 35 条の解釈 第 4 項の要求事項	適合性	備考
<p>JEAG4609 4.2 検証及び妥当性確認の実施</p> <p>(4) ソフトウェアツールの管理</p> <p>ソフトウェアツールを使用する際には、目的に応じて適切に品質管理されたツールを使用する。(解説-9)</p> <p>なお、ソフトウェアツールとは、以下をいう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェアを設計・製作・試験する上で使用するツール(コンパイラ等) ・検証及び妥当性確認を実施する上で使用するツール <p>(解説-9)</p> <p>ソフトウェアツールの品質の確保とは、「原子力発電所における安全のための品質保証規程(JEAC4111-2003)の適用指針—原子力発電所の運転段階—: JEAG4121-2005 [2007 年追補版]の附属書「品質マネジメントシステムに関する標準品質保証仕様書」の「7.6 監視機器及び測定機器の管理」に基づいた品質保証活動の結果として確保することである。</p>	<p>ソフトウェア設計要求仕様の文書から専用のツールを用いて、自動的にソフトウェアを製作する。</p> <p>専用のツールは、「品質マネジメントシステムに関する標準品質保証仕様書」(JEAG4121-2009の附属書)に基づく品質保証活動により、適切に品質管理されたツールを使用する。</p>	<p>保守ツールは使用しないため、対象外とする。</p>

第4-5-2表 演算装置が参照している各種規格基準に対する確認方針及び確認結果

No	確認方針及び確認結果		JEAC4620 ^{※1}	JEAG4609 ^{※2}	UL508 ^{※3}	EN61010 ^{※4}
1	応答時間	安全機能上必要な応答時間を満足する設計であることを確認している。	○	—	—	—
2	多重性・独立性	多重性・独立性を有する設計チャンネルに単一故障が起きた場合、又は使用状態からの単一の取り外しを行った場合においても、その安全機能を失わないように、多重性・独立性を備えた設計であることを確認している。	○	—	—	—
3	常用系との分離	常用系で故障が生じても安全系に影響のないよう、常用系と分離した設計であることを確認している。	○	—	—	—
4	故障検知	演算装置に故障が生じた場合、故障警報が発信し、故障を確実に検知できる設計であることを確認している。	○	—	—	—
5	試験可能性	各チャンネルが独立して試験及び検査ができる設計であることを確認している。	○	—	—	—
6	環境条件	想定される環境条件を考慮した設計であることを確認している。	○	—	○	○
7	非常用電源	非常用所内電源系より給電される設計であることを確認している。	○	—	—	—
8	設定値の変更	演算装置のセット値を変更する必要がある場合には、ソフトウェアの変更により、変更可能な設計であることを確認している。	○	—	—	—
9	入力変数の選定	演算装置の入力は、潮位の直接検出によって得られる信号である設計であることを確認している。	○	—	—	—
10	チャンネル除外	チャンネル除外した場合、それが連続的に中央制御室に表示される設計であることを確認している。	○	—	—	—
11	外部ネットワークとの遮断	外部ネットワークと遮断することにより外部影響の防止された設計であることを確認している。	○	—	—	—
12	ソフトウェアの防護措置	ソフトウェアは、管理外の変更に対して適切な防護措置を講じ得る設計であることを確認している。	○	—	—	—
13	品質管理	ソフトウェアライフサイクル、ソフトウェア構成管理並びに検証及び妥当性確認によりソフトウェアの健全性を確保する設計であることを確認している。	○	○	—	—

凡例 ○：参照の対象、—：参照の対象外

※1：日本電気協会「安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する規程」（JEAC4620-2008）

※2：日本電気協会「デジタル安全保護系の検証及び妥当性確認に関する指針」（JEAG4609-2008）

※3：電源モジュールの絶縁距離や絶縁材厚みを規定しており、これらに適合する設計としている。

※4：計測、制御及び試験所使用電気機器の安全要求事項を規定しており、このうち落雷によるサージ電圧に対する要求事項に適合する設計としている。

4.5.4 故障検知について

情報処理推進機構の公開文献「組込みシステムの安全性向上の勧め（機能安全編）」に示されているとおり、近年の組込みソフトウェアは複雑に進化しており、その発生の傾向としては限りなくランダム故障に近いものとして取り扱う必要がでてきていることを考慮し、以下にハードウェアに起因する異常及びソフトウェアに起因する異常への対応を説明する。

4.5.4.1 ハードウェアに起因する異常への対応について

ハードウェアに起因する異常については、中央制御室の監視モニタに警報が発報され、速やかに異常を検知可能である。第4-5-3表にハードウェアの故障モード及び異常検知機能を示す。

第4-5-3表 ハードウェアの故障モード及び異常検知機能

故障モード	故障モードに対する異常検知機能
電源ユニットの経年劣化	電源ユニットが故障した場合、電源断となることにより監視モニタが演算装置にアクセスできなくなり、電源断後、10秒程度で監視モニタに通信エラーの警報が発報される。また、演算装置の表示ランプは全て消灯する。
CPUユニットの経年劣化	CPUが故障した場合、監視モニタが演算装置にアクセスできなくなり、故障後、10秒程度で監視モニタに通信エラーの警報が発報される。また、演算装置の表示ランプは異常ランプが点灯する。
入力モジュールの経年劣化	入力モジュールが故障した場合、監視モニタへ即座に故障警報が発報される。また、演算装置の表示ランプは異常ランプが点灯する。
I/Oモジュール読込エラー	I/Oモジュールに入力される潮位データを読み書きできない場合、監視モニタへ即座に故障警報が発報される。また、演算装置の表示ランプは異常ランプが点灯する。
アクセス異常	検出器から演算装置への入力が行われない場合、10秒程度で故障警報を監視モニタに発信するとともに、電源箱に警報ランプが点灯する。また、演算装置から監視モニタへの出力が行われない場合、10秒程度で故障警報を監視モニタに発信するとともに、演算装置に警報ランプが点灯する。
プロセッサ動作異常	プロセッサが異常動作を行った場合、監視モニタへ即座に故障警報が発報される。また、演算装置の表示ランプは異常ランプが点灯する。
不正命令の検出	存在しない命令コードを検出した場合、監視モニタへ即座に故障警報が発報される。また、演算装置の表示ランプは異常ランプが点灯する。
命令エラー	演算対象データに異常な値が設定された場合(0での割り算など)、監視モニタへ即座に故障警報が発報される。また、演算装置の表示ランプは異常ランプが点灯する。
データ処理遅延	サンプリング周期以内にプログラムを実行できない場合、監視モニタへ即座に故障警報が発報される。また、演算装置の表示ランプは異常ランプが点灯する。

4.5.4.2 ソフトウェアに起因する異常への対応について

潮位観測システム（防護用）のうち、潮位計に用いている演算装置については、潮位データを演算装置内に一旦保管し、ソフトウェア上で統計的に処理する機能を有している。この機能に想定されるバグとして、開発段階におけるプログラムミス等により、データ欠測した場合の異常処理や、10分間の潮位データを完全に取得しない状態でシステム復旧し、正しい潮位変動を計測できないといった、今回採用しているソフトウェア固有の異常が発生する可能性がある。このように、潮位観測システム（防護用）は、従来の安全保護系とは異なる要素をもっていることから、適切な品質管理を実施する必要がある。

ソフトウェアに起因する異常については、情報処理推進機構の公開文献「組込みソフトウェア開発における品質向上の勧め（バグ管理手法編）」を参照し、バグ管理の目的、バグの定義を明確化するとともに、ソフトウェアライフサイクルプロセスにおいて、どのような対応によりこれらのバグを検知し、どのような処置を講ずるか整理する。

なお、ベンダーの開発・設計段階におけるバグへの対応・処置については、ベンダーにおけるバグ管理に係る品質保証活動を向上させるための調達管理を、事業者が確実に実施する。また、実機供用段階におけるバグへの対応・処置については、事業者及びベンダーが定期点検、設備保全等を定期的実施する。

(1) バグ管理の目的について

ソフトウェアにおけるバグ管理は、以下の目的で行う。

- ・ バグの修正
- ・ 残存するバグの有無の把握
- ・ バグの検出状況によるソフトウェアの品質の推定
- ・ バグの分析によるソフトウェアの品質改善

バグ管理を行うことで、バグの発見、原因究明、修正、確認、承認等の一連のバグ管理プロセスにより、対策漏れの防止や潜在バグの削減、対策の効率化と迅速化を行い、ソフトウェアの品質向上を図ることができる。また、バグの発見から解決まで、全てのライフサイクルを通じたバグ管理ができ、バグが未解決のまま残ったり、早期修正が必要なバグを見落とししたりすることが無くなる効果を期待できる。

(2) バグの定義について

ソフトウェアに関しては、「ソフトウェアが故障した」という表現はあまり使わず、「不具合」や「欠陥」、「バグ」等の言葉が一般的である。いわゆる、ソフトウェアのバグは「障害 (fault)」で、それが原因でソフトウェアが意図したとおりに機能しない現象が「故障 (failure)」であると捉えることができる。ただし、「バグ」という用語は標準規格では定義されていないが、「バ

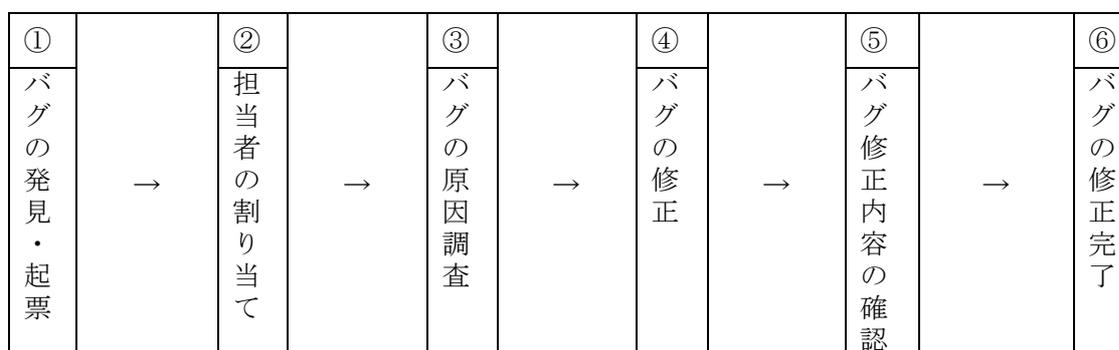
グ」という言葉は、「障害」そのものと、「障害」が原因となって起こる「故障」の両方を指すという考え方が一般的である。

今回の潮位観測システム（防護用）に用いている演算装置のバグについては、IEEE Std 982.1-2005「IEEE Standard Dictionary of Measures of the Software Aspects of Dependability.」の「欠陥（defect）」を参照し、「設計者や事業者の認識の有無にかかわらず、すべての成果物において要件定義の誤り、仕様設計の誤り、プログラミングの誤り、システム構築の誤り等により「期待される結果」と乖離があるために、何かしらの対策・対応が必要と考えられる現象またはその原因」と定義する。

(3) バグ管理について

ソフトウェアの開発・設計・実機供用段階で、様々な要因によりバグの発生が考えられ、バグを漏らさず適切に処理し、再発を防ぐためには、バグに関する情報を記録し、管理する必要がある。

バグ管理については、バグが発見されてから、原因究明や処理が行われ、対応が完了したことが確認されるまでの一連の活動「バグ管理プロセス」を、事業者がベンダーに要求し、これを適切に管理する。開発段階におけるバグ管理プロセスの基本フローを第4-5-6図に示す。



第4-5-6図 バグ管理プロセスの基本フロー

- ① バグの発見・起票：発見されたバグは、帳票等に記録し関係者へ報告される。報告の完了時にバグ票の状態は「起票済」となり、関係者に通知される。
- ② 担当者の割り当て：起票された情報を確認し、適切な担当者を割り当てる。担当者が割り当てられるとバグ票の状態は「担当者割当済」となり、担当者に通知される。
- ③ バグの原因調査：担当者は再現性の確認、バグの原因調査、修正方法の検討等を行う。調査後、解決方法等の情報を合わせて記録し、バグ票の状態を「調査済」とする。
- ④ バグの修正：担当者は実際の修正作業を行う。バグを修正後、バグ票の状態を「処置済」とし、報告は確認担当者などに通知される。

- ⑤ バグ修正内容の確認:担当者は再テストを行い、修正が完了していることを確認した上で、バグ票の状態を「検証済」とする。
- ⑥ バグの修正完了:管理者は「検証済」となっているバグに対して内容を確認し、バグ票の状態を「完了」に変更する。

(4) バグ管理内容と管理項目について

バグ管理を行うために、バグに関するどのような情報を用いればよいかを、標準的なバグ管理項目として設定する。管理主要項目一覧例を第4-5-4表に示す。

第4-5-4表 管理主要項目一覧例

項目名	説明
管理番号	管理のための番号。
概要	発生したバグに関する概要説明。
ステータス	対応の状況を記述する。 (例) 起票済 (new)、担当者割当済 (assigned)、調査済 (analyzed)、処置済 (resolved)、検証済 (verified)、完了 (closed)
発見日時	バグの発見日時。
完了日	処置内容の検証が終了し、処置完了した日付。
内容	発生したバグに関する詳細な説明。問題動作だけでなく、本来(仕様として)期待される動作も記述する。
発見工程	バグを発見した工程。
発生原因	バグ発生の原因分析結果。
解決方法/処置内容	解決方法、修正内容あるいは対応方針。
バグ区分	バグの分類。「第4-5-5表」を参照。
重要度	バグが与える影響の度合いを分類する。「第4-5-5表」を参照。
作り込み工程	バグを作り込んだ工程。
発見すべき工程	本来、バグを発見すべき工程。
発見すべきアクティビティ	本来、バグを発見すべきアクティビティ(工程作業を、さらに分割し、順序付けした作業要素)。

なお、管理項目のうちバグ区分については、バグの内容を分類し、バグの傾向分析を行ったり、改善ポイントを検討したりする際に用いることができる。また、バグ区分毎に演算装置の機能に与える影響の度合いを検討し、重要度を分類した。バグ発生プロセス別に分類したバグ区分・重要度を第4-5-5表に示す。

第4-5-5表 バグ発生プロセス別に分類したバグ区分

プロセス	種別	説明	重要度※
開発設計	記述誤り	・ソフトウェア要求仕様書等における記述の間違い、不明瞭、漏れなどによるもの。 ・設計書における上記種別以外の記述の間違い、不明瞭、漏れなどによるもの。	A
	機能欠如	・ソフトウェア要求仕様書等における記述で、要求されている機能全体の抜けによるもの。 ・設計書における記述で、要求されている機能全体の抜けによるもの。	A
	機能定義誤り	・ソフトウェア要求仕様書等における要求の定義が誤っているもの。要求されていない機能が追加されているものも含む。 ・設計書における機能の設計全体が誤っているもの。要求されていない機能が追加されているものも含む。	A
	データ誤り	データの取り扱いに関する誤りによるもの。	B
	演算誤り	演算方法に関する誤りによるもの。	B
	インターフェイス誤り	インターフェイス仕様（設計）関係の誤りによるもの。 ・システム間のデータ形式（構造、量）の誤り。 ・プログラム、タスク間のデータ形式の誤り。等	B
	タイミング誤り	タスク間のタイミング関係の誤り、設計不十分によるもの。 ・タスク間の実行条件（処理順序や割り込み処理の優先順位）の誤り。	B
	エラーチェック誤り	エラーチェックの抜けによるもの。 ・関数、メソッド呼び出しの戻り値の扱いの誤り（エラーチェック抜け）、入力データのチェックの誤りなど。	B
実装	データ誤り	コードレベルでのデータの取り扱いの誤りによるもの。	B
	インターフェイス誤り	コードレベルでのインターフェイス関係の誤りによるもの。 ・関数・メソッド呼び出しの引数の誤り。 ・他社製ソフトウェアの設定や呼び出し誤り。	B
	タイミング誤り	コードレベルでのタスク間のタイミング関係の誤りによるもの。 ・タスク間の実行条件（処理順序や割り込み処理の優先順位）の誤り。	B
	エラーチェック誤り	コードレベルでのエラーチェックの抜けによるもの。	B
	機能欠如	コードの記述で、要求されている機能全体の抜けによるもの。	A
	機能実装誤り	上記以外で機能の実装が正しくないもの。要求されていない機能に対するコードが追加されているものも含む。	A

※：A：個別又は共通的に発生する可能性のあるバグであり、潮位計が動作不能となる。

B：個別又は共通的に発生する可能性のあるバグであり、潮位計が動作不能となる可能性がある。

(5) バグの検知方法について

開発・設計段階においては、ベンダーの品質保証によりソフトウェアの不具合が混入しない対策を講じており、ソフトウェア故障の可能性は十分低く抑えられている。

しかし、第4-5-5表「バグ発生プロセス別に分類したバグ区分」に示すとおり、ソフトウェアのライフサイクルプロセスにおいて、何らかのバグが発生する可能性があることを否定できない。

このため、より一層の信頼性向上の観点で、開発・設計段階においては、事業者の調達要求に基づき、ベンダーはバグを検知するため複数の機能検査（メモリ検査、プログラム実行検査、通信検査、リアルタイムクロック検査等）を実施するとともに、定周期処理、シングルタスク構成、割り込み処理なしの簡素なソフトウェア処理構造にするとともに、可視化言語（ラダープログラム）を適用し、可能な限りバグを容易に検知できる措置を講じる。また、実機供用後の運転・変更・廃止段階においては、事業者及び事業者の調達要求に基づくベンダーの定期点検、設備保全等（マスターソフトウェアと実機に装荷したソフトウェアの照合、演算装置に模擬入力を印加しプログラム通りのセット値で警報が動作すること、取水路防潮ゲート閉止判断基準には到達しないが、平常時とは異なる潮位変動を確認した場合（台風等の異常時の潮位変動を除く）、監視モニタと手計算の潮位変化量が整合していることを確認すること及び異常な模擬データを演算装置に入力しても、設計通り機能することを確認すること）によりバグが発生していないことを確認する。

第4-5-5表で設定したバグの重要度を踏まえると、重要度A,Bいずれのバグが発生した場合においても、個別又は共通的に発生する可能性のあるバグであり、かつ潮位計が動作不能となる可能性がある。このため、いずれも前述の検査、定期点検、設備保全等のソフトウェアライフサイクルプロセスの各段階におけるソフトウェア管理活動によりバグを検知できる設計としており、これに準じた運用は保安規定に定めて管理する。ソフトウェアライフサイクルプロセスにおける不具合の発生要因、動作不能状態及びソフトウェア管理活動を第4-5-6表に示す。

なお、演算装置は、4台のうち固定しない予備を設けること、各チャンネルが独立していることから、1台ずつソフトウェアのバージョンアップ等によりバグを修正できる設計としている。このため、1台のソフトウェアがバージョンアップ等を実施する場合には、3台による潮位監視が可能であり、判断基準に影響を与えない設計としている。

これらの開発・運用上の多層的な配慮により、ソフトウェアの高い信頼性を確保している。

第4-5-6表 ソフトウェアライフサイクルプロセスにおける不具合の発生要因、動作不能状態及びソフトウェア管理活動

	不具合の発生要因	動作不能状態	ソフトウェア管理活動	
			事業者	ベンダー
開発・設計プロセス	設計段階でプログラムやコンパイラにバグが残った状態が維持	システム設計要求仕様が正しくソフトウェア設計要求仕様に反映されず相違がある状態	ベンダーにおけるバグ管理に係る品質保証活動を向上させるための調達管理を確実に実施する。	定周期処理、シングルタスク構成、割り込み処理なしの簡素なソフトウェア処理構造にするとともに、可視化言語（ラダープログラム）を適用し、エラーやバグの確認を容易としている。
	ソフトウェアの製作段階でバグが混入	ソフトウェア設計要求仕様通りに正しくソフトウェアが製作されず相違がある状態	ベンダーにおけるバグ管理に係る品質保証活動を向上させるための調達管理を確実に実施する。	工場出荷前段階における健全性確認試験（メモリ検査、プログラム実行検査、通信検査、リアルタイムクロック検査等）により、バグやエラーが混入していないことを確認している。
運転プロセス	実機供用期間中にバグが発生	ソフトウェアの不具合により、監視モニタにて潮位変化量を正しく表示又は正しい設定値により警報を発信できない状態	<ul style="list-style-type: none"> バグ管理に係る品質保証活動を向上させるためベンダーによる定期点検の調達管理を確実に実施する。 取水路防潮ゲート閉止判断基準には到達しないが、平常時とは異なる潮位変動を確認した場合（台風等の異常時の潮位変動を除く）、監視モニタと手計算の潮位変化量が整合していることを確認する。 監視モニタや演算装置の巡視点検により、システム異常有無を定期的に確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> マスターソフトウェアと実機に装荷したソフトウェアを照合する。 演算装置に模擬入力を印加しプログラム通りのセット値で警報が動作をしていることを確認する。 異常な模擬データを演算装置に入力しても、設計通り機能することを確認する。
変更プロセス	ソフトウェアの変更時にバグが混入	同上	<ul style="list-style-type: none"> バグ管理に係る品質保証活動を向上させるためベンダーによる新たな設計・開発に係る調達管理を確実に実施する。 「ソフトウェア等変更承認票」により、変更箇所、変更原本となる実機ソフトウェアのバージョンおよびマスターソフトウェアのバージョン、変更予定日、変更予定者、変更の要求元、変更内容、変更理由、変更による影響評価結果を記した帳票を確認する。 新たな設計・開発となる場合、変更作業計画が要求事項を満たしていることを確実にするために対比して検証するとともに、現地又は工場性能試験、検査及び試運転の実施結果を確認し、変更内容の妥当性を確認する。 装荷段階における機能確認試験により、正しいソフトウェアが装荷されたことを確認する。 	新たな設計・開発となる場合、変更作業計画が要求事項を満たしていることを確実にするために対比して検証するとともに、現地又は工場性能試験、検査及び試運転を実施する。
廃止プロセス	旧ソフトウェアの誤用によりバグが混入	—	マスターソフトウェア及び実機に装荷したソフトウェアを完全に破壊し、記録内容が読み取られ再使用されないような措置を行う。	—

4.5.4.3 演算装置故障時の対応について

演算装置にバグが発生した場合、潮位計が動作不能となる可能性がある。そこで、演算装置故障時の実際の対応について検討した結果を以下に説明する。

運転員は、潮位計の動作確認（監視モニタの潮位表示値及びトレンドグラフの指示が正常であることを目視確認並びに監視モニタの警報表示窓を目視確認）を実施し、ハードウェアの異常により、潮位計が動作不能となったことを確認できる設計としており、この運用を保安規定に定めて管理する。

また、保修課員及びベンダーは、定期点検、設備保全等（マスターソフトウェアと実機に装荷したソフトウェアの照合、演算装置に模擬入力を印加しプログラム通りのセット値で警報が動作すること、取水路防潮ゲート閉止判断基準には到達しないが、平常時とは異なる潮位変動を確認した場合（台風等の異常時の潮位変動を除く）、監視モニタと手計算の潮位変化量が整合していることを確認すること及び異常な模擬データを演算装置に入力しても、設計通り機能することを確認すること）を実施し、ソフトウェアの異常により、潮位計が動作不能となったことを確認できる設計としており、この運用を保安規定に定めて管理する。

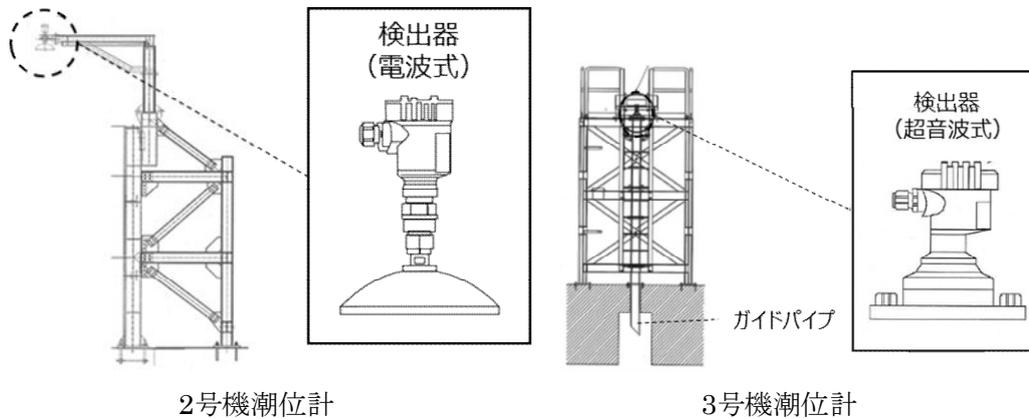
これらの異常により、潮位計が動作不能となった場合は、当該潮位計を欠測扱いとして除外し、残りの潮位計で監視を継続する。また、動作不能となった潮位計は、予備品を用いて復旧処置を実施する。

4.5.4.4 潮位計の故障判断の方法について

潮位計の具体的な故障判断の方法について説明する。高浜発電所の潮位計は、非接触式潮位計を採用しており、超音波や電波が、液面から反射して戻ってくるまでの時間を測定することにより水位の変動を検知する。今回申請の潮位計の構造図を第4-5-7図に示す。

想定される故障モード、故障した場合に想定される監視モニタの指示変動及び指示変動に伴う判断方法は第4-5-5表のとおり。想定される故障モードによって、監視モニタの指示は、スケールダウン又はスケールオーバーとなる。スケールダウン又はスケールオーバーした場合は、監視モニタに「故障」の警報が発信する設計としている。監視モニタに「故障」の警報が発信した場合、運転員は、監視モニタの警報音が発信したことを把握し、監視モニタの画面上で警報名称及び潮位データがスケールダウン又はスケールオーバーした状態を継続していること、及びそれ以外の3台の潮位データが通常潮位を示していることを目視確認することにより、即座に故障した潮位計を除外するとともに、健全な3台で潮位監視を継続し、2台が津波を検知すれば取水路防潮ゲートを閉止判断できる。なお、スケールダウン又はスケールオーバーに至らない指示突変により、「変化量注意」・「変化量警報」が同時に監視モニタに発信した場合、運転員は、監視モニタの警報音が発信したことを把握し、監視モニタの画面上で警報名称及び潮位データの指示突変が発生していること、及びそれ以外の3台の潮位データと同様に通常潮位を示し

ていることを目視確認することにより、即座に故障した潮位計を除外するとともに、健全な3台で潮位監視を継続し、2台が津波を検知すれば取水路防潮ゲートを閉止判断できる。

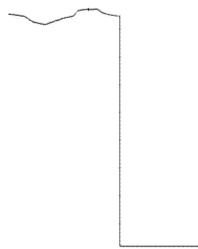


第4-5-7図 今回申請の潮位計の構造図

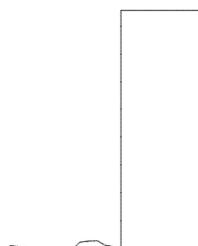
第4-5-5表 非接触式水位計の故障モード等の整理表

故障モード	監視モニタ指示変動※	指示変動に伴う故障確認
検出器前面への水滴等の付着	スケールダウン、スケールオーバー又はこれらに至らない指示突変	スケールダウン又はスケールオーバーした場合は、「故障」の警報が監視モニタに発信する。運転員は、監視モニタの警報音が発信したことを把握し、監視モニタの画面上で警報名称及び潮位データがスケールダウン又はスケールオーバーした状態を継続していること、及びそれ以外の3台の潮位データが通常潮位を示していることを目視確認することにより、即座に故障した潮位計を除外するとともに、健全な3台で潮位監視を継続し、2台が津波を検知すれば取水路防潮ゲートを閉止判断できる。なお、スケールダウン又はスケールオーバーに至らない指示突変により、「変化量注意」・「変化量警報」が同時に監視モニタに発信した場合、運転員は、監視モニタの警報音が発信したことを把握し、監視モニタの画面上で警報名称及び潮位データの指示突変が発生していること、及びそれ以外の3台の潮位データと同様に通常潮位を示していることを目視確認することにより、即座に故障した潮位計を除外するとともに、健全な3台で潮位監視を継続し、2台が津波を検知すれば取水路防潮ゲートを閉止判断できる。
ガイドパイプ内への水滴等の付着	同上	同上
ケーブル地絡、電源断	スケールダウン	「故障」の警報が監視モニタに発信する。運転員は、監視モニタの警報音が発信したことを把握し、監視モニタの画面上で警報名称及び潮位データがスケールダウンした状態を継続していること、及びそれ以外の3台の潮位データが通常潮位を示していることを目視確認することにより、即座に故障した潮位計を除外するとともに、健全な3台で潮位監視を継続し、2台が津波を検知すれば取水路防潮ゲートを閉止判断できる。
変換器故障、データ収録エラー	スケールダウン又はスケールオーバー	同上

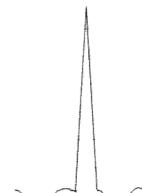
※：各指示変動のイメージを示す。



スケールダウン



スケールオーバー



指示突変

4.5.4.5 潮位計の確認・点検について

(1) 日常確認

構内の潮位計が動作可能^{※1}であることを確認するために、1日に1回、以下の項目を確認する。

※1：中央制御室にて取水路防潮ゲートの閉止判断基準に係る潮位変動を確認できること

【確認内容】

- ・目視確認
- ・監視モニタ（1号及び2号機中央制御室）及び監視モニタ（3号及び4号機中央制御室）の潮位表示値並びにトレンドグラフを目視確認し、指示が正常であることを確認する。
- ・監視モニタ（1号及び2号機中央制御室）及び監視モニタ（3号及び4号機中央制御室）の警報表示窓を目視確認し、警報が発信されていないことを確認する。

(2) 定期点検

構内の潮位計は、定期的（プラント1サイクル毎）に以下の点検を実施する。

【点検内容】

- ・各機器の目視確認・清掃
各機器の目視確認・清掃を行い、致命的な損傷がないことを確認する。
- ・機器単体確認・動作検証
機器の単体検査および動作検証を行い、健全性を確認する。
- ・ソフトウェア照合^{※2}
演算装置プログラムのマスターソフトウェアとのソフトウェア照合を行い、不整合がないことを確認する。（これにより計測範囲、警報設定値の不整合も合わせて確認できる）
- ・入出力動作確認
電源箱および演算装置へ模擬入力し、監視モニタ表示への出力を確認する。
- ・機能確認試験
演算装置に模擬入力を印加し、プログラム通りのセット値で警報が動作をしているか確認する。

※2：構内の潮位計について論理回路はないが、取水路防潮ゲートの閉止判断基準に係る潮位変動が発生した際に発信する警報はプログラムにより構

成されているため、そのプログラムが正常であることを確認する。

4.6 加振試験の条件について

4.6.1 概要

本資料は、潮位観測システム（防護用）である潮位計及び衛星電話（津波防護用）並びに衛星電話（固定）について、加振試験により電氣的機能の機能維持を確認する場合の試験条件について説明するものである。

4.6.2 加振条件の設定

(1) 潮位計のうち潮位検出器

加振試験では、まず、掃引試験により固有振動数を確認する。その後、固有振動数を基準に正弦波で加振する。

正弦波による加振においては、設備の取付位置での応答加速度以上となるよう加振試験の加速度を設定する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(2) 潮位計のうち監視モニタ

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 S_s-1 から S_s-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(3) 衛星電話（津波防護用）のうち衛星電話機（津波防護用）

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 S_s-1 から S_s-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(4) 衛星電話（津波防護用）のうち中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 S_s-1 から S_s-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(5) 衛星電話（津波防護用）のうち中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）

加振試験では、まず、掃引試験により固有振動数を確認する。その後、固有振動数を基準に正弦ビート波で加振する。

正弦ビート波による加振においては、設備の取付位置での応答加速度以上となるよう加振試験の加速度を設定する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の2軸同時加振を実施する。

(6) 衛星電話（固定）のうち衛星電話機（中央制御室）

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 Ss-1 から Ss-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の 2 軸同時加振を実施する。

(7) 衛星電話（固定）のうち中央制御室用衛星設備収容架

模擬地震波による加振試験では、基準地震動 Ss-1 から Ss-7 を包絡する地震力での加振試験を行い、機能が維持されることを確認する。

加振試験においては水平方向、鉛直方向の 2 軸同時加振を実施する。

4.6.3 判断基準の設定

潮位観測システム（防護用）に係る器具等のように電氣的機能維持が要求される電気計装設備の機能維持については、原則として地震時の応答加速度が各々の器具等に対する振動試験により得られた加速度以下であること、または器具等が取り付けられた盤等の解析により、器具の取り付けられた位置での応答加速度が振動試験により得られた加速度以下であることを確認する。

4.6.4 加振試験の詳細

(1) 潮位計

a. 加振条件

第4-6-1表 潮位検出器の加振条件

試験体（設置箇所）	振動波形	方向	加速度
潮位検出器 （1号機海水ポンプ室及 び2号機海水ポンプ室）	正弦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G
潮位検出器 （3, 4号機 海水ポンプ室）	正弦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G

第4-6-2表 監視モニタの加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
監視モニタ （1号及び2号機中央 制御室）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G
監視モニタ （3号及び4号機中央 制御室）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G

第4-6-3表 衛星電話機（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
衛星電話機 （津波防護用）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G

第4-6-4表 中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
中央制御室用衛星設備 収容架（津波防護用） （1号及び2号機）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G
中央制御室用衛星設備 収容架（津波防護用） （3号及び4号機）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G

第4-6-5表 中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）	正弦ビート波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G

第4-6-6表 衛星電話機（中央制御室）の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
衛星電話機（中央制御室）	時刻暦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G

第4-6-7表 中央制御室用衛星設備収容架の加振条件

試験体	振動波形	方向	加速度
中央制御室用衛星設備収容架	時刻暦波	水平、鉛直	水平 <input type="text"/> G 鉛直 <input type="text"/> G

b. 加振試験の評価方法と判定基準

第4-6-8表 潮位検出器の加振試験の判定基準

部 材	評価・確認方法	判定基準
潮位検出器	加振試験後において、外観点検及び入出力試験を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ・変形や割れ、破損がないこと。 ・計器精度以内に調整可能なこと。

第4-6-9表 監視モニタの加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
監視モニタ	加振試験後、外観及び動作、画像の状態確認を実施する。	外観及び動作、画像の状態に異常がないこと。

第4-6-10表 衛星電話機（津波防護用）の加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
衛星電話機（津波防護用）	加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。	通信に異常がないこと。

第4-6-11表 中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）の加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
中央制御室用衛星設備収容架（津波防護用）	加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。	衛星電話機により通信に異常がないこと。

第4-6-12表 中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）の加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）	加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。	衛星電話機により通信に異常がないこと。

第4-6-13表 衛星電話機（中央制御室）の加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
衛星電話機（中央制御室）	加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。	通信に異常がないこと。

第4-6-14表 中央制御室用衛星設備収容架の加振条件

部 材	評価・確認方法	判定基準
中央制御室用衛星設備収容架	加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。	衛星電話機により通信に異常がないこと。

4.7 潮位観測システム（補助用）の位置づけについて

4.7.1 概要

本資料は、潮位観測システム（補助用）について、既許可で潮位観測システム（補助用）と同じ条文を適用している既認可設備と比較の上、今回の設工認の申請書類・内容を整理した結果を説明するものである。

4.7.2 潮位観測システム（防護用）に対する各自然現象に対する対策について

潮位観測システム（補助用）は、設置許可基準規則第 26 条「原子炉制御室等」第 1 項第 2 号における「外の状況を把握する設備」に該当し、同じ条文を適用している既認可設備である気象観測設備の申請書類と同等の記載内容であることを確認して今回の設工認にて申請している。

可搬型気象観測設備と潮位観測システム（補助用）の工認図書の比較を第 4-7-1 表及び第 4-7-2 表に示す。

4.7.3 潮位観測システム（補助用）を用いた運用について

潮位観測システム（補助用）は、潮位観測システム（防護用）の機能を補助する設備として、他号機の海水ポンプ室の潮位を確認することで取水路防潮ゲートの閉止判断基準の確認を補助するために設置する。

1 号及び 2 号機当直課長と 3 号及び 4 号機当直課長は、潮位観測システム（補助用）から警報が発信した時点で、他号機の観測潮位の動向を把握できる設計とする。

第 4-7-1 表 可搬型気象観測設備と潮位観測システム（補助用）の工認図書の比較

区分	資料名 (資料番号は、4号機を代表として記載する。ただし、可搬型気象観測設備について、既工認の資料番号に読み替える)	資料記載状況			説明
		可搬型気象観測設備	潮位観測システム (補助用)	参考：潮位観測システム (防護用)	
		適用条文：38条	適用条文：38条	適用条文：6,14,15,38,51条	
本文	計測制御系統施設 発電用原子炉の運転を管理するための制御装置 2 中央制御室機能及び中央制御室外原子炉停止機能	○	○	○	技術基準規則第38条第3項が適用の設備に対して記載。
	その他発電用原子炉の付属施設 5 浸水防護施設 1 外郭浸水防護設備	×	×	○	技術基準規則第6条及び51条が適用の設備のうち、実用炉規則の別表第二で要求されている設備に対して記載。
	その他発電用原子炉の付属施設 5 浸水防護施設 3 浸水防護施設の基本設計方針、適用基準及び適用規格	×	×	○	技術基準規則第6条及び51条が適用の設備のうち、実用炉規則の別表第二で要求されている設備に対して記載。
添付資料	資料1 発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書	○	○	○	設工認の要目表・基本設計方針対象設備に対して記載
	資料2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書	×	×	○	技術基準規則第6条及び51条が適用の設備に対して記載。

○：記載対象 ×：記載対象外

第 4-7-1 表 可搬型気象観測設備と潮位観測システム（補助用）の工認図書の比較

区分	資料名 (資料番号は、4号機を代表として記載する。ただし、可搬型気象観測設備について、既工認の資料番号に読み替える)	資料記載状況			説明
		可搬型気象観測設備	潮位観測システム (補助用)	参考：潮位観測システム (防護用)	
		適用条文：38条	適用条文：38条	適用条文：6,14,15,38,51条	
	資料4 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書	×	×	○	技術基準規則第14条が適用の設備に対して記載。
	資料5 通信連絡設備に関する説明書	×	×	×	通信連絡設備の記載の変更に係る場合に記載。
	資料6 耐震性に関する説明書	×	×	○	技術基準規則第6条及び51条が適用の設備に対して、設置許可基準規則の別記2の要求を満足するために記載。
	資料7 設計及び工事に係る品質マネジメントシステムに関する説明書	×	×	○	実用炉規則の別表第二で要求されている設備に対して記載。
	資料8 中央制御室機能に関する説明書	○	○	×	技術基準規則第38条第3項が適用の設備に対して記載。
添付 図面	施設共通図面 ・環境測定装置の構造図	○	○*	×	実用炉規則の別表第二に記載はないが、技術基準要求の設備に対して記載。 ※潮位観測システム（補助用）は、資料8中央制御室機能に関する説明書に同様の図

○：記載対象 ×：記載対象外

第 4-7-1 表 可搬型気象観測設備と潮位観測システム（補助用）の工認図書の比較

区分	資料名 (資料番号は、4号機を代表として記載する。ただし、可搬型気象観測設備について、既工認の資料番号に読み替える)	資料記載状況			説明
		可搬型気象観測設備	潮位観測システム (補助用)	参考：潮位観測システム (防護用)	
		適用条文：38条	適用条文：38条	適用条文：6,14,15,38,51条	
					を記載。
	施設共通図面 ・環境測定装置の取付箇所を明示した図面	○	○*	×	実用炉規則の別表第二に記載はないが、技術基準要求の設備に対して記載。 ※潮位観測システム（補助用）は、資料8中央制御室機能に関する説明書に同様の図を記載。
	浸水防護施設 その他発電用原子炉の付属施設（浸水防護施設）に係る機器の配置を明示した図面	×	×	○	技術基準規則第6条及び51条が適用の設備のうち、実用炉規則の別表第二で要求されている設備に対して記載。
	浸水防護施設 その他発電用原子炉の付属施設（浸水防護施設）の構造図	×	×	○	技術基準規則第6条及び51条が適用の設備のうち、実用炉規則の別表第二で要求されている設備に対して記載。

○：記載対象 ×：記載対象外

第 4-7-2 表 可搬型気象観測設備と潮位観測システム（補助用）の工認図書の記載事項の比較

区分	資料名	資料記載状況	
		可搬型気象観測設備	潮位観測システム（補助用）
本文	<p>発電用原子炉の運転を管理するための制御装置</p> <p>2 中央制御室機能及び中央制御室外原子炉停止機能</p>	<p>(1) 中央制御室機能</p> <p>c. 外部状況把握</p> <p>発電用原子炉施設の外部の状況を把握するため、～(略)～風向、風速その他の気象条件を測定できる気象観測設備（3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置）を設置し、～(略)～、気象観測装置のパラメータ～(略)～を入手することで中央制御室から発電用原子炉施設に影響を及ぼす可能性のある自然現象等を把握できるものとする。</p>	<p>(1) 中央制御室機能</p> <p>c. 外部状況把握</p> <p>発電用原子炉施設の外部の状況を把握するため、～(略)～潮位観測システム（補助用）（「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「2号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」、「1・2・3・4号機共用、3号機に設置」（以下同じ。））等を設置し、～(略)～、観測潮位及び公的機関から地震、津波、竜巻情報等を入手することで中央制御室から発電用原子炉施設に影響を及ぼす可能性のある自然現象等を把握できるものとする。</p>

第 4-7-2 表 可搬型気象観測設備と潮位観測システム（補助用）の工認図書の記載事項の比較

区分	資料名	資料記載状況	
		可搬型気象観測設備	潮位観測システム（補助用）
添付資料	中央制御室機能に関する説明書	<p>2.3 外部状況把握</p> <p>中央制御室は、～略～、気象観測設備（3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置（以下同じ））～略～により発電用原子炉施設の外部の状況を把握できる機能を有する設計とする。</p> <p>3.3.2 気象観測設備等</p> <p>発電所構内の状況の把握に有効なパラメータは、気象観測設備等で測定し中央制御室にて確認できる設計とする。</p> <p>中央制御室で入手できる外部状況把握可能なパラメータ及び計測範囲を第5表に示す。</p> <p>なお、その他重大事故等時の対応として、可搬型気象観測装置（1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に保管（以下同じ））も保管している。</p>	<p>2.1 外部状況把握</p> <p>中央制御室は、～略～、潮位観測システム（補助用）（「1号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「2号機設備、1・2・3・4号機共用、1号機に設置」、「3号機設備、1・2・3・4号機共用、3号機に設置」、「1・2・3・4号機共用、3号機に設置」（以下同じ。））～略～により発電用原子炉施設の外部の状況を把握できる機能を有する設計とする。</p> <p>3.1.1 気象観測設備等</p> <p>風（台風）、竜巻、津波等による発電所構内の状況の把握に有効なパラメータ（風向・風速、潮位等）を入手するために、気象観測設備、潮位観測システム（防護用）、潮位計、潮位観測システム（補助用）等を設置する。</p> <p>～略～</p> <p>なお、1号及び2号機中央制御室の監視モニタの観測潮位を、無線設備である潮位観測システム（補助用）を用いて中央制御室に伝送し、確認できる設計とする。</p> <p>潮位観測システム（防護用）、潮位計及び潮位観測システム（補助用）のシステム構成図を第1図、中央制御室で入手できる潮位観測システム（防護用）及び潮位観測システム（補</p>

第 4-7-2 表 可搬型気象観測設備と潮位観測システム（補助用）の工認図書の記載事項の比較

区分	資料名	資料記載状況	
		可搬型気象観測設備	潮位観測システム（補助用）
	添付図面に記載		<p>助用) の計測範囲を第1表、潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）の仕様を第2表に示す。</p> <p>第1回 潮位観測システム（防護用）、潮位計及び潮位観測システム（補助用）のシステム構成図</p>
		設置する。	

第 4-7-2 表 可搬型気象観測設備と潮位観測システム（補助用）の工認図書の記載事項の比較

区分	資料名	資料記載状況	
		可搬型気象観測設備	潮位観測システム（補助用）
添付 図面	施設共通図面 ・環境測定装置の構造図		中央制御室機能に関する説明書に記載
	施設共通図面 ・環境測定装置の取付箇所を明示した図面		中央制御室機能に関する説明書に記載

4.8 潮位観測システム（防護用）に対する波及的影響評価について

4.8.1 概要

潮位観測システム（防護用）については、高浜4号機の設計及び工事計画認可申請書の添付資料5-1「耐震設計の基本方針」の「3.2 波及的影響に対する考慮」に基づき、耐震設計を行うに際して、波及的影響を考慮した設計としている。

以下では、潮位観測システム（防護用）の波及的影響について説明する。

4.8.2 潮位観測システム（防護用）の間接支持構造物に対する波及的影響について

潮位観測システム（防護用）機能を維持するために必要な間接支持構造物に対する波及的影響については、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号、平成28年6月10日付け原規規発第1606105号、平成27年8月4日付け原規規発第1508041号及び平成27年10月9日付け原規規発第1510091号にて認可された工事計画の資料13-5「波及的影響に係る基本方針」の4項から変更はない。

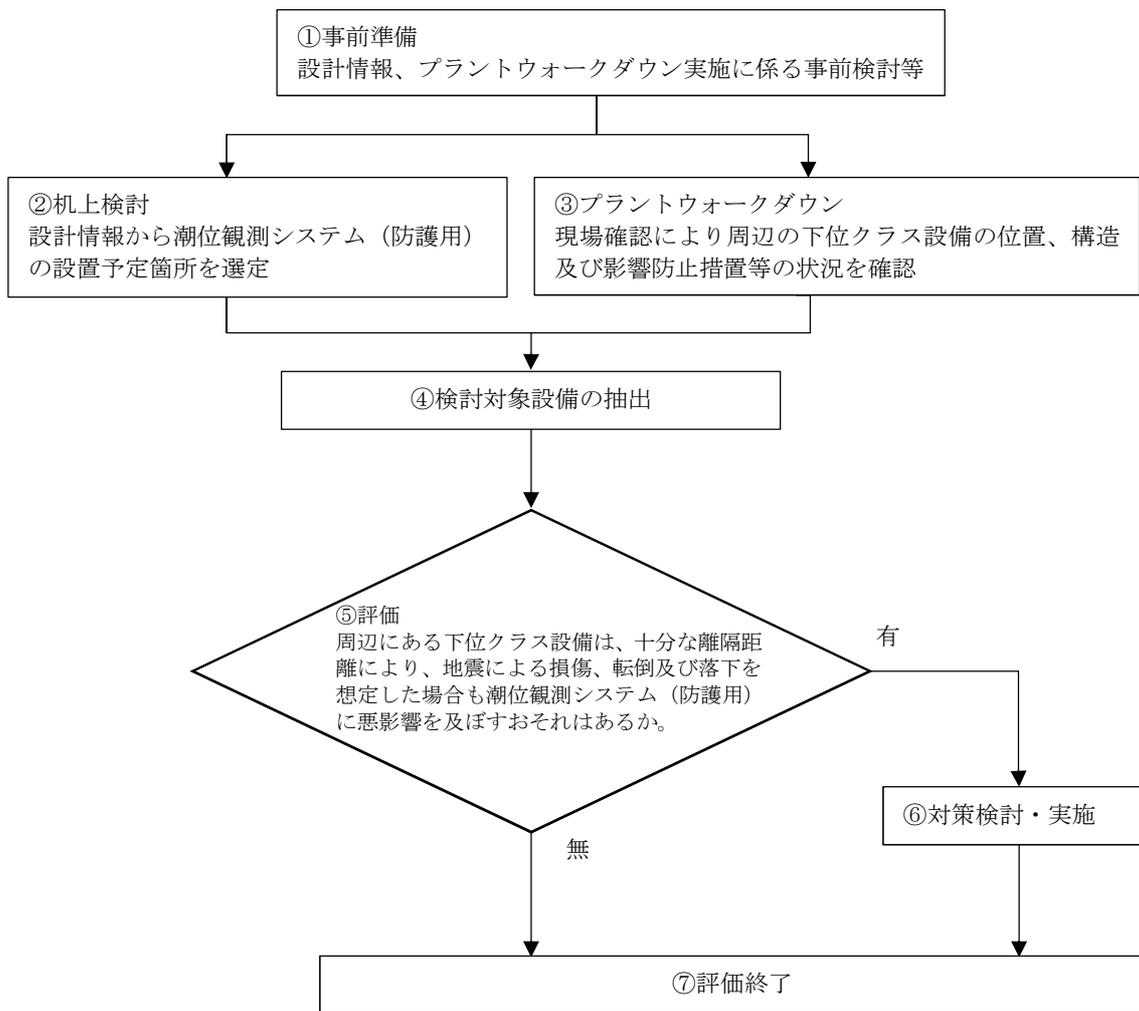
4.8.3 潮位観測システム（防護用）に対する波及的影響について

4.8.3.1 実施方法

潮位観測システム（防護用）への下位クラス設備の波及的影響を確認するため、潮位観測システム（防護用）周辺の波及的影響を及ぼす可能性がある下位クラス設備の損傷、転倒及び落下による波及的影響について評価を実施する。

具体的には、事前準備、机上検討、プラントウォークダウン、検討対象設備の抽出及び評価により、周辺の下位クラス施設の位置、構造及び影響防止措置等の状況を確認し、下位クラス施設による波及的影響のおそれの有無を調査した。

波及的影響に係る検討フローを第4-8-1図に示す。



第 4-8-1 図 波及的影響に係る検討フロー

4. 8. 3. 2 調査結果

(1) 事前準備、机上検討、プラントウォークダウン及び検討対象設備の抽出

建屋図面より、潮位観測システム（防護用）の設置予定箇所を机上検討により選定した。また、プラントウォークダウンにより、周辺の下位クラス設備の位置、構造及び影響防止措置等の状況を確認した結果、潮位観測システム（防護用）のうち、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）、電線管及びプルボックス（以下「中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等」という。）の設置予定箇所付近に点検用階段、発電機室室素封入用配管、洗濯装置行き 1 次系補助蒸気配管及び 2 次系冷却水タンクがあることを確認した。

これらの調査結果を踏まえ、潮位観測システム（防護用）のうち、1・2号機中間建屋（E. L. +24. 0m）に設置する中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等の設置予定箇所付近に設置している点検用階段、発電機室室素封入用配管、洗濯装置行き 1 次系補助蒸気配管及び 2 次系冷却水タンクについて、地

震による損傷、転倒及び落下を想定した場合、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等と接触するおそれがある範囲を確認することとした。

(2) 評価

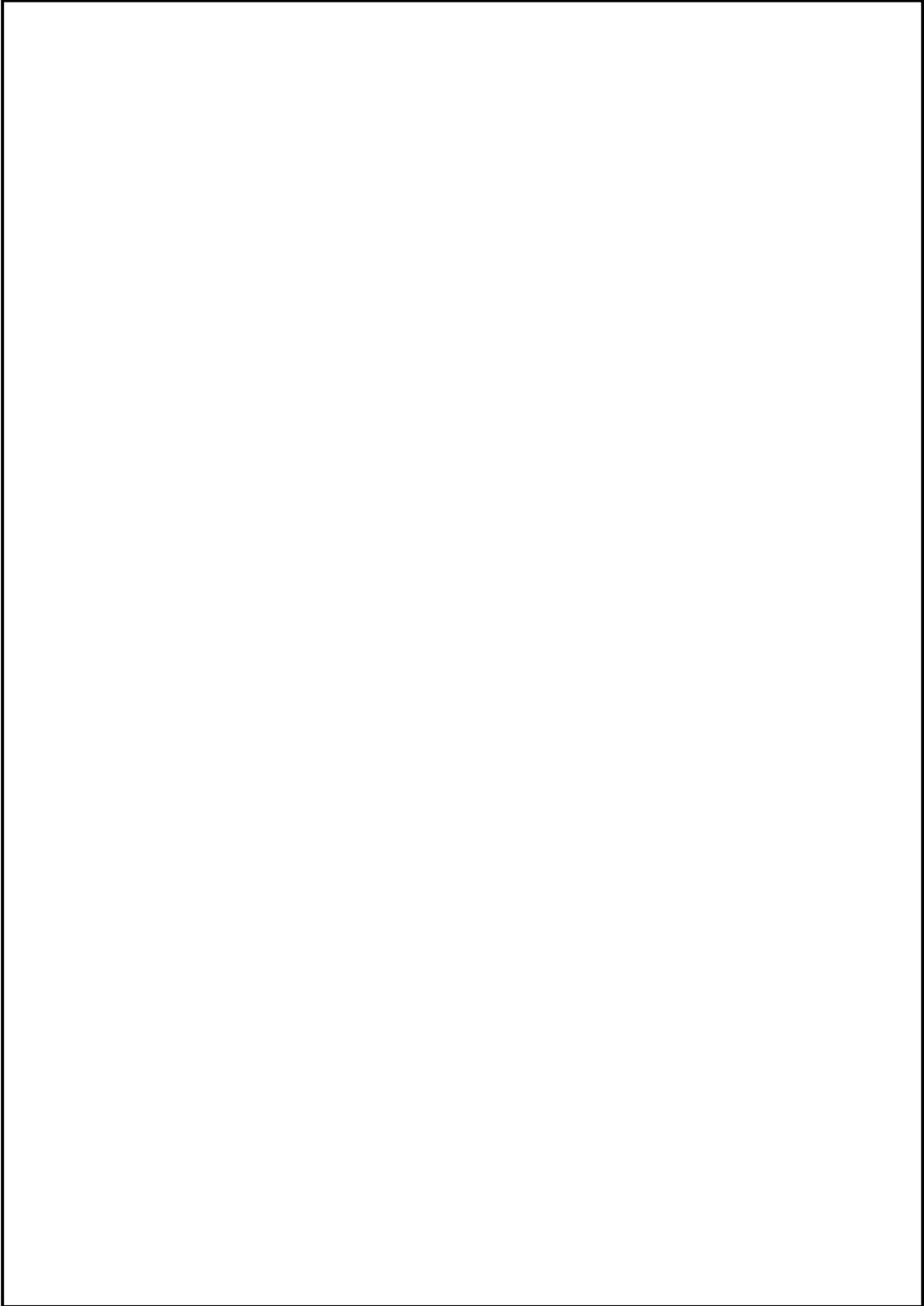
中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等設置予定箇所付近に設置している点検用階段、発電機室窒素封入用配管、洗濯装置行き1次系補助蒸気配管及び2次系冷却水タンクについて、地震時の損傷モード毎の評価を第4-8-1表に示す。第4-8-2図に中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等設置予定箇所付近に設置している点検用階段、発電機室窒素封入用配管、洗濯装置行き1次系補助蒸気配管及び2次系冷却水タンクの概略平面図及び断面図を示す。第4-8-3図に中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等周辺の写真を示す。

波及的影響の調査結果を第4-8-2表に、机上検討、プラントウォークダウン時に使用したプラントウォークダウンチェックシート及び評価を添付1のとおり示す。

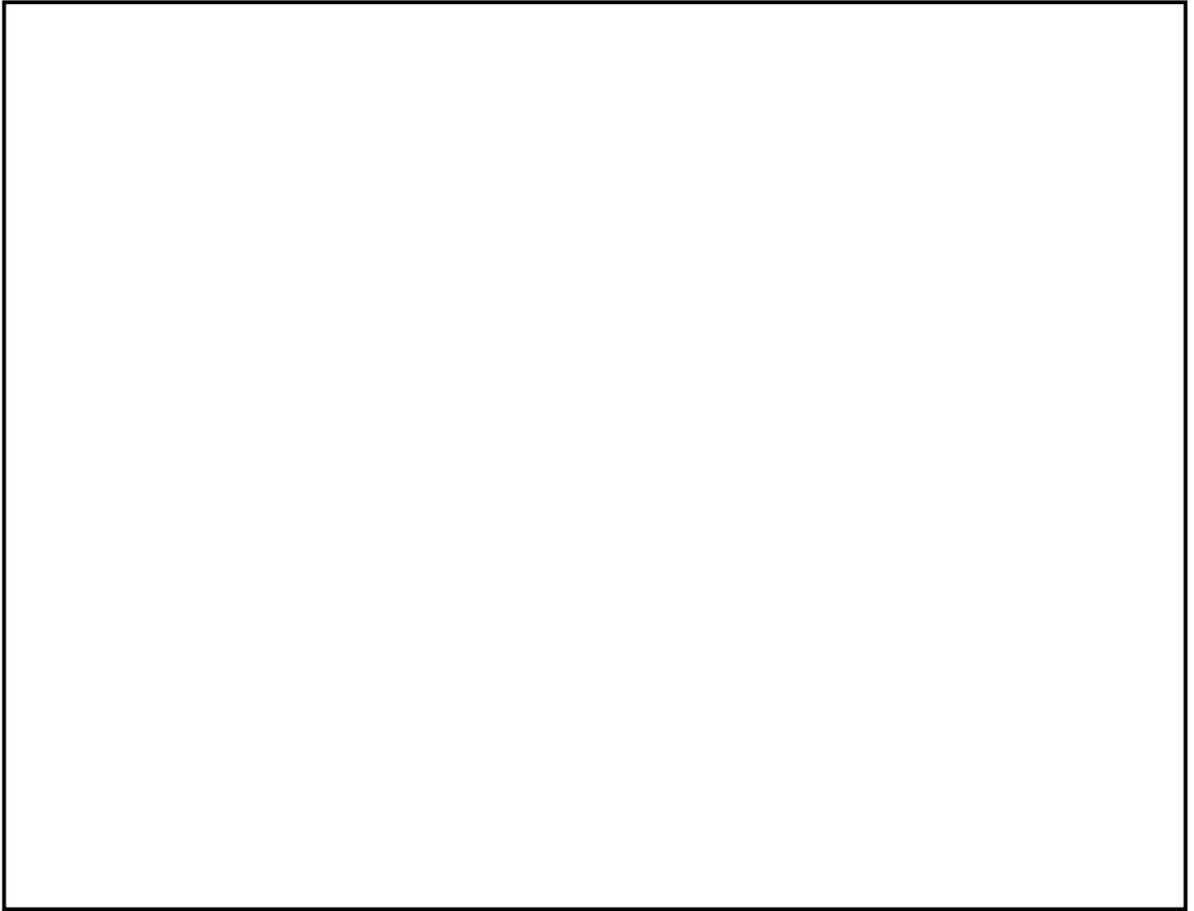
これらの評価を踏まえ、点検用階段、発電機室窒素封入用配管、洗濯装置行き1次系補助蒸気配管及び2次系冷却水タンクが、地震による損傷、転倒及び落下した場合に中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等への波及的影響のおそれがある範囲を特定し、その波及的影響が及ばない位置に中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等を設置する方針とする。

第 4-8-1 表 点検用階段、発電機室室素封入用配管、洗濯装置行き 1 次系補助蒸気配管及び 2 次系冷却水タンクの地震時の損傷モード毎の評価

下位クラス 設備	損傷モード	評 価
点検用階段	損傷	第 4-8-2 図及び第 4-8-3 図に示すとおり、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等は、点検用階段より上部に設置していることから、点検用階段の損傷により、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。
	転倒及び落下	第 4-8-2 図及び第 4-8-3 図に示すとおり、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等は、点検用階段より上部に設置していることから、点検用階段の転倒及び落下により、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。
発電機室 室素封入用 配管	損傷	第 4-8-2 図及び第 4-8-3 図に示すとおり、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等は、発電機室室素封入用配管より上部に設置していることから、発電機室室素封入用配管の損傷により、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。
	転倒及び落下	第 4-8-2 図及び第 4-8-3 図に示すとおり、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等は、発電機室室素封入用配管より上部に設置していることから、発電機室室素封入用配管の転倒及び落下により、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。
洗濯装置行き 1 次系補助蒸気配管	損傷	第 4-8-2 図及び第 4-8-3 図に示すとおり、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等は、洗濯装置行き 1 次系補助蒸気配管より上部に設置していることから、洗濯装置行き 1 次系補助蒸気配管の損傷により、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。
	転倒及び落下	第 4-8-2 図及び第 4-8-3 図に示すとおり、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等は、洗濯装置行き 1 次系補助蒸気配管より上部に設置していることから、洗濯装置行き 1 次系補助蒸気配管の転倒及び落下により、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。
2 次系冷却 水タンク	損傷	第 4-8-2 図及び第 4-8-3 図に示すとおり、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等は、2 次系冷却水タンクより上部に設置していることから、2 次系冷却水タンクの損傷により、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。
	転倒及び落下	第 4-8-2 図及び第 4-8-3 図に示すとおり、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等は、2 次系冷却水タンクより上部に設置していることから、2 次系冷却水タンクの転倒及び落下により、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。



第 4-8-2 図 中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等周辺の概略平面図
及び断面図



第 4-8-3 図 中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等周辺の写真

第 4-8-2 表 中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等への波及的影響調査結果

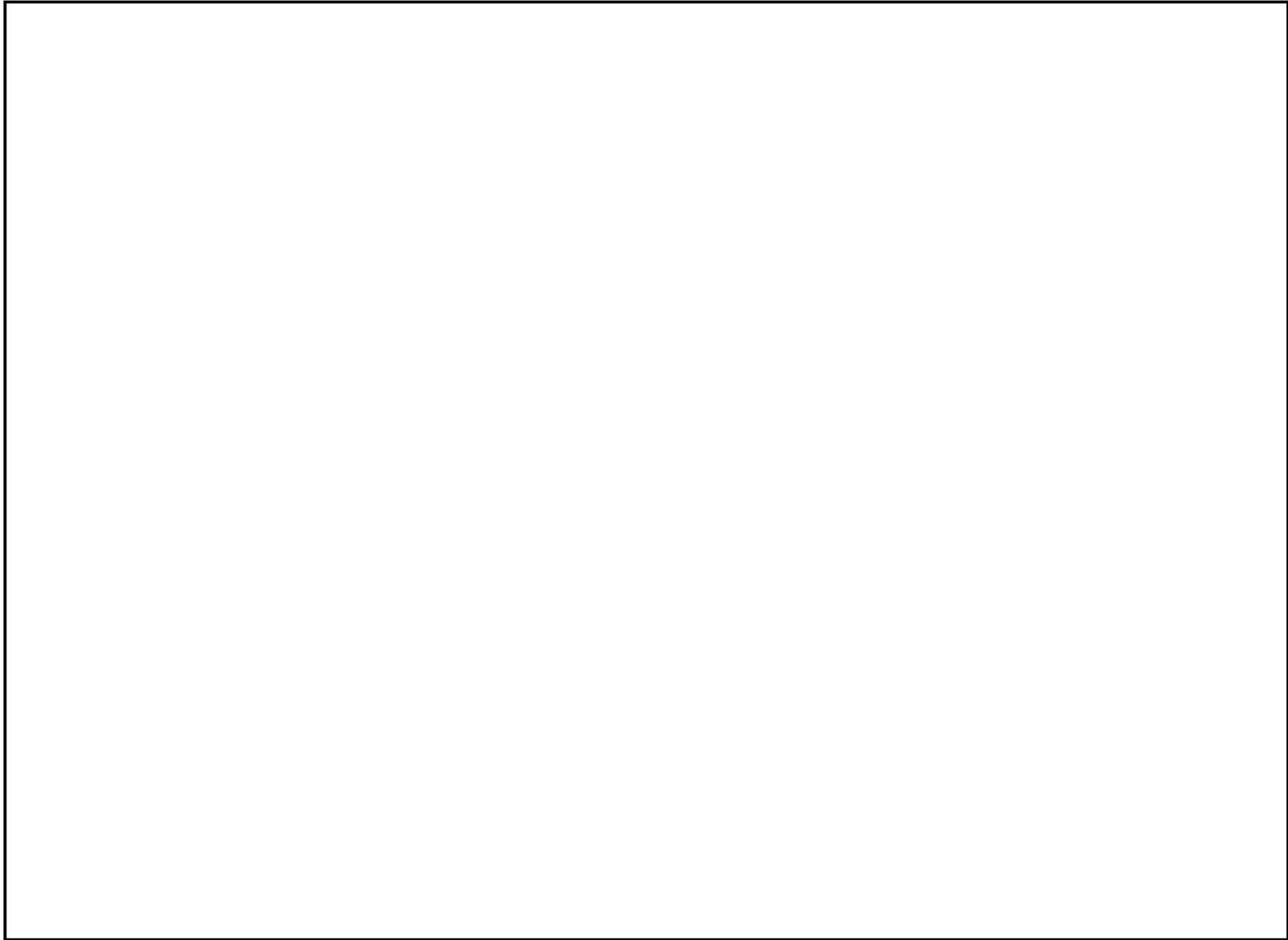
設備名	設置建屋	波及的影響を 及ぼすおそれのある 下位クラス設備	波及的影響 の可能性 ○：あり ×：なし
中央制御室衛星電話用アンテナ （津波防護用）等	1・2号機 中間建屋	—	×

中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等への波及的影響に係る机上検討

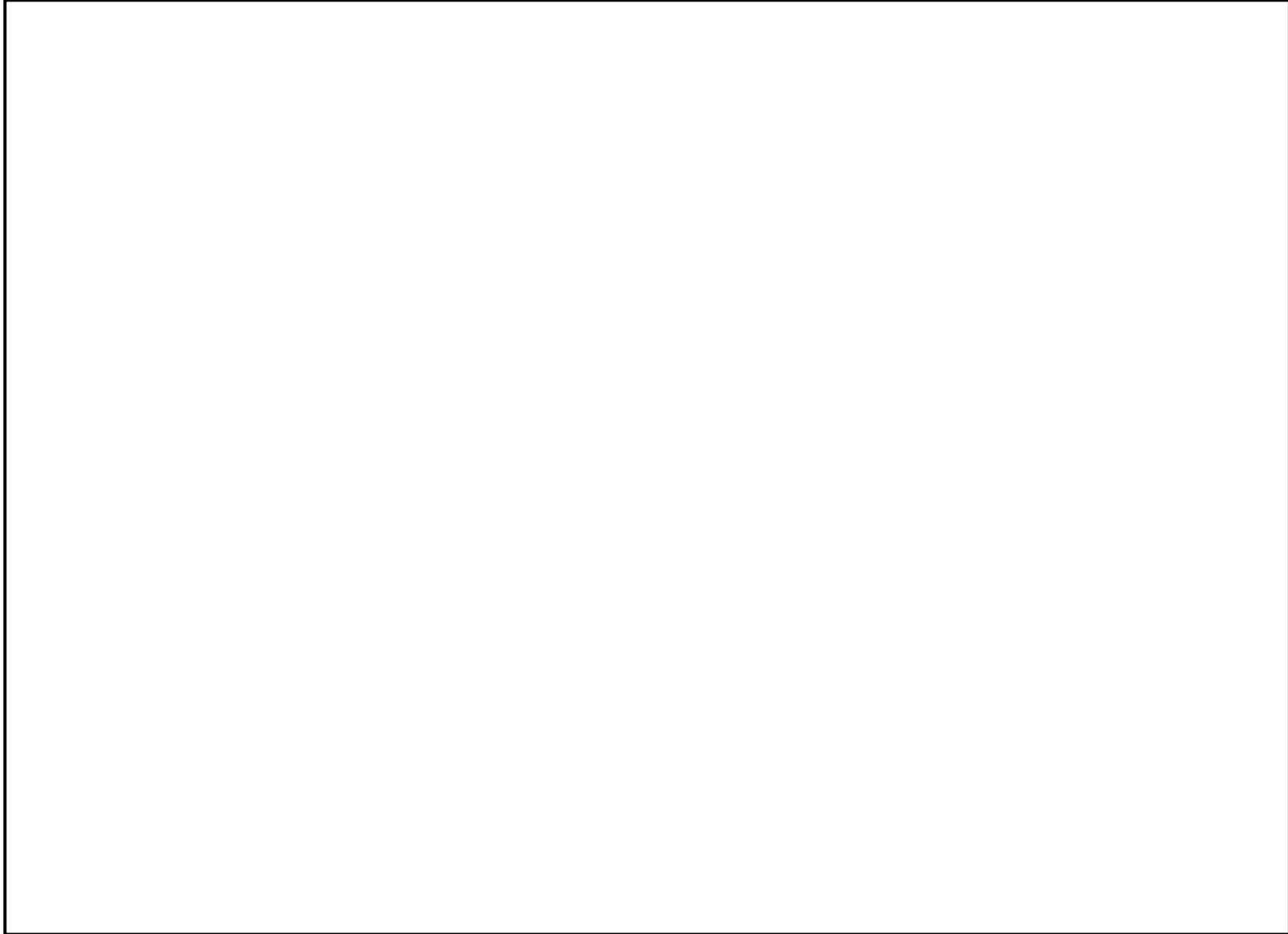
建屋図面より、中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）等の設置予定箇所を選定した。



机上検討に用いた建屋図面例（1号機中間建屋 断面図）



机上検討に用いた建屋図面例（1号機及び2号機 建屋平面図）



机上検討に用いた建屋図面例（3号機及び4号機 建屋平面図）

高浜発電所1号機 プラントワークダウンチェックシート

機器名称 : 潮位観測システム (防護用)
 床 E.L. : C/B 24.0m

波及的影響について		Y	N	U	N/A
1	建屋内における下位クラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響はない。	■	□	□	□
	・上位クラス施設の周辺に下位クラス施設 (手すり、グレーチング、照明、仮置資機材等を含む) が存在しないため、下位クラス施設による波及的影響はない。	■	□	□	□
	・下記の観点を踏まえて下位クラス施設が落下した場合において上位クラス施設と接触するおそれがない。 <観点> 下位クラス施設の衝突防止措置、固縛の状況、設置位置及び周辺の干渉物等を勘案した上で推定される落下による影響エリア内に、上位クラス施設が設置されていないこと。 ただし、落下による影響エリアについては、落下想定位置から30cmの離隔を最低距離とし、適切な幅を持たせて判断する。例えば、高所からの落下物は落下距離に応じて影響エリアを広く見積もる必要がある。なお、推定される落下影響エリアについては3人以上で協議の上、判断するものとする。	■	□	□	□
	・下記の観点を踏まえて下位クラス施設が損傷または転倒した場合において上位クラス施設と接触するおそれがない。 <観点> 下位クラス施設と上位クラス施設の間に下位クラス施設の高さ分以上の離隔距離があること。ただし、30cmの離隔を最低距離とし、適切な幅を持たせて判断する。離隔距離がない場合においては、下位クラス施設と上位クラス施設の間に干渉物、衝突防止措置等により下位クラス施設が損傷または転倒した際に接触しない配置となっていること。	■	□	□	□
	・下位クラス施設が損傷、転倒及び落下等により接触する場合において、接触する下位クラス施設の設置状況、設備種類、設備重量等を勘案し上位クラス施設の機能に影響を与えるおそれがない。	■	□	□	□
	・周辺に流体を内包する機器 (配管、容器等) がある場合、位置、構造等から溢水により当該設備に与える影響がない。	□	□	□	■
	・その他 ()	□	□	□	■
2	建屋外における下位クラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響はない。	■	□	□	□
	・上位クラス施設の周辺に下位クラス施設 (気象観測用鉄塔等各種鉄塔を含む) が存在しないため、下位クラス施設による波及的影響はない。	■	□	□	□
	・下記の観点を踏まえて下位クラス施設が落下した場合において上位クラス施設と接触するおそれがない。 <観点> 下位クラス施設の衝突防止措置、固縛の状況、設置位置及び周辺の干渉物等を勘案した上で推定される落下による影響エリア内に、上位クラス施設が設置されていないこと。 ただし、落下による影響エリアについては、落下想定位置から30cmの離隔を最低距離とし、適切な幅を持たせて判断する。例えば、高所からの落下物は落下距離に応じて影響エリアを広く見積もる必要がある。なお、推定される落下影響エリアについては3人以上で協議の上、判断するものとする。	■	□	□	□
	・下記の観点を踏まえて下位クラス施設が損傷または転倒した場合において上位クラス施設と接触するおそれがない。 <観点> 下位クラス施設と上位クラス施設の間に下位クラス施設の高さ分以上の離隔距離があること。ただし、30cmの離隔を最低距離とし、適切な幅を持たせて判断する。離隔距離がない場合においては、下位クラス施設と上位クラス施設の間に干渉物、衝突防止措置等により下位クラス施設が損傷または転倒した際に接触しない配置となっていること。	■	□	□	□
	・下位クラス施設が落下により接触する場合において、接触する下位クラス施設の設置状況、設備種類、設備重量等を勘案し上位クラス施設の機能に影響を与えるおそれがない。	■	□	□	□
	・周辺に流体を内包する機器 (配管、容器等) がある場合、位置、構造等から溢水により当該設備に与える影響がない。	■	□	□	□
	・その他 ()	□	□	□	■

SA施設について		Y	N	U	N/A
1	対象機器と支持構造物との接合部に外見上の異常 (ボルトの緩み、腐食・亀裂等) はない。	□	□	□	■

(記号の説明) Y: YES, N: NO, U: 調査不可, N/A: 対象外

総合評価 (機器周辺の状況についての記載)

中央制御室衛星電話用アンテナ (津波防護用) 等は、点検用階段、発電機室窒素封入用配管、洗濯装置行き1次系補助蒸気配管及び2次系冷却水タンク上部に設置していることから、損傷、転倒及び落下により、中央制御室衛星電話用アンテナ (津波防護用) 等へ波及的影響を及ぼすおそれはない。

実施日: 2021年1月15日
 実施者:

4.9 至近の気象観測データを踏まえた潮位観測システム（防護用）に対する「凍結」の影響及び潮位観測システム（防護用）の耐震計算において考慮する風荷重、積雪荷重について

4.9.1 概要

本資料は、潮位観測システム（防護用）に対する「凍結」の影響、潮位観測システム（防護用）の耐震計算において考慮する風荷重及び積雪荷重について、至近の気象観測データを踏まえても変更がないことを説明するものである。

4.9.2 潮位観測システム（防護用）に対する「凍結」の影響

既認可の「資料 2-1-1 耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針」において、自然現象に対する具体的な設計上の配慮を記載しており、凍結に関する記載は以下のとおりである。（下線部）

舞鶴特別地域気象観測所での至近の観測記録（2013～2020 年）を踏まえた場合においても、下表のとおり、 -8.8°C （1977 年 2 月 16 日）を超えていないことを確認した。

なお、潮位観測システム（防護用）に対する「凍結」の影響については、観測記録の -8.8°C に対し、設備仕様として、 -20°C の環境で使用可能な設計としていることから、凍結による影響はない。

第 4-9-1 表 舞鶴特別地域気象観測所での観測記録

	1947～2012 年	2013～2020 年
最低気温 (観測日)	-8.8°C (1977 年 2 月 16 日)	-5.7°C (2018 年 2 月 6 日)

【高浜 1 号機の既認可の記載（原規規発第 1606104 号 平成 28 年 6 月 10 日）】

(4) 凍結

敷地付近で観測された最低気温は、舞鶴特別地域気象観測所での観測記録（1947～2012年）によれば、 -8.8°C （1977年2月16日）である。

防護対象施設及び重大事故等対処設備は、凍結に対して、上記最低気温を考慮し、屋外機器で凍結のおそれのあるものに保温等の凍結防止対策を行うことにより、防護する設計とする。

4.9.3 耐震計算において考慮する風荷重及び積雪荷重について

(1) 風荷重

既認可の「資料 2-1-1 耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針」において、自然現象に対する具体的な設計上の配慮を記載しており、風（台風）に関する記載は以下のとおりである。（下線部）

舞鶴特別地域気象観測所での至近の観測記録（2013～2020 年）を踏まえた場合においても、下表のとおり、51.9m/s（2004 年 10 月 20 日）を超えていないことを確認した。

なお、耐震計算においては、既認可の記載に従い、上記の観測記録を考慮して統計的に算出された建築基準法に基づく基準風速を耐震計算における組み合わせ荷重として考慮している。この値は、建設省告示第 1454 号により地域ごとに定められており、高浜発電所が立地する福井県大飯郡においては、風速 32m/s であり、今回の申請時点においても変更はない。

第 4-9-2 表 舞鶴特別地域気象観測所での観測記録

	1947～2012 年	2013～2020 年
最大瞬間風速 (観測日)	51.9m/s (2004 年 10 月 20 日)	39.4m/s (2017 年 10 月 23 日)

【高浜 1 号機の既認可の記載（原規規発第 1606104 号 平成 28 年 6 月 10 日）】

(2) 風（台風）

敷地付近で観測された最大瞬間風速は、舞鶴特別地域気象観測所での観測記録（1947～2012年）によれば、51.9m/s（2004年10月20日）であり、この観測記録を考慮して統計的に算出された建築基準法に基づく基準風速を用いて、風荷重を設定し、防護対象施設を防護する設計とする。

（後略）

(2) 積雪荷重

既認可の「資料 2-1-1 耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針」において、自然現象に対する具体的な設計上の配慮を記載しており、積雪に関する記載は以下のとおりである。（下線部）

舞鶴特別地域気象観測所での至近の観測記録（2013～2020 年）を踏まえた場合においても、下表のとおり、87cm（2012 年 2 月 2 日）を超えていないことを確認した。

なお、耐震計算において組み合わせる積雪荷重は、既認可の記載に従い、上記の観測記録を考慮して統計的に算出された建築基準法に基づく垂直積雪量に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮している。垂直積雪量は、建設

省告示第 1455 号に定められた基準により観測記録や地形的要因等を考慮して福井県が区域（市町村）ごとにその数値を算出しており、高浜発電所が立地する福井県大飯郡においては、垂直積雪量 100cm であり、今回の申請時点においても変更はない。

第 4-9-3 表 舞鶴特別地域気象観測所での観測記録

	1947～2012 年	2013～2020 年
最深積雪 (観測日)	87cm (2012 年 2 月 2 日)	56cm (2017 年 1 月 26 日)

【高浜 1 号機の既認可の記載（原規規発第 1606104 号 平成 28 年 6 月 10 日）】

(6) 積雪

敷地付近で観測された積雪の深さの月最大値は、舞鶴特別地域気象観測所での観測記録(1947～2012年)によれば、87cm(2012年2月2日)であり、この観測記録を考慮して統計的に算出された建築基準法に基づく垂直積雪量を用いて、積雪荷重を設定し、防護対象施設が安全機能を損なうおそれがないよう設計する。

(後略)

5. 発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応

5.1 概要

本資料は、発電所構外の観測潮位を活用し、可能な限り早期に津波警報等が発表されない可能性のある津波に対応する運用を検討するものである。

5.2 検討条件

発電所構外の観測潮位として活用する候補地点を抽出し、既往観測潮位の活用可能性を確認した上で、津波を早期に確認可能な地点を選定する。早期確認可能な地点に対して、「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」の警報発信基準及び「津波と想定される潮位の変動」の警報発信基準を設定する。

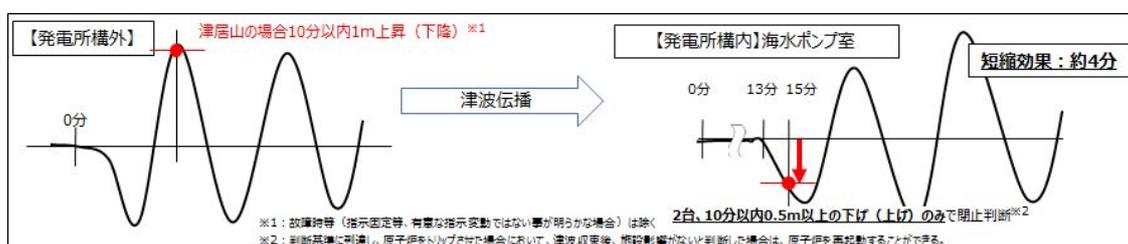
「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」及び「津波と想定される潮位の変動」は、5.3 (2) 津居山地点の観測潮位における「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」及び、5.3 (3) 津居山地点における「津波と想定される潮位の変動」において後述する。

5.3 検討結果

以下の①、②の「運用」を定め、設工認申請書の資料2の別添2に記載し、運用の具体的な内容は、保安規定以下で定めることとする。詳細を(1)～(5)に示す。

- ① 発電所構外にて「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」を確認した場合

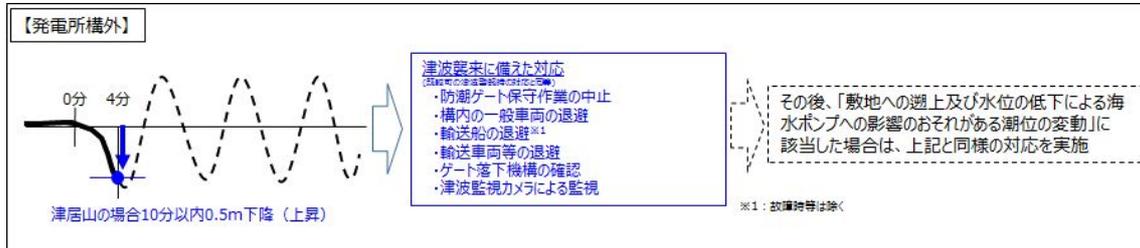
構内の潮位観測システム(防護用)での取水路防潮ゲートの閉止判断基準(トリガー)を「2台の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m(潮位変動値のセット値は0.45mとする。)の「変動(下げ(上げ)のみ)」とし、取水路防潮ゲート閉止判断を早期化する。第5-3-1図に概念図を示す。



第5-3-1図 発電所構外にて「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」を確認した場合の対応の概念図(構内潮位計の潮位変動値のセット値は0.45mとする。)

- ② 発電所構外にて「津波と想定される潮位の変動」を確認した場合
取水路防潮ゲートの落下機構の健全性確認など(取水路防潮ゲートの保守作業の中止、構内の一般車両の退避、輸送船の退避、輸送車両等

の退避、津波監視カメラによる監視)を実施し津波襲来に備える。第5-3-2 図に概念図を示す。

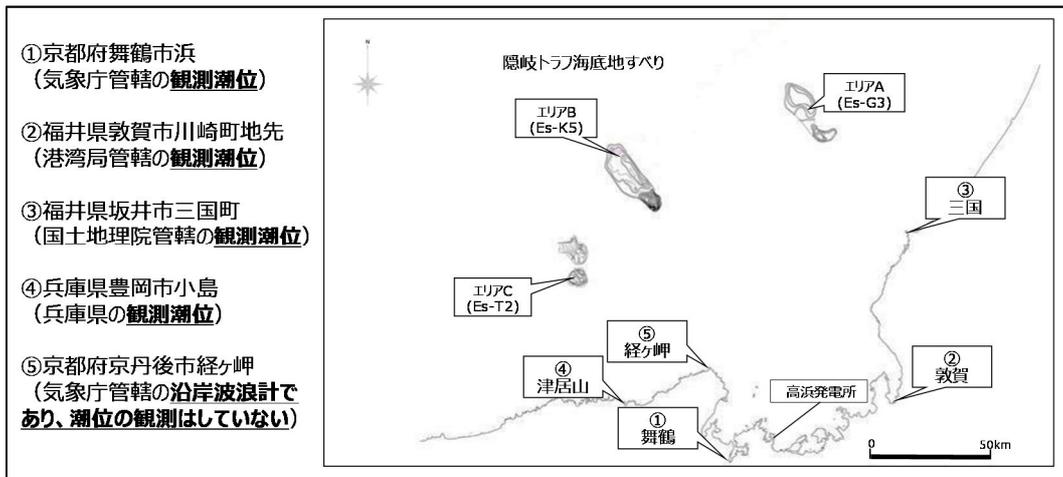


第5-3-2 図 発電所構外にて「津波と想定される潮位の変動」を確認した場合の対応の概念図

(1) 発電所構外の潮位観測の候補地点

発電所構外の潮位観測の活用について、「構内の潮位観測システム（防護用）よりも早期に確認できること」及び「過去観測データの蓄積により、海底地すべり津波と通常の潮汐を識別可能なこと」を条件に、候補地点を抽出した。高浜発電所周辺の既往観測潮位地点を第5-3-3 図に示す。また、各地点における津波シミュレーション結果の時刻歴波形から判断したエリアB（基準津波3）及びエリアC（基準津波4）の津波到達時間を第5-3-1 表に示す。第5-3-1 表より、高浜発電所に対する津波の早期確認の観点では、①舞鶴や②敦賀では早期に確認できないことから、津波を早期に確認できる地点は「③三国、④津居山、⑤経ヶ岬」である。③三国、④津居山、⑤経ヶ岬における観測潮位記録の蓄積有無及びデータ受領状況は以下の通りである。

- ③ 三国 : フロート式水位計が1台設置されている。国土地理院より当該地点検潮所での過去の潮位データを受領済み。
- ④ 津居山 : フロート式水位計が1台設置されている。兵庫県より当該地点検潮所での過去の潮位データを受領済み。検潮所のリアルタイムの観測潮位データが当社への提供が可能。
- ⑤ 経ヶ岬 : 潮位観測していない。（レーダー式沿岸波浪計であるため潮位観測は不可。）



第 5-3-3 図 高浜発電所周辺の既往観測潮位地点

第 5-3-1 表 各地点における津波到達時間

	① 舞鶴	② 敦賀	③ 三国	④ 津居山	⑤ 経ヶ岬	高浜発電所※
エリアB Kinematic	55 分	52 分	37 分	31 分	22 分	43 分
エリアC Kinematic	58 分	61 分	46 分	24 分	23 分	47 分

※高浜発電所における時間は取水口前での津波到達時間。

第 5-3-1 表より、高浜発電所に対する津波の早期確認の観点では、潮位を観測していること、エリア B (基準津波 3) 又はエリア C (基準津波 4) の海底地すべり津波の早期確認に効果的であることから、④津居山、③三国、⑤経ヶ岬の順に発電所構外における津波確認としての活用の可能性を検討した。検討結果を以下に示す。

- ④津居山については、既往潮位データの分析から、潮汐と津波の区別が可能であり、リアルタイムデータの入手も可能なことから、津波確認後に 1 号及び 2 号機中央制御室並びに 3 号及び 4 号機中央制御室へ警報発信し、更なる早期の取水路防潮ゲート閉止判断等に用いる。
- ③三国については、高浜発電所と比べて津波を早期に確認できる時間が数分程度である。リアルタイムでの潮位データの取得等について、将来的な更なる安全性向上の取り組みとして検討していく。
- ⑤経ヶ岬については、既往の観測記録の潮位データがない。丹後半島(経ヶ岬等)に新たに潮位計を設置する場合、設置のための立地交渉や妥当性のある潮位変動発信基準を設定するため相当期間のデータ採取が必要であるため、将来的な更なる安全性向上の取り組みとして検討していく。

以上より、津居山地点については、1, 2 号機再稼働までに対応する。その他は将来的な更なる安全性向上として対応していく。

(2) 津居山地点の観測潮位における「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」

津居山地点における「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」による警報発信基準設定案及び評価結果を第 5-3-2 表に示す。発電所構外における「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」は、水位 T.P. +3.0m と水位 T.P. +2.0m と水位 T.P. +1.0m の基準案から、大津波警報相当の津波高さの予測値を観測潮位で検知できること、加えて津居山及び三国地点の観測潮位範囲内であり、最も安全側の判断基準であることから T.P. +1.0m を採用する。

津居山及び三国地点において、過去の観測最高潮位がそれぞれ T.P. +1.68m、T.P. +0.98m であることから、「潮位が T.P. +1.0m に到達すること」を判断基準とした場合には誤判断をする可能性がある。津居山及び三国地点の過去の観測最高潮位はいずれも台風や低気圧による高潮が原因であり、また高潮による潮位変動の周期（時間）は非常に長いため、誤判断防止の観点から、地すべり津波の周期に合わせて 10 分以内という時間軸を設定することで信頼性確保が可能である。

以上を踏まえ、「10 分以内 1.0m 上昇（下降）」を津居山地点の観測潮位における「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」とする。

ただし、「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位」が襲来する前の潮位が津居山地点で T.P. +1.1m 以上、三国地点で T.P. +0.2m 以上の場合は 10 分以内に 1m の水位上昇をすべて確認することができないため、その際は、レンジオーバーとなったときに判断基準に達したものとする。

第 5-3-2 表 判断基準設定案及び評価結果

判断基準案	水位 TP+3.0m	水位 TP+2.0m	水位 TP+1.0m
設定経緯やその根拠等	<ul style="list-style-type: none"> 気象庁が発表する大津波警報と同等の設定。 発電所構外で大津波警報相当の津波が検知された場合、プラント「影響のある」津波と判断することとし、判断基準を「3.0mの上げ又は下げ」とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 気象庁発表の津波予想高さが実際よりも高めに設定されることから、実観測値としては3mよりも低い水位を大津波警報相当と設定。 気象庁における過去の津波記録と予測の比較から、験潮所での観測値とデータベース予測値との比は平均 1.2 程度であることから、大津波警報の下限値 3 m/1.2 = 2.5mより、保守的に2mと設定。 プラント「影響のある」津波高さの判断基準を「2.0mの上げ又は下げ」とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 気象庁における津波警報は予報区ごとに発表されることから左記の観測値と予測値の比較は予報区ベースで考慮するとその比が 1.8 程度である。したがって、大津波警報の下限値 3m/1.8 = 1.7mより、保守的に1mと設定。 プラント「影響のある」津波高さの判断基準を「1.0mの上げ又は下げ」とする。
評価	<ul style="list-style-type: none"> 津居山地点及び三国地点の観測範囲の上限を超えており、常時、レンジオーバーでの判断が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 3.0mより安全側の判断基準。 津居山地点は観測範囲内であり採用可。一方、三国地点の観測範囲の上限を超えており、常時、レンジオーバーでの判断が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 2.0mより安全側の判断基準。 津居山地点及び三国地点の観測範囲内であり採用可。 過去最高潮位を踏まえると誤検知の可能性あり。

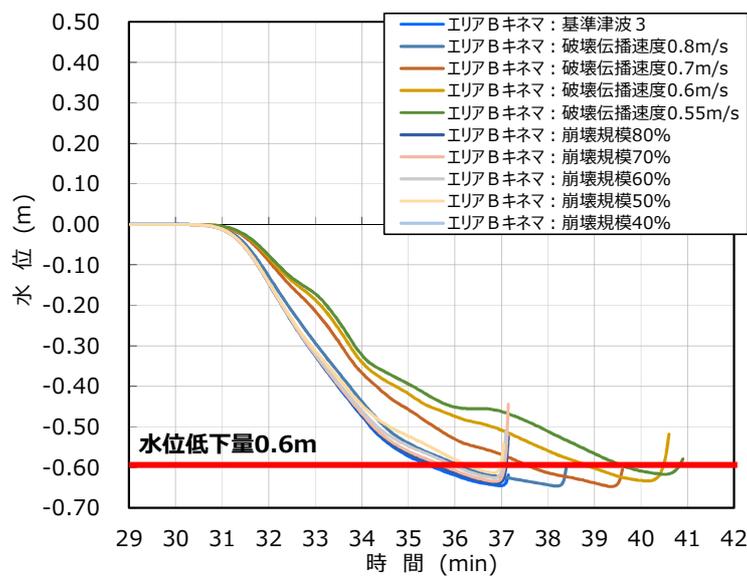
参考：発電所構外の観測地点候補の観測範囲

観測地点	観測範囲	過去最高潮位 (括弧内は観測時期及び理由)
津居山	T.P.+2.1m ~ T.P.-2.3m	T.P.+1.68m (2004年10月20日：台風23号)
三国	T.P.+1.2m ~ T.P.-1.8m	T.P.+0.98m (2005年12月6日：低気圧)

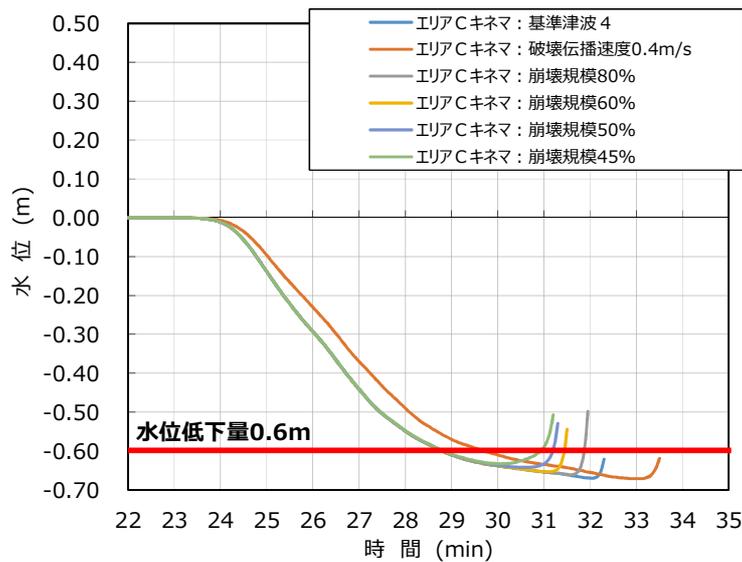
(3) 津居山地点における「津波と想定される潮位の変動」

「津波と想定される潮位の変動」として、発電所に施設影響が生じる波源を用いて、津居山地点における津波シミュレーションを実施した。

津居山地点の津波シミュレーション結果における最初の下げ波の水位低下量を確認した結果を第 5-3-4 図に示す。いずれのケースも最初の下げ波の水位低下量は 0.6m 以上である。



エリア B (基準津波 3)



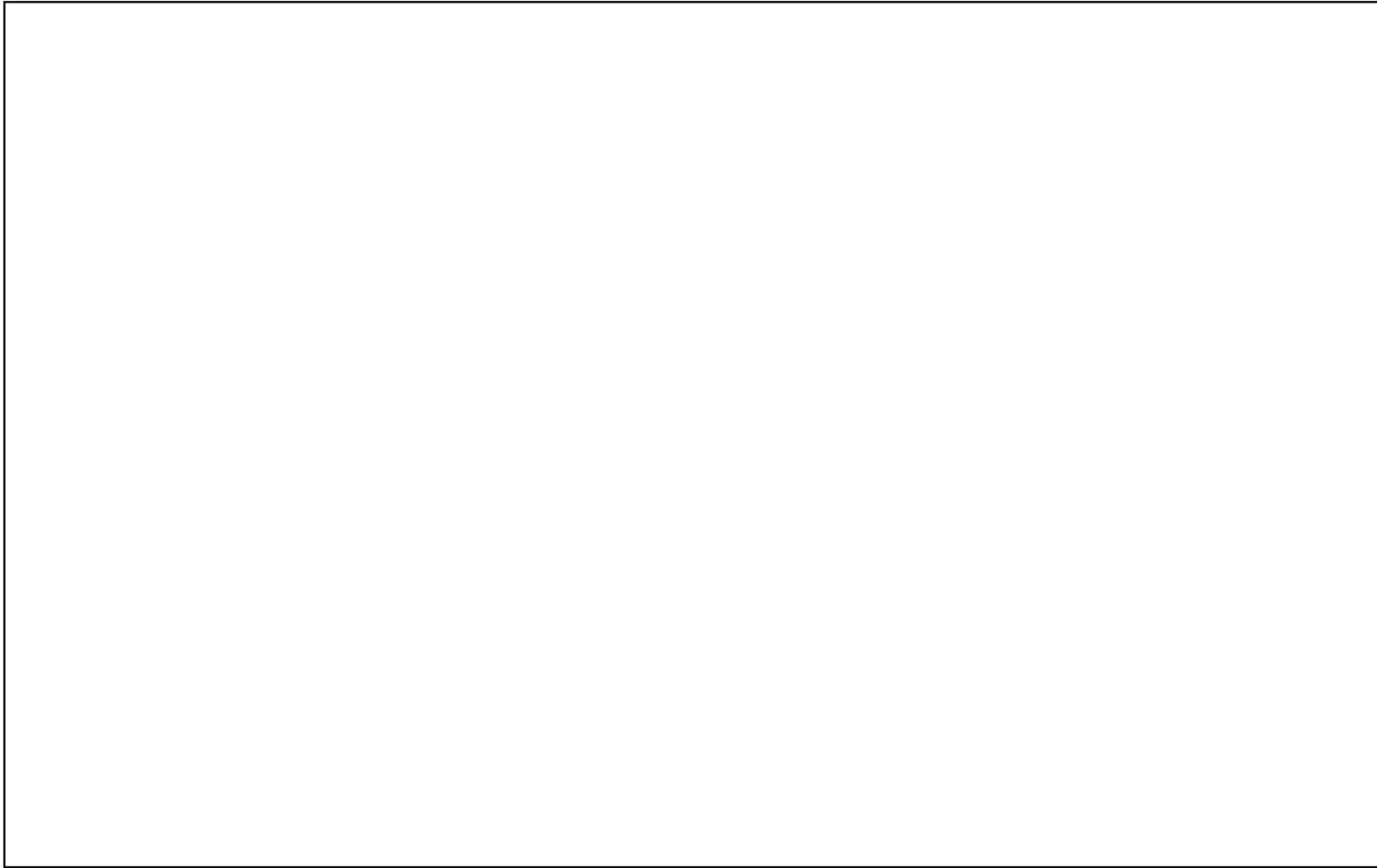
エリアC（基準津波4）
第5-3-4図 判断基準設定案及び評価結果

破壊伝播速度のパラメータスタディ及び崩壊規模のパラメータスタディを行い、発電所に施設影響が生じるケースを用いて、津居山地点の津波シミュレーションを行った結果、「津居山地点1波目の水位低下量と発電所の最高水位・最低水位の関係」、「1波目の水位低下量と0.6m低下に要する時間の関係」及び「判断基準(1波目の水位低下量が10分以内に0.6m以上であること)による確認可否」を第5-3-5図及び第5-3-6図に示す。

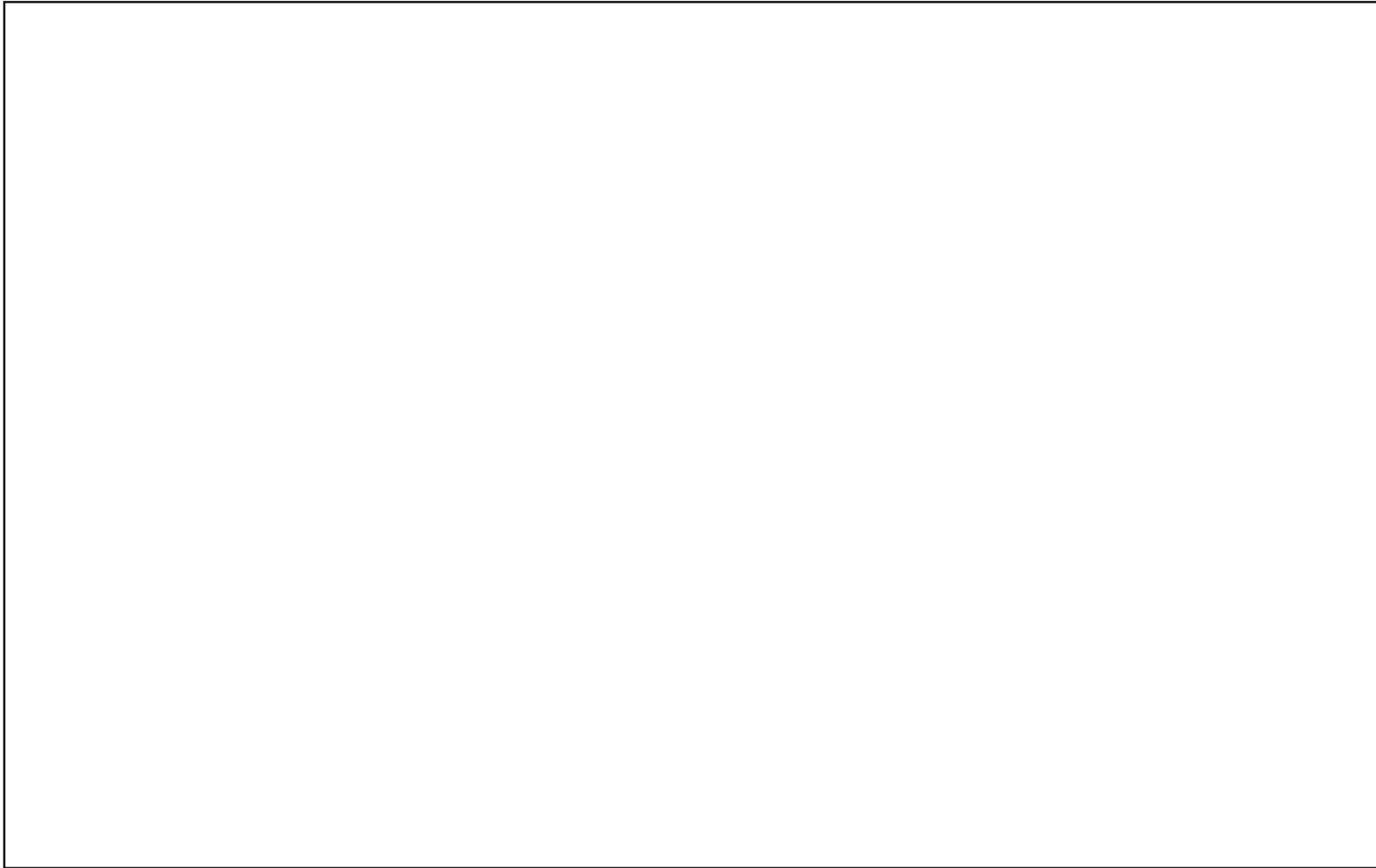
津居山地点における1波目の水位低下量と発電所敷地内の最高水位・最低水位の関係から、発電所敷地内での津波高さが高い津波ほど、津居山地点における1波目の水位低下量が大きいこと、津居山地点における1波目の水位低下が0.6m未満のケースでは発電所に施設影響が生じないことを確認した。

また、津居山地点における1波目の水位低下量と0.6m低下に要する時間の関係から、津居山地点における1波目の水位低下が大きいほど、0.6m水位低下に要する時間は短いこと、発電所に施設影響が生じるケースのうち、津居山地点における0.6m水位低下に要する時間が10分超のケースはないことを確認した。

以上を踏まえ、「10分以内0.6m上昇(下降)」を津居山地点の観測潮位における「津波と想定される潮位の変動」とする。



第 5-3-5 図 破壊伝播速度のパラメータスタディによる検知可否



第 5-3-6 図 崩壊規模のパラメータスタディによる検知可否

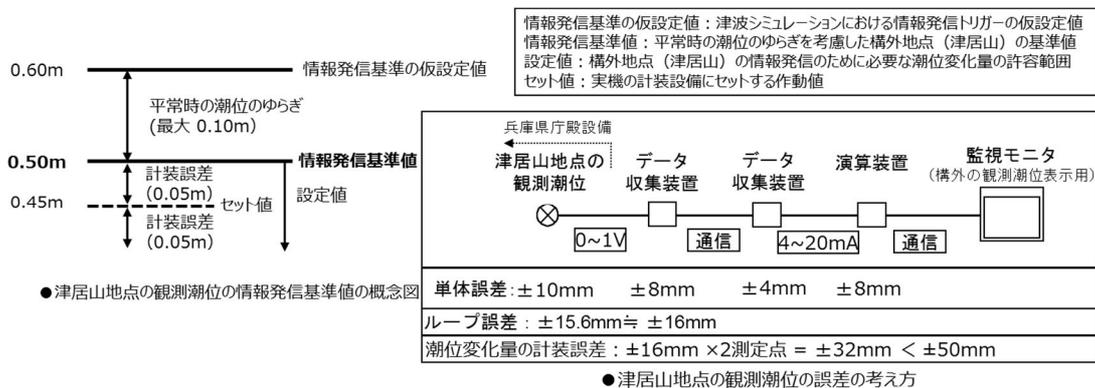
(4) 津居山地点の警報発信基準の設定

「津波と想定される潮位の変動」として、発電所に施設影響が生じる波源を用いて、津居山地点における津波シミュレーションを行った結果、最初の下げ波の水位低下量は、いずれのケースも最初の下げ波の水位低下量は10分以内に0.6m以上であった。これを踏まえ、津居山地点での平常時の短時間の潮位のゆらぎが10分間で最大約0.1mであることを考慮して、津居山地点での観測潮位が「10分以内に0.5mの水位が下降(上昇)した場合」を、津居山地点の潮位を計測する計装設備の警報発信基準とし、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室に警報発信を行う。この際の、警報発信基準のセット値は、構内の潮位観測システム(防護用)による取水路防潮ゲートの閉止判断基準(トリガー)のセット値の考え方を踏まえ、計装誤差を考慮し「10分以内に0.45m」とする。

また、「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」として、津居山地点での観測潮位が「10分以内に1.0mの水位が下降(上昇)した場合」を、津居山地点の潮位を計測する計装設備の警報発信基準とし、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室に警報発信を行う。この際の、警報発信基準のセット値は、上記と同様に計装誤差を考慮し、「10分以内に0.95m」とする。

津居山地点の観測潮位を用いた「津波と想定される潮位の変動」の警報発信基準を第5-3-7図に、津居山地点の潮位観測実績を第5-3-8図に、平常時における潮位のゆらぎの考え方を第5-3-9図に示す。潮位のゆらぎの算出にあたっては、潮位の変動が大きくなると考えられる夏期(8月~10月)と冬期(1月~3月)の観測データをもとに算出する。具体的な潮位のゆらぎの算定方法を第5-3-10図に示す。

なお、上記の警報発信基準に加え、津居山地点の観測潮位欠測時についても、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室に警報発信を行う。その際の対応については、5.4章に示す。

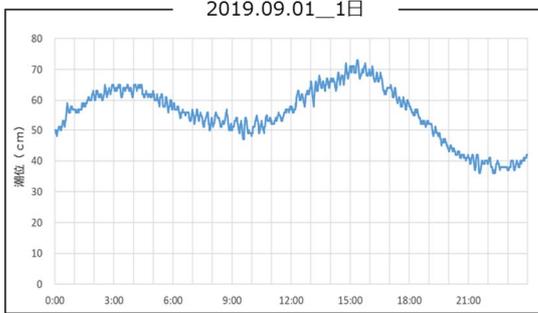


第5-3-7図 津居山地点の観測潮位を用いた「津波と想定される潮位の変動」の警報発信基準

・平常時の潮汐による潮位変動

兵庫県の津居山地点において、兵庫県が潮位を計測しているが、観測潮位の瞬時値としてデータ提供を受けた2018年1月から2019年10月までの値で、平常時の潮汐の変動は最大で10分間において約0.10m程度である。

● 通常時の潮汐の変動 2019年9月 瞬時値 (60秒間隔採取)



・台風などの異常時の潮位変動

台風などの異常時の潮位変動について、代表として若狭湾周辺の潮汐の変動が大きいと想定される2018年の台風21号(中心気圧950hPa)の潮汐変動を確認した。潮汐の変動は大きいところで10分間で0.27m程度である。

● 2018年の台風21号の潮位データ 瞬時値 (60秒間隔採取)

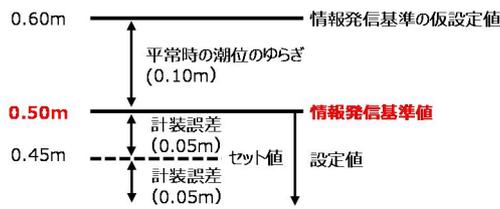


➤ 津居山地点における通常の潮位変動においては、10分間の変動量が0.10m程度である。
 ➤ 2018年1月～2019年10月における台風時の潮位データを考慮しても、潮汐の変動は大きいところで10分間で0.27m程度であった。

第 5-3-8 図 津居山地点の潮位観測実績

平常時における短時間の潮位のゆらぎの考え方を以下に示す。

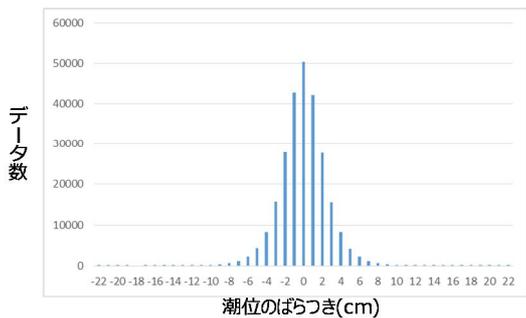
- ・構内における基準津波評価にて考慮する「朔望平均潮位」及び入力津波評価にて考慮する「潮位のばらつき」は、それぞれ過去の潮位データから平均値、標準偏差として算出。
- ・これに倣い、過去6ヶ月分の夏期/冬期の潮位データ観測から、統計的なばらつきを考慮した波高は下表の結果から0.03mと見積もられる。
- ・これを踏まえつつ、**10分間の潮位のゆらぎについては、より保守的に、過去観測のデータの3σの値よりも大きい0.10mを適用。**



● 津居山地点の観測潮位の情報発信基準値の概念図

	夏期 2019.8.1 ～10.31	冬期 2019.1.1 ～3.31	全体
中央値	0.010	0.020	0.010
標準偏差	0.015	0.019	0.017
潮位のゆらぎ	0.025	0.039	0.028

● 夏期と冬期における10分間の潮位のゆらぎ(m)

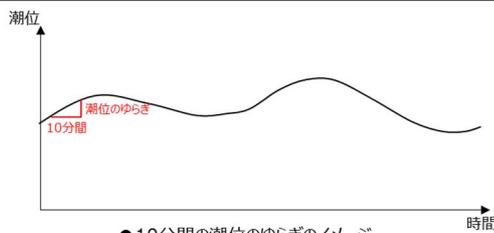


● 10分間の潮位のゆらぎのばらつき (過去データ6ヶ月分)

第 5-3-9 図 平常時における潮位のゆらぎの考え方について

(参考) 平常時の潮位のゆらぎの具体的な算定方法について

- 平常時における短時間の潮位のゆらぎの具体的な算定方法を以下に示す。
- 10分前の瞬間潮位値と現在時刻の潮位値の差を取る。(例：2019/9/1 0:10:00と2019/9/1 0:20:00の差を取り、10分差を-1cmと算定する。)
 - 変動差のばらつきを見るため上記差の絶対値を算定する。
 - 夏期、冬期、全体の期間における10分間潮位のばらつきの絶対値を統計的に処理し、中央値と標準偏差を算出する。潮位のゆらぎは中央値と標準偏差の和とする。
 - これを踏まえつつ、10分間の潮位のゆらぎについては、より保守的に、過去観測のデータの3σと中央値の和よりも大きい0.10mを適用する。



● 10分間の潮位のゆらぎのイメージ

	夏期 2019.8.1~10.31	冬期 2019.1.1~3.31	全体
データ数	130,986	126,019	257,005
中央値	0.010	0.020	0.010
標準偏差	0.015	0.019	0.017
潮位のゆらぎ	0.025	0.039	0.028

● 夏期と冬期における10分間の潮位のゆらぎ(m)

● 観測データを用いた10分差及び絶対値の例

年	月	日	時刻	瞬間潮位値 単位cm	10分差	絶対値
2019	09	01	0:10:00	50	0	0
2019	09	01	0:11:00	50	0	0
2019	09	01	0:12:00	51	-1	1
2019	09	01	0:13:00	51	-2	2
2019	09	01	0:14:00	51	-2	2
2019	09	01	0:15:00	51	-2	2
2019	09	01	0:16:00	51	-3	3
2019	09	01	0:17:00	50	-1	1
2019	09	01	0:18:00	51	-1	1
2019	09	01	0:19:00	50	0	0
2019	09	01	0:20:00	51	-1	1
2019	09	01	0:21:00	51	-1	1
2019	09	01	0:22:00	51	0	0
2019	09	01	0:23:00	52	-1	1
2019	09	01	0:24:00	53	-2	2
2019	09	01	0:25:00	53	-2	2
2019	09	01	0:26:00	53	-2	2
2019	09	01	0:27:00	53	-3	3
2019	09	01	0:28:00	52	-1	1
2019	09	01	0:29:00	52	-2	2
2019	09	01	0:30:00	51	0	0

第 5-3-10 図 平常時における潮位のゆらぎの具体的な算定方法について

(5) 津居山地点における観測潮位活用のまとめ

(1)～(4)に示した発電所構外の観測潮位の活用検討に基づいた、津居山地点での「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」、津居山地点での「津波と想定される潮位の変動」及び発電所構外の観測潮位の活用による取水路防潮ゲート閉止時間の短縮効果を第5-3-11図に示す。

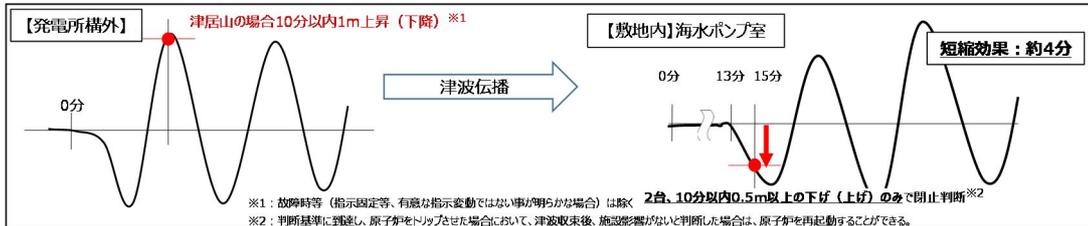
第5-3-11図に示す通り、発電所構外の観測潮位において、「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」を確認した場合は、構内の潮位観測システム（防護用）において、2台の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）以上の下げ（上げ）のみで判断をすることとしており、より早期の対応を行うものとする。短縮時間の効果としては約4分の短縮効果があると考えている。

また、発電所構外の観測潮位において、「津波と想定される潮位の変動」を確認した場合は、取水路防潮ゲートの落下機構の健全性確認など（取水路防潮ゲートの保守作業の中止、構内の一般車両の退避、輸送船の退避、輸送車両等の退避、津波監視カメラによる監視）を実施し津波襲来に備える。

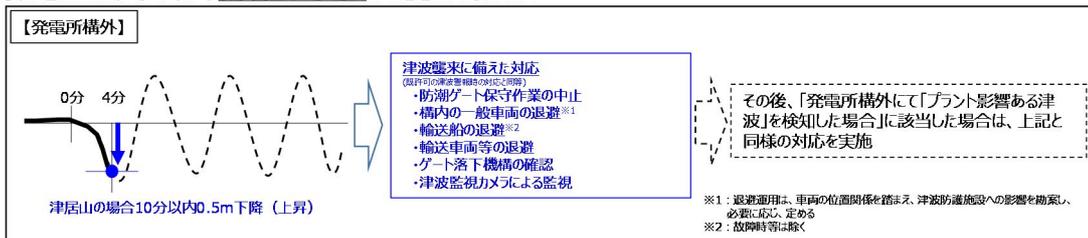
●警報が発表されない津波に可能な限り早期対応するための運用

(1)設置許可申請書に記載する運用

①発電所構外にて「プラント影響のある津波」を検知した場合



②発電所構外にて「プラント影響の可能性ある津波」を検知した場合



(2)自主的な運用

早期の津波対応の更なる自主的な取り組みとして、発電所構外にてプラント影響のある津波を検知し、津波監視カメラでの有意な津波の襲来を確認した場合、防潮ゲート閉止判断を早期化する運用とし、運用の具体的な内容は社内標準で定める。

短縮効果：約5分

第5-3-11図 津居山地点における観測潮位の活用（①の対応における構外の観測潮位の潮位変動値のセット値は0.95mとする。②の対応における構外の観測潮位の潮位変動値のセット値及び構内潮位計の潮位変動値のセット値は0.45mとする。）

5.4 発電所構外の観測潮位欠測時の対応

(1) 背景

津波警報等が発表されない可能性のある津波に可能な限り早期に対応するため、発電所構外の観測潮位を活用し、取水路防潮ゲートの閉止判断の早期化と、取水路防潮ゲートの落下機構の確認などの津波襲来に備えることとしている。

本章では、発電所構外の観測潮位が欠測した場合に、これらの対応ができないことから、そのような状況における対応について検討するものである。

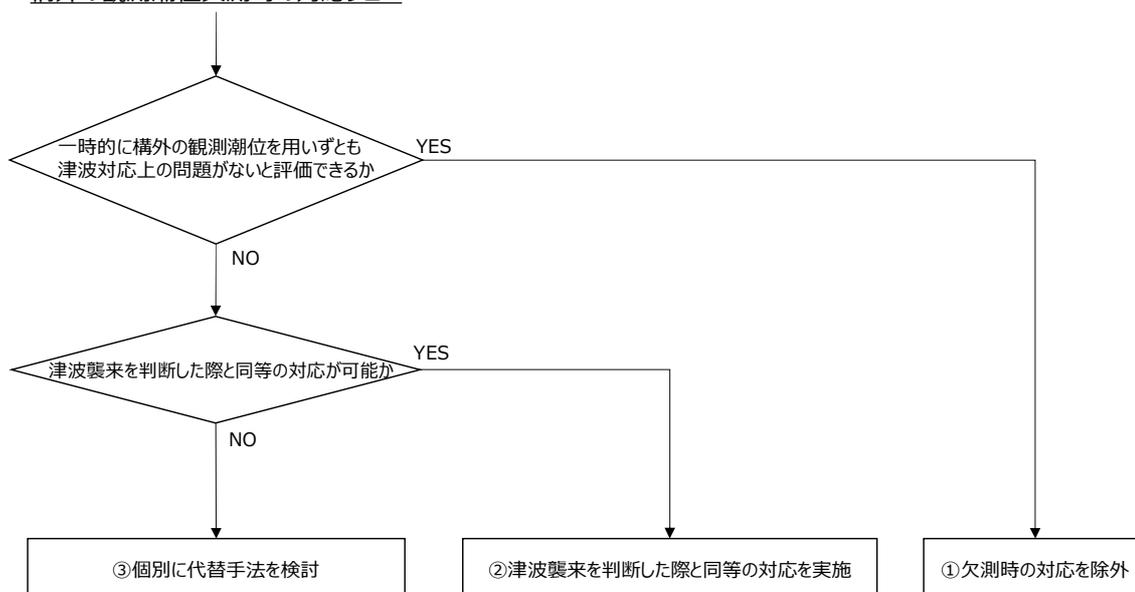
(2) 検討条件

発電所構外の観測潮位は、津波警報等が発表されない可能性のある津波に対して、可能な限り早期に対応するものであるため、一時的に津居山地点での観測潮位を用いずとも津波対応上の問題がないと評価できる場合は「欠測時の運用を除外(①)」する。また、津波対応上の問題があるが、津波襲来を判断した際と同等の対応が可能な場合は、「津波襲来を判断した際と同等の対応を実施(②)」する。津波襲来を判断した際と同等の対応ができないものは、「個別に代替手法を検討(③)」する。

以上の検討内容を第5-4-1図の検討フローに示す。

なお、ここで、「津波襲来を判断した際」とは、構外の観測潮位にて「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動(津居山地点にて、10分以内に潮位1m(潮位変動値のセット値は0.95mとする。)上昇(下降)を観測」と「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動(津居山地点にて10分以内に潮位0.5m(潮位変動値のセット値は0.45mとする。)の上昇(下降)を観測」した場合を指す。

構外の観測潮位欠測時の対応フロー



第5-4-1図 発電所構外の観測潮位欠測時の対応

(3) 評価結果

発電所構外の観測潮位を活用した対応項目に関して、観測潮位欠測時の対応を第 5-4-1 図の検討フローに基づいて整理した結果を第 5-4-1 表に示す。

「敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動」を確認した際の取水路防潮ゲート閉止判断の早期化については、構内の潮位観測システム（防護用）により取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認後、取水路防潮ゲートを閉止する場合でも、最も時間余裕が厳しい津波に対して約 9 分の余裕時間をもって施設影響の生じるケースを防護可能であることから、仮に構外の観測潮位が欠測した場合は、取水路防潮ゲート閉止判断の早期化に係る対応を除外する。

「津波と想定される潮位の変動」を確認した際の取水路防潮ゲート保守作業の中断については、保守的に欠測と同時に津居山地点に津波が襲来した場合を想定しても、津波を確認した際と同様の対応を欠測と同時に行うことで、発電所に津波が襲来するまでに保守作業を中断し、ゲートの復旧が可能であることから、欠測時は津波襲来を判断した際と同等の対応を実施する。

「津波と想定される潮位の変動」を確認した際の発電所構内の放水口側防潮堤および取水路防潮ゲートの外側に存在し、かつ漂流物になるおそれのある車両の退避については、保守的に欠測と同時に津居山地点に津波が襲来した場合を想定しても、津波襲来を判断した際と同様の対応を欠測と同時に行うことで、発電所へ津波が襲来するまでに退避が可能であることから、欠測時は津波襲来を判断した際と同等の対応を実施する。

「津波と想定される潮位の変動」を確認した際の荷役中以外の場合の輸送船の退避については、海底地すべり津波の最大流速、最高・最低水位に対し輸送船の係留が維持できること、輸送船が岸壁に乗り上がらないこと、着底や座礁等により航行不能にならないことを確認しており、漂流物とならないことから、欠測時の運用を除外する。

「津波と想定される潮位の変動」を確認した際の荷役中の場合の輸送車両等の退避については、燃料輸送作業は年間数日程度であり、夜間作業がないこと、欠測時の輸送車両等の退避による作業中断は、輸送工程への影響が大きいことから、作業時は津居山地点に人を配置し、仮に津居山地点からの潮位伝送に異常が生じた場合には、現地にて可搬型のスケール等にて潮位を確認し、潮位の観測が途切れないう対応する。

「津波と想定される潮位の変動」を確認した際の取水路防潮ゲート落下機構の健全性確認については、取水路防潮ゲート閉止の前提条件であるため、欠測時は直ちに津波襲来を判断した際と同等の対応を実施する。

「津波と想定される潮位の変動」を確認した際の津波監視カメラによる津波襲来状況の監視については、津波対応の前提条件であるため、欠測時は直ちに津波襲来を判断した際と同等の対応を実施する。

第 5-4-1 表 発電所構外の観測潮位欠測時の対応整理

	発電所構外で津波を確認した時の対応	発電所構外の観測潮位欠測時の対応	発電所構外の観測潮位欠測時の対応に係る評価	分類	
	敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動(津居山地点で 10 分以内 1.0m (潮位変動値のセット値は 0.95m とする。) 上昇(下降)を確認した場合	構内の潮位観測システム(防護用)のうち 2 台の潮位計の観測潮位がいずれも 10 分以内 0.5m (潮位変動値のセット値は 0.45m とする。)以上の「変動」で取水路防潮ゲート閉止判断	左記の取水路防潮ゲート閉止判断の早期化に係る対応を除外する。	構内潮位観測システム(防護用)のうち 2 台の潮位計の観測潮位がいずれも 10 分以内 0.5m (潮位変動値のセット値は 0.45m とする。)以上の「上下変動」での取水路防潮ゲート閉止にて、最も時間余裕が厳しい津波に対し、約 9 分の余裕時間をもって、施設影響が生じるケースを防護可能	①
津波と想定される潮位の変動(津居山地点で 10 分以内 0.5m (潮位変動値のセット値は 0.45m とする。) 上昇(下降)を確認した場合	取水路防潮ゲート保守作業の中断	同左	保守的に欠測と同時に津居山地点に津波が襲来した場合を想定しても、欠測と同時に津波襲来を判断した際と同様の対応を行うことで、発電所に津波が襲来するまでに保守作業を中断し、ゲートの復旧が可能であり、上段の対応により施設影響が生じるケースを防護可能 (津居山地点での津波確認時及び欠測時は、速やかに 1 号及び 2 号機中央制御室又は 3 号及び 4 号機中央制御室に警報が発信される体制を構築する)	②	
	発電所構内の放水口側防潮堤および取水路防潮ゲートの外側に存在し、かつ漂流物になるおそれのある車両の退避	同左	保守的に欠測と同時に津居山地点に津波が襲来した場合を想定しても、欠測と同時に津波襲来を判断した際と同様の対応を行うことで、発電所へ津波が襲来するまでに退避が可能 (津居山地点での津波確認時及び欠測時は、速やかに 1 号及び 2 号機中央制御室又は 3 号及び 4 号機中央制御室に警報が発信される体制を構築する)	②	
	燃料等輸送	【荷役中以外の場合】 輸送船の退避※1	左記の輸送船の退避に係る対応を除外する。	海底地すべり津波の最大流速、最高・最低水位に対し輸送船の係留が維持できること、輸送船が岸壁に乗り上がらないこと、着底や座礁等により航行不能にならないことを確認しており、漂流物とならない。	①
		【荷役中の場合】 輸送車両等の退避※1	作業は年間数日程度であり、夜間作業がないこと、欠測時の輸送車両等の退避による作業中断は、輸送工程への影響が大きいことから、作業時は津居山地点に人を配置し、仮に津居山地点からの潮位伝送に異常が生じた場合には、現地にて可搬型のスケール等にて潮位を確認し、潮位の観測が途切れぬよう対応する。	左記対応により、発電所構外潮位を継続監視可能	③
	取水路防潮ゲート落下機構の健全性確認	同左	取水路防潮ゲート閉止の前提条件であるため、欠測時は直ちに津波襲来を判断した際と同等の対応を実施。	②	
	津波監視カメラによる津波襲来状況の確認	同左	津波対応の前提条件であるため、欠測時は直ちに津波襲来を判断した際と同等の対応を実施。	②	

※1：輸送船については荷役中の場合は津波襲来を判断しても退避しないこととしている。輸送車両等については輸送船が荷役中以外の場合は岸壁に輸送車両等はない。

6. 構外の潮位観測の設計に関する補足事項

6.1 概要、設備構成

構外の観測潮位の活用については、可能な限り早期に津波に対応するための運用として、高浜発電所1，2号機の再稼働までに津居山地点の既往観測潮位及び当社潮位計を活用する方針である。

構外の観測潮位は、潮位検出器、演算装置、データ収集装置（津居山検潮所及び発電所構内）、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）及び電線路（電源系含む）で構成しており、これらの構成品毎に可能な限り多重性又は多様性を確保する設計とし、信頼性を確保している。具体的には、発電所構外の観測潮位は、潮位検出器、演算装置、データ収集装置、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）及び電線路（電源系含む）で構成しており、これらの構成品毎に可能な限り多重性又は多様性を確保する設計とし、信頼性を確保している。具体的には、フロート式潮位計^{※1}及び差圧式潮位計の潮位検出器、演算装置及びデータ収集装置^{※2}は各1台設置し、多様性を確保する設計とする。また、構外の観測潮位を構内へ伝送する専用回線は、2回線を敷設するとともに、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）を各中央制御室に1台の計2台設置し、多重性を確保する設計とする。さらに、構内のデータ収集装置、演算装置及び監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の電源系は、異なる所内電源から受電し、多様性を確保する設計とする。

さらに、将来的な更なる安全性向上に係る取り組みとして、津居山地点以外の潮位計の追加活用や当社所有の潮位計の追加設置について、成立の前提が確立できたものは、実施していくこととしており、更なる多様性の確保を図る。

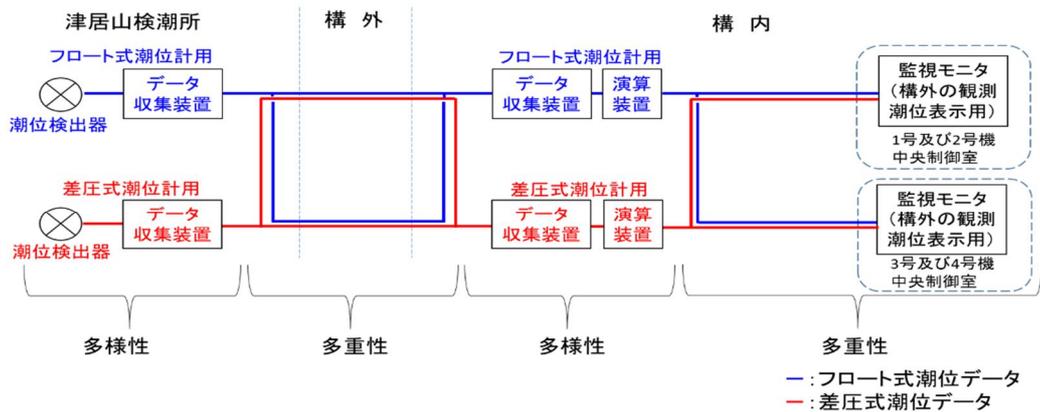
本章においては、津居山地点の既往観測潮位の活用に係る運用を保安規定以下に記載するに当たり、その具体的な設備構成と、安全性向上に係る取り組みのうち、至近に実施可能な津居山地点への当社潮位計の設置について説明する。

津居山地点の既往観測潮位および至近に実施可能な津居山地点への当社潮位計の設置に係る設備構成のイメージを第6-1-1図に示す。

具体的な設備構成は以下のとおり。

※1：フロート式潮位計は津居山検潮所の既往観測潮位を活用している。

※2：データ収集装置については、津居山検潮所及び発電所構内に各1台設置。

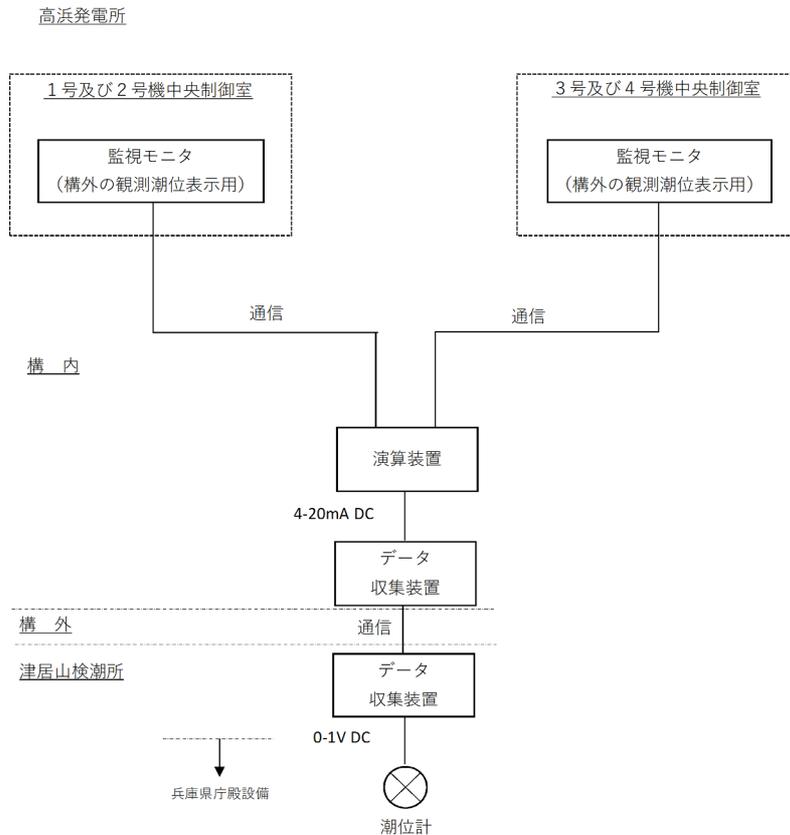


第 6-1-1 図 構外潮位の設備構成イメージ

6.1.1 津居山地点の既往観測潮位の活用に係る設備構成

(1) 設備構成

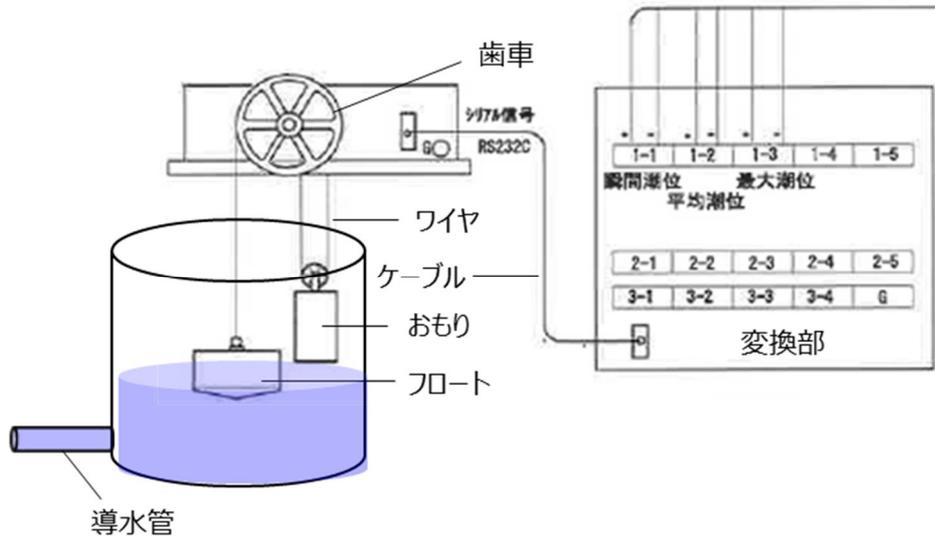
津居山地点の既往観測潮位については、津居山地点の既往潮位計、発電所内外のデータ伝送ラインおよび中央制御室の監視モニタ（構外の観測潮位表示用）で構成している。既往観測潮位の全体構成図を第 6-1-2 図に示す。



第 6-1-2 図 既往観測潮位の全体構成図

(2) 潮位計の仕様

津居山地点の既往観測潮位では、フロート式水位計を採用しており、フロートの浮き沈みによりワイヤが上下し、歯車で水位の変動を検知する。潮位計の概要図（イメージ）を第 6-1-3 図に示す。



第 6-1-3 図 潮位計の概要図（イメージ）

(3) データ伝送ラインの仕様

津居山地点の既往観測潮位データは、通信事業者の光専用回線を 2 回線使用して高浜発電所に伝送する設計とする。

(4) 監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の仕様

監視モニタ（構外の観測潮位表示用）は、潮位変化量およびトレンドグラフを表示するとともに、警報発信可能な設計とする。

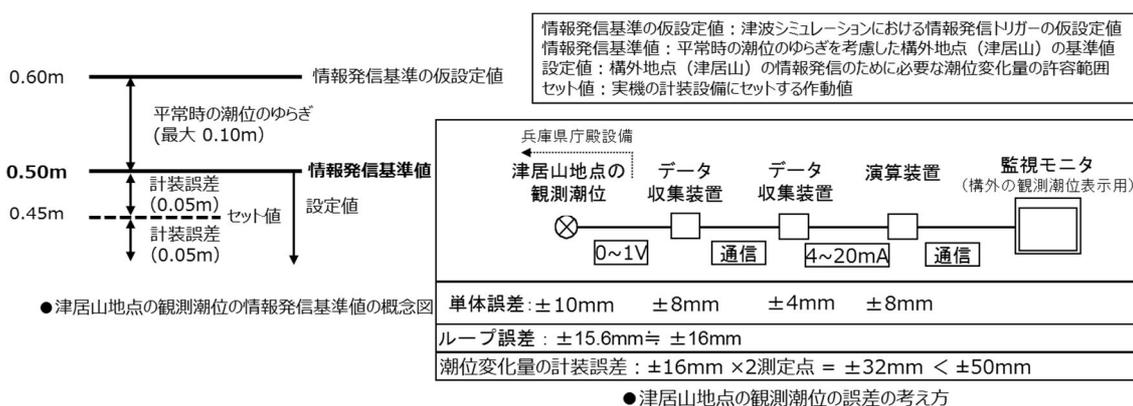
具体的には、「発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測（10 分以内に 0.5m（潮位変動値のセット値は 0.45m とする。）の水位が下降（上昇）」した場合、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「変化量注意」の警報が発信する。また、「発電所構外において、遡上波の地上部からの到達、流入および取水路、放水路等の経路からの流入ならびに水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動を観測（10 分以内に 1.0m（潮位変動値のセット値は 0.95m とする。）の水位が下降（上昇）」した場合、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「変化量警報」の警報が発信し、これらの警報を監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に識別して表示する設計とする。

(5) 計装誤差を踏まえた情報発信基準

津居山地点での観測潮位が「10 分以内に 0.5m の水位が下降（上昇）した場合」を、津居山地点の潮位を計測する計装設備の情報発信基準とし、

1号および2号機中央制御室並びに3号および4号機中央制御室に情報発信を行う。

なお、情報発信基準のセット値は、構内の潮位観測システム（防護用）による取水路防潮ゲートの閉止判断基準（トリガー）のセット値の考え方を踏まえ、計装誤差を考慮し「10分以内に0.45m」とする。津居山地点の観測潮位を用いた情報発信基準を第6-1-4図に示す。なお、「10分以内に1.0mの水位が下降（上昇）した場合」、同様に計装誤差を考慮し、「10分以内に0.95m」とする。



第6-1-4図 津居山地点の観測潮位を用いた情報発信基準

(6) 津居山地点の既往観測潮位の信頼性確保

津居山地点の既往観測潮位検出器は1台構成であるが、基本的に伝送ラインは2回線を使用しており、可能な限り多重化を図っている。

また、伝送ライン1回線故障時においても、他の1回線にて伝送を継続する設計とする。

さらに、構外伝送ラインの保守については、事業者の調達要求に基づき通信事業者が24時間365日の監視対応をしており、故障時において速やかな対応が可能な設計とする。

(7) 津居山地点の既往観測潮位の故障検知

津居山検潮所の既往観測潮位計については、フロート式潮位計を採用しており、フロートの浮き沈みによりワイヤが上下し、歯車で水位の変動を検知する設計とする。想定される故障モード、故障した場合に想定される監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の指示変動および指示変動に伴う故障確認は第6-1-1表のとおり。

想定される故障モードによって、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の指示は、指示固定、スケールダウンまたはスケールオーバーとなる。

指示固定した場合は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「信号不信頼」、スケールダウンまたはスケールオーバーした場合は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「故障」の警報が発信する設計としている。なお、指示固定とは30秒間（既往観測潮位計のサンプリング周期3秒×

10カウント（原子炉安全保護系の指示固定のカウント数と同様）＝30秒）潮位指示に変化がない場合をいう。

中央制御室において、運転員は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報音が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称および潮位のトレンドグラフを目視確認することにより、即座に故障を確認できる設計とする。

なお、2018年1月から2019年10月までの津居山の既往観測潮位データ分析結果を第6-1-2表に示す。

当該期間の欠測28件のうち、計画外は15件、計画内は13件であった。

計画外の欠測理由は、データ収録エラー及び現地潮位電源断によるものであり、いずれの故障についても前述の故障モードに包含されるため、中央制御室において、運転員は、監視モニタの警報音が発信したことを把握し、監視モニタの画面上で警報名称及び潮位のトレンドグラフを目視確認することにより、即座に故障を確認できる設計とする。また、故障により欠測が発生した場合、直ちに復旧に努めるとともに、兵庫県所管設備の故障の状況、復旧見込み等を兵庫県より速やかに連絡を受ける運用とする。

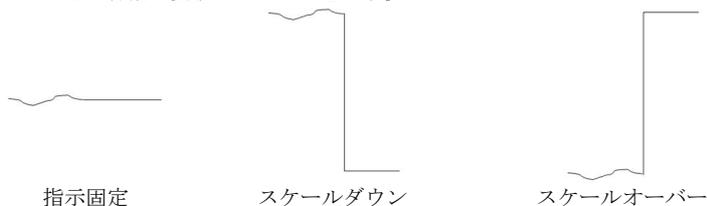
次に、計画内の欠測理由は、計画停電及び各種点検によるものであり、いずれの場合についても、兵庫県より事前連絡を受ける運用とする。なお、「1.3 構外潮位計の運用について」に示すとおり、津居山地点の既往観測潮位及び当社潮位計の2台による運用とし、それぞれの潮位計の点検時期の輻輳により、同時に2台の潮位計が欠測しない運用とする。

第6-1-1表 フロート式潮位計の故障モード等の整理表

故障モード	監視モニタ指示変動※2	指示変動に伴う故障確認
ワイヤ断裂（おもり側）	指示固定	監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「構外潮位 信号不信頼」の警報が発信する。運転員は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報音が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称及び潮位のトレンドグラフを目視確認することにより、即座に故障を確認できる。
歯車固着	指示固定	同上
導水管つまり	指示固定	同上
ケーブル地絡、電源断※1	スケールダウン	監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「構外潮位 故障」の警報が発信する。運転員は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報音が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称及び潮位のトレンドグラフを目視確認することにより、即座に故障を確認できる。
演算装置故障、データ収録エラー※1	スケールダウン又はスケールオーバー	同上

※1：津居山既往観測潮位にて電源断およびデータ収録エラーによる故障実績あり

※2：各指示変動のイメージを示す。



第6-1-2表 津居山の既往潮位データ分析結果

計 画 外				計 画 内			
No	データ欠測開始時刻	欠測時間	欠測理由	No	データ欠測開始時刻	欠測時間	欠測理由
1	2018/11/22 11:31	10分	データ収録エラー	1	2018/2/17 8:21	9時間40分	計画停電
2	2019/1/6 0:59	2日 11時間	現地潮位電源断	2	2018/3/22 9:41	1時間20分	定期点検
3	2019/4/4 23:02	15時間4分	現地潮位電源断	3	2018/3/28 11:00	1分	風向風速計交換
4	2019/5/8 9:38	13分	現地潮位電源断	4	2018/3/28 12:11	1時間	風向風速計交換
5	2019/5/9 0:02	10時間11分	現地潮位電源断	5	2018/8/2 13:01	3時間40分	現地詳細点検
6	2019/5/31 12:41	10分	データ収録エラー	6	2018/8/3 9:01	50分	現地詳細点検
7	2019/7/12 10:01	10分	データ収録エラー	7	2018/8/31 13:31	10時間29分	計画停電
8	2019/10/4 1:21	10分	データ収録エラー	8	2018/11/2 17:51	1日 15時間30分	計画停電
9	2019/10/4 22:21	10分	データ収録エラー	9	2018/11/9 17:51	2日 2時間30分	計画停電
10	2019/10/5 0:41	10分	データ収録エラー	10	2018/11/14 9:51	50分	定期点検
11	2019/10/5 3:21	10分	データ収録エラー	11	2018/11/16 19:11	2日 14時間	計画停電
12	2019/10/5 9:11	10分	データ収録エラー	12	2019/9/5 12:21	3時間40分	現地詳細点検
13	2019/10/5 12:01	10分	データ収録エラー	13	2019/9/6 9:01	1時間40分	現地詳細点検
14	2019/10/5 15:11	10分	データ収録エラー				
15	2019/10/5 19:21	10分	データ収録エラー				
16	2019/10/12 15:41	3日 1時間20分	停電				

(8) 津居山地点の既往観測潮位の点検

津居山地点の既往観測潮位は、定期的（プラント1サイクル毎）に以下の点検を実施する。

【点検内容】

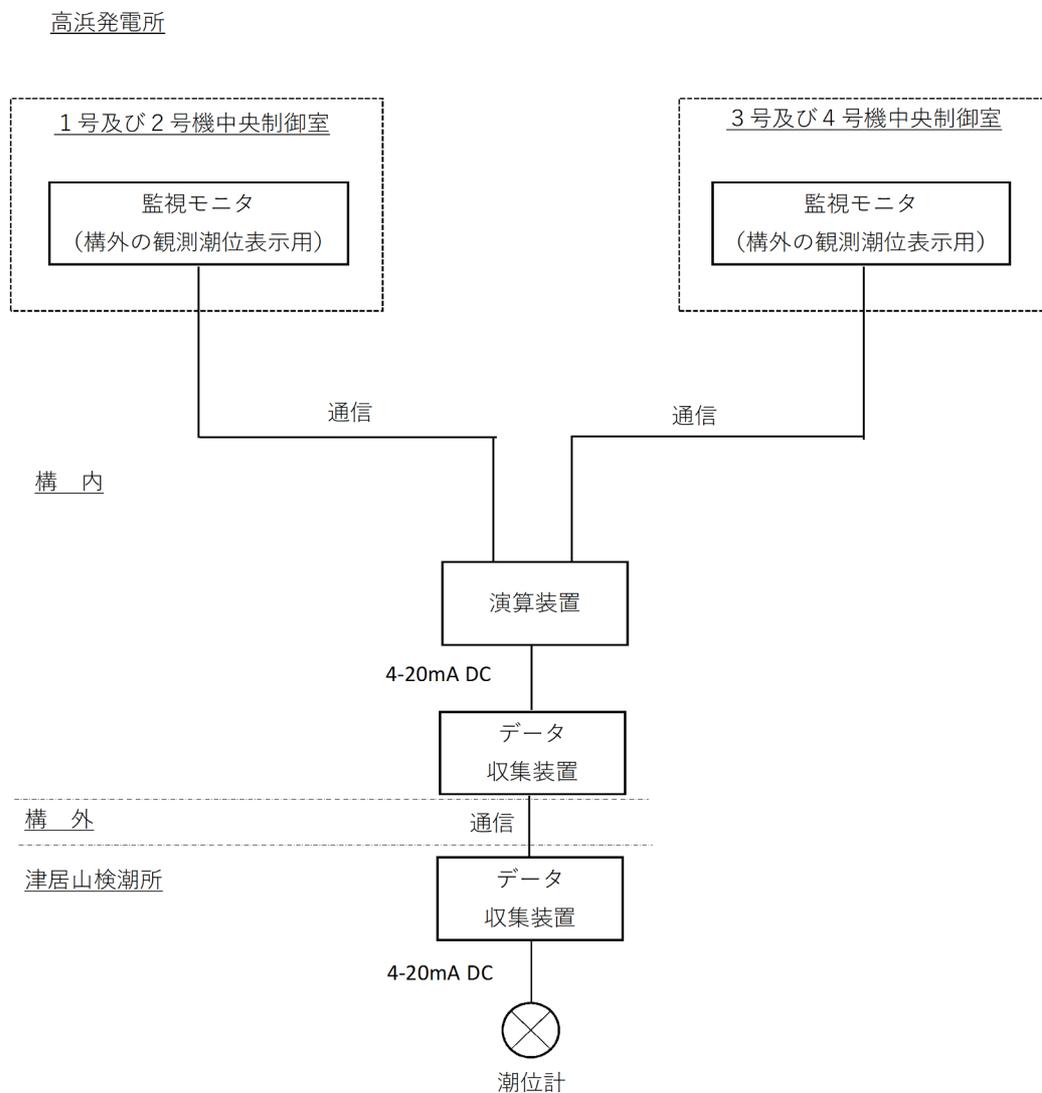
- ・各機器の目視確認・清掃
各機器の目視確認・清掃を行い、致命的な損傷がないことを確認する。
- ・ソフトウェア照合
演算装置プログラムのマスターソフトウェアとのソフトウェア照合を行い、不整合がないことを確認する。（これにより計測範囲、警報設定値の不整合も合わせて確認できる）
- ・入出力動作確認
津居山検潮所のデータ収集装置へ模擬入力し、発電所構内のデータ収集装置、演算装置および監視モニタ（構外の観測潮位表示用）への出力を確認する。
- ・機能確認試験
演算装置に模擬入力を印加し、プログラム通りのセット値で警報が動作をしているか確認する。

6.1.2 津居山地点の当社潮位計の設備構成

(1) 設備構成

津居山地点の当社潮位計を用いた観測潮位については、津居山地点の潮位計、発電所内外のデータ伝送ラインおよび中央制御室の監視モニタ

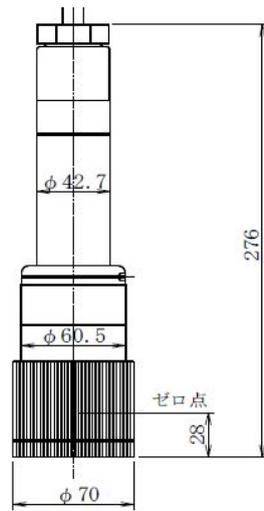
(構外の観測潮位表示用)で構成している。当社潮位計を用いた観測潮位の全体構成図を第 6-1-5 図に示す。



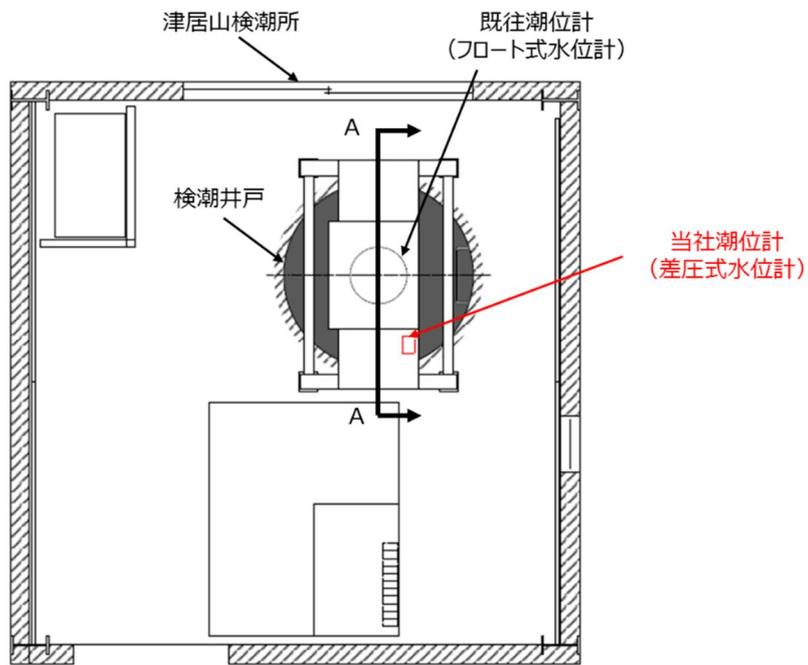
第 6-1-5 図 当社潮位計を用いた観測潮位の全体構成図

(2) 潮位計の仕様

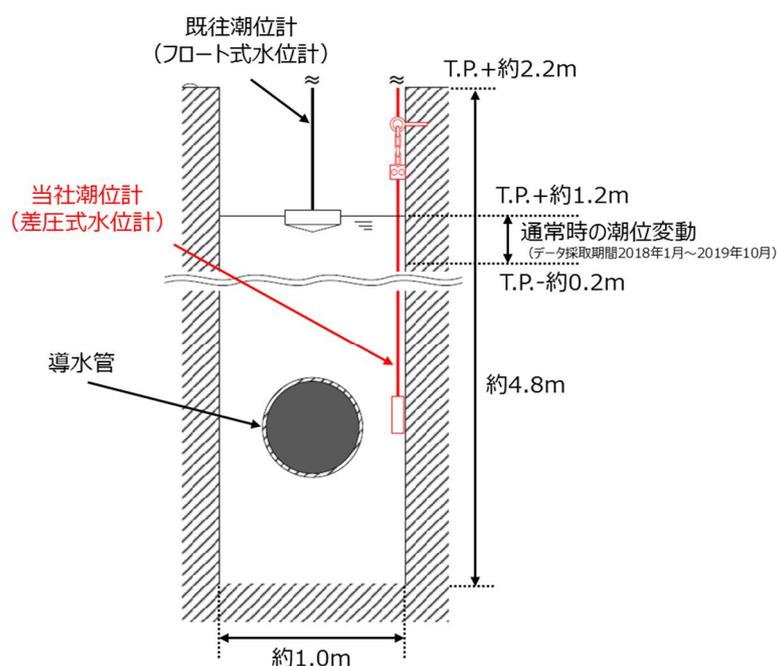
津居山地点の当社潮位計は、差圧式の潮位計を採用する。差圧式潮位計の外形図を第 6-1-6 図に、差圧式潮位計の取付図を第 6-1-7 図及び第 6-1-8 図に示す。



第 6-1-6 図 差圧式潮位計の外形図



第 6-1-7 図 差圧式潮位計の取付図 (平面図)



第 6-1-8 図 差圧式潮位計の取付図 (A-A 矢視図)

(3) データ伝送ラインの仕様

6.1.1 (3) と同様。

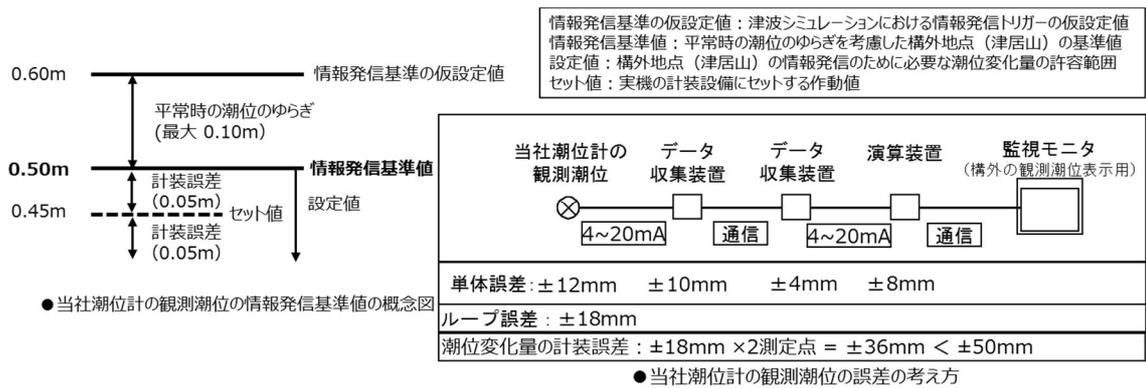
(4) 監視モニタ (構外の観測潮位表示用) の仕様

6.1.1 (4) と同様。

(5) 計装誤差を踏まえた情報発信基準

津居山地点での当社潮位計の観測潮位が「10 分以内に 0.5m の水位が下降 (上昇) した場合」を、津居山地点の潮位を計測する計装設備の情報発信基準とし、1 号および 2 号機中央制御室並びに 3 号および 4 号機中央制御室に情報発信を行う。

なお、情報発信基準のセット値は、構内の潮位観測システム (防護用) による取水路防潮ゲートの閉止判断基準 (トリガー) のセット値の考え方を踏まえ、計装誤差を考慮し「10 分以内に 0.45m」とする。津居山地点の観測潮位を用いた情報発信基準を第 6-1-9 図に示す。なお、「10 分以内に 1.0m の水位が下降 (上昇) した場合」、同様に計装誤差を考慮し、「10 分以内に 0.95m」とする。



第 6-1-9 図 当社潮位計の観測潮位を用いた情報発信基準

(6) 津居山地点の当社潮位計の信頼性確保

6.1.1 (6) と同様。

(7) 津居山地点の当社潮位計の故障検知

津居山検潮所にて当社が新たに設置する潮位計については、差圧式潮位計を採用しており、水頭圧を測定することで水位の変動を検知する設計とする。想定される故障モード、故障した場合に想定される監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の指示変動および指示変動に伴う故障確認は下表のとおり。想定される故障モードによって、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の指示は、指示固定、スケールダウンまたはスケールオーバーとなる。

指示固定した場合は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「信号不信頼」、スケールダウンまたはスケールオーバーした場合は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「故障」の警報が発信する設計としている。なお、指示固定とは30秒間（既往観測潮位計のサンプリング周期3秒×10カウント（原子炉安全保護系の指示固定のカウント数と同様）＝30秒）潮位指示に変化がない場合をいう。

中央制御室において、運転員は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報音が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称および潮位のトレンドグラフを目視確認することにより、即座に故障を確認できる設計とする。

第 6-1-3 表 差圧式潮位計の故障モード等の整理表

故障モード	監視モニタ指示変動	指示変動に伴う故障確認
検出器圧力導入口の詰まり	指示固定	監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「構外潮位 信号不信頼」の警報が発信する。運転員は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報音が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称及び潮位のトレンドグラフを目視確認することにより、即座に故障を確認できる。
導水管つまり	指示固定	同上
ケーブル地絡、電源断	スケールダウン	監視モニタ（構外の観測潮位表示用）に「構外潮位 故障」の警報が発信する。運転員は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報音が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称及び潮位のトレンドグラフを目視確認することにより、即座に故障を確認できる。
演算装置故障、データ収録エラー	スケールダウン又はスケールオーバー	同上

(8) 津居山地点の当社潮位計の点検

津居山地点の当社潮位計は、定期的（プラント 1 サイクル毎）に以下の点検を実施する。

【点検内容】

- ・各機器の目視確認・清掃
各機器の目視確認・清掃を行い、致命的な損傷がないことを確認する。
- ・機器単体確認・動作検証
機器の単体検査および動作検証を行い、健全性を確認する。
- ・ソフトウェア照合
演算装置プログラムのマスターソフトウェアとのソフトウェア照合を行い、不整合がないことを確認する。（これにより計測範囲、警報設定値の不整合も合わせて確認できる）
- ・入出力動作確認
津居山検潮所のデータ収集装置へ模擬入力し、発電所構内のデータ収集装置、演算装置および監視モニタ（構外の観測潮位表示用）への出力を確認する。
- ・機能確認試験
演算装置に模擬入力を印加し、プログラム通りのセット値で警報が動作をしているか確認する。

6.1.3 津居山地点の観測潮位の健全性

津居山地点の既往観測潮位および当社潮位計は、6.1.1（8）及び6.1.2（8）に示すとおり、定期的な点検により機能に異常がないことを確認している。

また、仮に、故障により観測潮位を欠測した場合においても、6.1.1（7）及び6.1.2（7）に示すとおり、想定される故障モード、故障した

場合に想定される監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の指示変動及び指示変動に伴う故障確認により、中央制御室において、運転員は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報音が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称および潮位のトレンドグラフを目視確認することにより、即座に故障を確認できる設計とする。

これらを踏まえ、津居山地点の既往観測潮位および当社潮位計は、健全性を担保することが可能である。

6.2 津居山地点の構外潮位の運用

津居山地点の既往観測潮位及び当社潮位計の2台による運用を2021年1月に開始する。具体的な運用を以下に説明する。

(1) 通常時及び1台故障時の運用

津居山地点の既往観測潮位及び当社潮位計による詳細運用を第6-2-1表に示す。

通常時は、既往観測潮位計又は当社潮位計のいずれか1台が検知すれば判断（1 out of 2）する。

また、1台故障時は、故障した潮位計を除外し、故障した潮位計を復旧するまでの間、健全な1台で継続監視し、検知すれば判断（1 out of 1）する。

なお、「構外潮位 故障」又は「構外潮位 信号不信頼」の警報が発信した場合、運転員は、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称及び既往観測潮位計又は当社潮位計のいずれか1台の潮位データがスケールダウン、スケールオーバー又は指示固定した状態を継続していること、及び他方の潮位データが通常潮位を示していることを目視確認することにより、即座に故障を確認できる設計とする。

第6-2-1表 津居山地点の既往観測潮位及び当社潮位計による詳細運用

	判断方法	イメージ
通常時	既往観測潮位計または当社潮位計のいずれか1台がプラント影響（の可能性）のある津波を検知すれば、津波襲来に備えた対応を実施する。	
1台故障時	故障した潮位計を除外する。故障した潮位計を復旧するまでの間は、健全な1台で継続監視し、プラント影響（の可能性）のある津波を検知すれば、津波襲来に備えた対応を実施する。	
2台故障時	2台故障の可能性は低いと考えるが、保守的に欠測と同時に原則、津居山地点に津波が襲来したものとし、津波襲来を判断した際と同様の対応を実施する。本運用を保安規定・社内標準に定め、確実に運用する。	

(2) 2台故障時の運用

通常運転中、潮位計の故障により中央制御室に警報発信した場合、運転員が監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面を確認し、潮位計の故障を確認後、故障した潮位計を除外し、健全な1台で継続監視する。仮に、2台が同時に故障し、中央制御室に警報発信した場合、運転員が監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面を目視確認し、2台の故障を確認すれば、「5.4 発電所構外の観測潮位欠測時の対応」に記載のとおり対応する。

具体的には、1号及び2号機中央制御室又は3号及び4号機中央制御室の当直課長は、構外潮位計の全台欠測を確認後、構内一斉放送にて構外潮位の全台欠測を構内全域に周知し、第5-4-1表に示すとおり、「取水路防潮ゲート保守作業の中断」、「発電所構内の放水口側防潮堤および取水路防潮ゲートの外側に存在し、かつ漂流物になるおそれのある車両の退避」、「ゲート落下機能の確認及び津波監視カメラによる監視」を行う設計とする。

(3) 構外の観測潮位に異常がないことの確認について

予防保全を目的とした点検・保守を実施する場合等において、「構外の観測潮位に通常の潮汐とは異なる潮位変動や故障を示す指示変動がないこと」を確認したうえで、作業を実施することとしている。

具体的には、作業責任者又は運転員は、作業実施前にA、B中央制御室に設置している潮位計の監視モニタ（構外の観測潮位表示用）を目視確認し、通常の潮汐とは異なる潮位変動及び設備故障がないことをそれぞれ以下の手順により確認し、各種点検・保守に着手する。

(a) 通常の潮汐とは異なる潮位変動の確認手順

第6-2-1図に示すとおり、津居山地点における過去の潮位データを踏まえ、平常時の短時間の潮位変動は10分間で最大約0.1mであるのに対して、台風などの異常時の潮位変動は10分間で最大0.27m程度であることより、通常の潮汐とは異なる潮位変動を確認する。

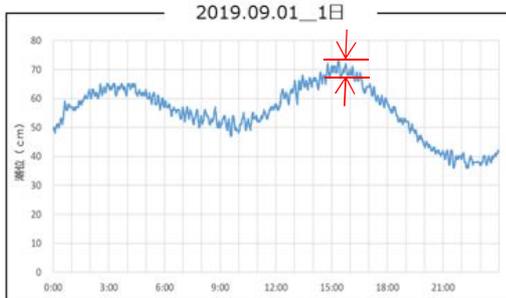
(b) 設備故障の確認手順

6.1.1(7)「津居山地点の既往観測潮位の故障検知」及び6.1.2(7)「津居山地点の当社潮位計の故障検知」に示すとおり、故障が発生した場合、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の警報が発信したことを把握し、監視モニタ（構外の観測潮位表示用）の画面上で警報名称及び既往観測潮位計又は当社潮位計のいずれか1台の潮位データがスケールダウン、スケールオーバー又は指示固定した状態を継続していること、及び他方の潮位データが通常潮位を示していることを目視確認することにより、設備故障を確認する。

・平常時の潮汐による潮位変動

兵庫県の津居山地点において、兵庫県が潮位を計測しているが、観測潮位の瞬時値としてデータ提供を受けた2018年1月から2019年10月までの値で、平常時の潮汐の変動は最大で10分間において約0.10m程度である。

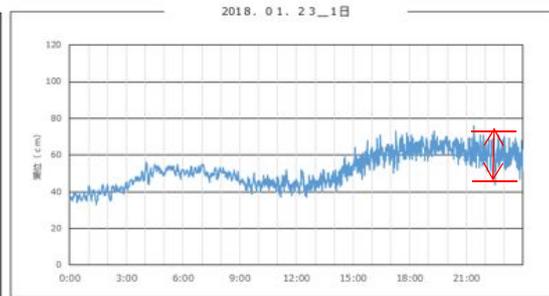
● 通常時の潮汐の変動 2019年9月 瞬時値 (60秒間隔採取)



・台風などの異常時の潮位変動

台風などの異常時の潮位変動について、代表として若狭湾周辺の潮汐の変動が大きいと想定される2018年の台風21号(中心気圧950hPa)の潮位変動を確認した。潮汐の変動は大きいところで10分間で0.27m程度である。

● 2018年の台風21号の潮位データ 瞬時値 (60秒間隔採取)



第 6-2-1 図 津居山地点における過去の潮位データ

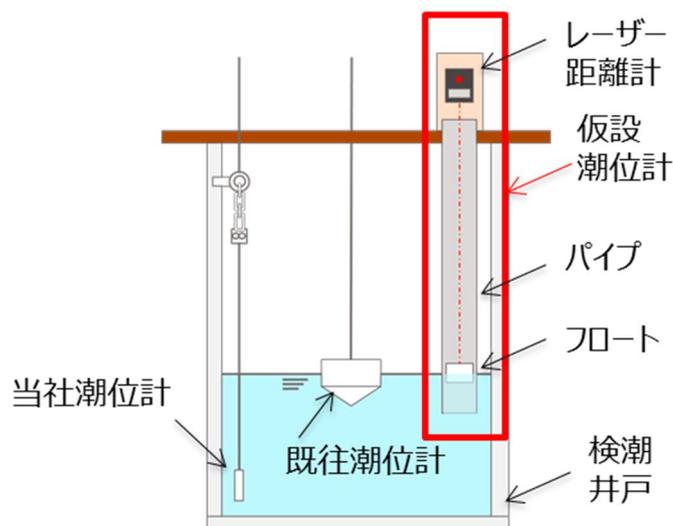
(4) LLW 輸送荷役作業中における対応について

(a) 背景

作業は、年間数日程度であり、夜間作業がないこと、構外潮位計全台欠測時の輸送車両等の退避による作業中断は、輸送工程への影響が大きいことから、荷役作業中は構外潮位計設置箇所へ人を配置し、仮に構外潮位計の潮位伝送に異常が生じた場合には、現地にて潮位を確認し、構外潮位の観測を行う。以下に具体的な資機材及び運用方法について説明する。

(b) 現地における潮位観測のための資機材について

潮位観測のための資機材として、レーザー距離計を採用し、海水面に浮かせたフロートにレーザーを照射することにより、潮位の変動を観測する。レーザー距離計を含む資機材（以下、仮設潮位計という）の設置イメージを第 6-2-2 図、仕様等を第 6-2-2 表に示す。潮位の変動データについては、レーザー距離計から、現地設置のパソコンに伝送し、現地監視人が測定結果を確認する。確認イメージについては第 6-2-3 図に示す。



第 6-2-2 図 仮設潮位計の全体構成図

第 6-2-2 表 仮設潮位計の仕様等

レーザー距離計	項目	仕様
	測定精度	±2mm
	電源	単 4 アルカリ乾電池×2 本

日付	時刻	測定値 [m]	10分変位(上昇) [m]	10分変位(下降) [m]
2020年12月1日	6時31分50秒	0.76	-	-
2020年12月1日	6時32分00秒	0.77	+ 0.00	- 0.01
2020年12月1日	6時33分10秒	0.78	+ 0.00	- 0.02
2020年12月1日	6時33分20秒	0.77	+ 0.01	- 0.01
2020年12月1日	6時33分30秒	0.77	+ 0.01	- 0.01
2020年12月1日	6時33分40秒	0.77	+ 0.01	- 0.00
2020年12月1日	6時33分50秒	0.77	+ 0.00	- 0.01
2020年12月1日	6時42分30秒	1.10	+ 0.00	- 0.34
2020年12月1日	6時42分40秒	1.13	+ 0.00	- 0.37
2020年12月1日	6時42分50秒	1.15	+ 0.00	- 0.39
2020年12月1日	6時43分00秒	1.21	+ 0.00	- 0.45
2020年12月1日	6時43分10秒	1.25	+ 0.00	- 0.48

※10 分間の最大（最小）値と現時点での測定値を比較して、10 分変位（下降）及び（上昇）を確認する。情報発信基準値（10 分以内に 0.45m）を超過した場合は警告として赤色表示される。

第 6-2-3 図 測定結果の確認画面イメージ

(c) 監視体制

構外潮位計が全台欠測した場合、津居山地点に現地監視人(2人)にて、仮設潮位計で潮位観測を開始し、津波監視を行う。

(d) 情報発信基準と通報連絡フロー

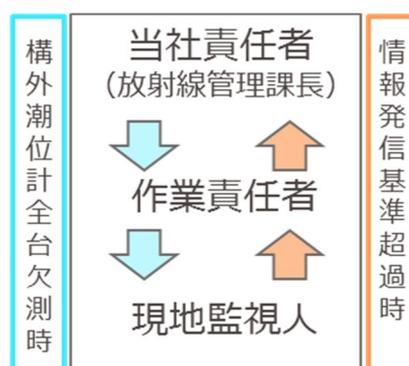
津居山地点での観測潮位が「10 分以内に 0.5m の水位が下降（上昇）した場合」を、津居山地点の潮位を計測する計装設備の情報発信基準とし、情報発信を行う。

なお、情報発信基準のセット値は、構内の潮位観測システム（防護用）による取水路防潮ゲートの閉止判断基準（トリガー）のセット値の考え方、津居山地点の既往観測潮位計及び当社潮位計のセット値を踏まえ、「10分以内に0.45m」とする。

また、構外潮位計全台欠測時及び情報発信基準超過時の通報連絡フローを第6-2-4図に示す。

構外潮位計全台欠測時には、当社責任者である放射線管理課長から作業責任者に、作業責任者は現地監視人に仮設潮位計による潮位観測を開始し、津波監視を行うよう指示を行う。情報発信基準超過時には、現地監視人から作業責任者に、作業責任者は放射線管理課長に情報発信基準超過を連絡する。

連絡手段については、携帯電話（2台（予備1台を含む））にて、構外潮位計全台欠測時点から、常時通話状態とし、通話ができないことを確認した時点で、保守的に「(e) 構外潮位が観測できない場合の対応」を行うこととする。



第6-2-4図 構外潮位計全台欠測時及び情報発信基準超過時の
通報連絡フロー

(e) 構外潮位が観測できない場合の対応について

構外潮位計及び仮設潮位計のいずれによっても、潮位が観測できない場合は、保守的に、津居山地点に津波襲来を判断した際と同様に、荷役作業を中断し、陸側作業員および輸送物の退避ならびに漂流物化防止対策を実施するとともに、係留強化する船側と情報連絡を行う。

7. その他補足事項

7.1 警報発信のセット値を踏まえた運転操作等の成立性への影響確認について

7.1.1 概要

本章では、「津波を確認してから、施設影響が生じる潮位に至る前に取水路防潮ゲート閉止の運転操作が完了するか（運用成立性）」について、入力津波設定の諸条件（循環水ポンプ（以下、CWP という。）起動の有無）や取水路防潮ゲートの閉止判断基準に設工認で設計する計装誤差を考慮したセット値の影響を確認する。

具体的には、まず運用の成立性について、1～4号機の4プラント運転時に、取水路防潮ゲートは4門を常時開としており、取水路防潮ゲートの閉止判断基準（10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇、又はその逆）に計装誤差を考慮したセット値（10分以内に0.45m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.45m以上上昇、又はその逆）に到達した場合、1号及び2号機中央制御室並びに3号及び4号機中央制御室（以下、各中央制御室）でCWP停止及びユニットトリップ操作が完了した後、1号及び2号機中央制御室から遠隔操作により取水路防潮ゲートを全門閉止する運用としていることから、これらの一連の対応に係る運転操作等が、施設影響の生じる潮位に至る前に完了するかを確認する。

また、取水路防潮ゲートを閉止する時刻から、施設影響が生じる潮位に至る時刻までの余裕時間について、設工認で設定する「施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波」の波形を用いた場合においても安全上の余裕があるかを確認する。

さらに、第1波の水位低下量が財産保護のために設定しているCWPの停止基準に達する場合、取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達する前にCWPの停止を行うことになるため、CWPが取水しないことによる水位の上昇が、取水路防潮ゲート閉止判断と運転員操作に影響を与えないかを確認する。

以降本章において、取水路防潮ゲートの閉止判断基準は、計装誤差を考慮したセット値（10分以内に0.45m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.45m以上上昇、又はその逆）を表す。

7.1.2 検討内容

今回の津波警報等が発表されない津波襲来時の津波波形の一例を第7-1-1図に示す。本図に、取水路防潮ゲートの閉止判断基準の確認、循環水ポンプ停止、ユニットトリップ操作、取水路防潮ゲート閉止までの一連の流れをあわせて記載する。また、第7-1-2図に運転員の監視モニタによる監視及び各種操作に係る一連の動作の所要時間を示し、第7-1-3図に取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達したことを確認するための設備構成を示す。

第7-1-1図、第7-1-2図に示すとおり、今回の対策における取水路防潮ゲート閉止に必要な運転操作は次のとおりである。まず、取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達した後、各中央制御室にて、循環水ポンプ停止及びユニットトリップ操作を実施す

る。操作及びポンプ停止に要する時間は5分である。次に、1号及び2号機中央制御室から遠隔操作により取水路防潮ゲート閉止を実施する。操作及び取水路防潮ゲート閉止に要する時間は1分である。以上より、一連の運転操作及び機器の動作完了に要する時間は、計6分である。

したがって、一連の運転操作及び機器の動作完了に要する時間の成立性を、以下の項目ごとに検討する。

- ① 潮位観測システム（防護用）において取水路防潮ゲートの閉止判断基準の到達を確認するまでの対応の成立性
- ② 取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達した後の循環水ポンプ停止及びユニットトリップ操作に要する時間の成立性
- ③ 取水路防潮ゲート閉止に要する時間の成立性

上記のうち、①の取水路防潮ゲートの閉止判断基準の到達を確認するまでの対応は、既認可の大津波警報発表時の対応とは異なる対応となっており、成立性の確認が必要であるため、7.1.3（1）にて確認結果の詳細を示す。

②については、常用取水路が取水路防潮ゲートにて閉止されている状態で循環水ポンプの運転を継続した場合、同じ取水路を共有する海水ポンプの取水性に影響が出るため、取水路防潮ゲート閉止前の循環水ポンプの停止等が必須であることから実施しているものであり、これに要する時間は、循環水ポンプ停止と循環水ポンプ出口弁の全開から全閉に要する時間の合計の設計値である約3分に余裕を持たせ5分と評価している。なお、本評価時間は既認可と同様であり、7.1.3（2）にて詳細を示す。

また、③の取水路防潮ゲート閉止は、②の循環水ポンプ停止及びユニットトリップ操作の実施後に行う必要がある。取水路防潮ゲートはゲート扉体に取り付けられたラック棒がラック式開閉装置に固定された構造である。既認可においては、保守的に長さ6mの長尺のラック棒を用いて、揚程6mの高さをラック式開閉装置により落下・閉止することとしており、取水路防潮ゲート閉止に要する時間を3分と評価していたが、今回の評価においては、現場の設備実態が長さ1mの短尺ラック棒であることを反映して取水路防潮ゲート閉止に要する時間を1分と評価した。具体的には、この長さ1mの短尺のラック棒を用いて、揚程1mの高さをラック式開閉装置により落下し、その後の5mは自由落下するものとして、これらの時間を足し合わせて1分と評価しており、本評価の妥当性について7.1.3（3）に示す。



第 7-1-1 図 津波警報が発表されない津波襲来時の津波波形の一例
 (1号機海水ポンプ室、エリアB(Es-K5、Kinematicモデル)、
 破壊伝播速度 1.00m/s、水位下降側)

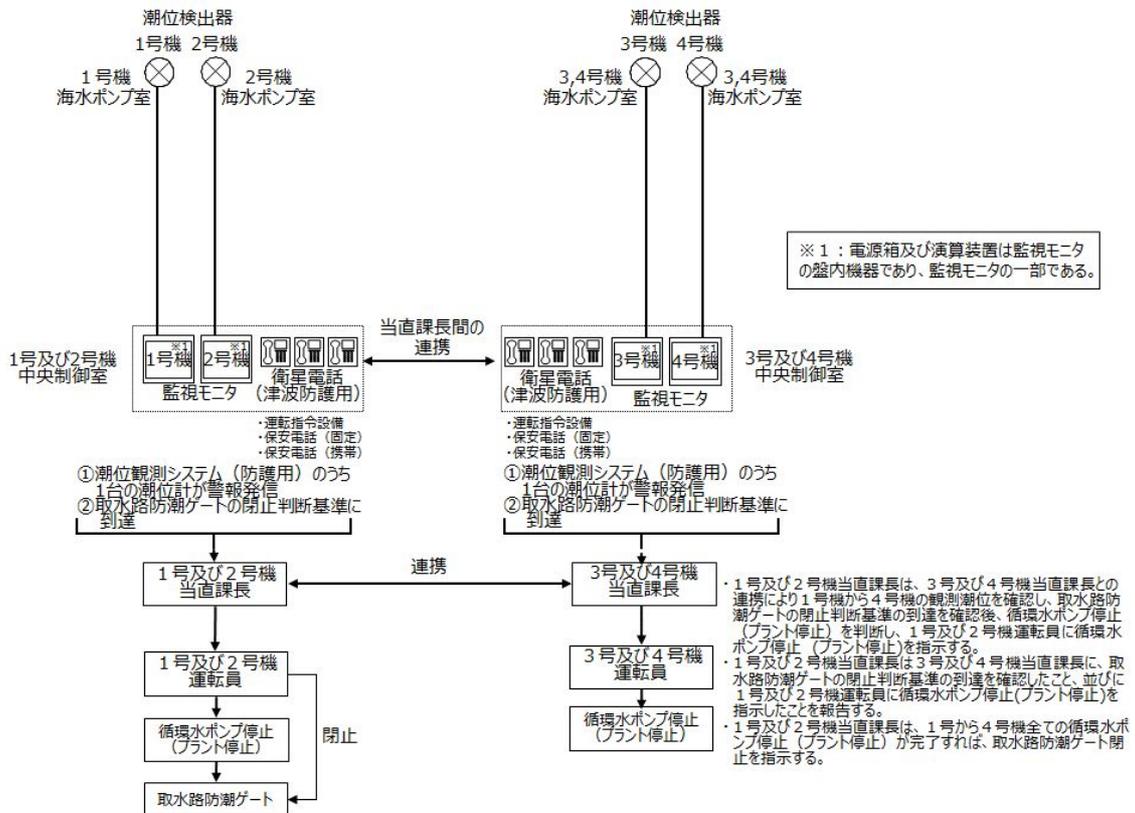
(今回の対策における対応)

	経過時間 (分)								時間	対応に係る各ステップに要する時間および説明	
	2	4	6	8	10	12	14	説明			
潮位変動を検知									0分	通常潮汐から0.45m変動を検知すれば、中央制御室に警報発信	②
潮位変動の判断 運転員の指示等	←	←	←	←	←	←	←	5分	警報発信後、運転員は潮位の継続的な重点監視を行うとともに、2台の観測潮位がいずれも1.0分以内に0.45m以上下降し、最低潮位から0.45m上昇した時点でゲート閉止等の操作を行うことを当直課長が運転員へ指示する。		
循環水ポンプ停止			←	←	←	←	←	5分	循環水ポンプ停止、出口弁の設計値（全開から全閉）の約3分に余裕を持たせ5分と評価している。	③	
ユニットトリップ			←	←	←	←	←	5分	原子炉トリップスイッチによるユニット停止		
取水路防潮ゲート閉止 (遠隔操作)								11分	1分	短尺のラック棒（長さ1m）であることから、ラック式開閉装置による落下時間は約2.0秒であり、その後、5mの高さをゲートが自由落下する時間は約2秒であることから余裕を考慮して、1分で閉止すると評価している。	①

(参考：既認可の大津波警報発表時の対応)

	地震・津波発生からの経過時間 (分)								時間	対応に係る各ステップに要する時間および説明	
	2	4	6	8	10	12	14	説明			
津波情報入手	←	←	←	←	←	←	←	3分	3分	気象庁から津波情報入手。地震が発生してから約3分を目標に、大津波警報、津波警報または津波注意報を、津波予報区単位で発表（気象庁ホームページより）	②
防潮ゲート閉止判断 運転員への指示等		←	←	←	←	←	←	2分	2分	ゲート閉止等の操作を行うことを当直課長が運転員へ指示する。	
循環水ポンプ停止			←	←	←	←	←	5分	5分	循環水ポンプ停止、出口弁の設計値（全開から全閉）の約3分に余裕を持たせ5分と評価している。	
ユニットトリップ操作			←	←	←	←	←	5分	5分	原子炉トリップスイッチによるユニット停止操作	
防潮ゲート閉止 (遠隔操作)								13分	3分	保守的に長尺のラック棒（長さ6m）を用いて、揚程6mの高さをラック式開閉装置により閉止することとしており、その落下にかかる時間を約2分としていることから、余裕を考慮して、3分で閉止すると評価している。	

第 7-1-2 図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達した場合の取水路防潮ゲート閉止の閉止操作の手順及び閉止に要する時間



第 7-1-3 図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達したことを確認するための設備構成

7.1.3 検討結果

(1) 潮位観測システム（防護用）において取水路防潮ゲートの閉止判断基準の到達を確認するまでの対応の成立性

a. 検討対象とする津波の選定

本項目において検討対象とする津波は、潮位変動開始から取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達するまでの所要時間が短く、最も運用上の時間的な対応が短くなる「海底地すべりエリア B (Es-K5、Kinematic モデル)」による津波とする。第 7-1-1 表に、検討対象とする津波の潮位変動開始から取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達までの所要時間を示す。

第 7-1-1 表 潮位変動開始から取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達するまでの
所要時間

		敷地内		
		1号機海水ポンプ室前面	2号機海水ポンプ室前面	3,4号機海水ポンプ室前面
下げ側	最初の0.45m (第7-1-4図の①の時間)	2.45分 (43.35分~45.80分)	2.35分 (43.55分~45.90分)	1.85分 (44.25分~46.10分)
	全体 (第7-1-4図の①+②の時間)	6.00分 (43.35分~49.35分)	6.10分 (43.55分~49.65分)	6.30分 (44.25分~50.55分)
上げ側	最初の0.45m (第7-1-4図の③の時間)	0.95分 (49.35分~50.30分)	0.75分 (49.65分~50.40分)	0.70分 (50.55分~51.25分)

※：1台の潮位計において観測潮位が0.45m以上下降、又は上昇した時点で各中央制御室に警報が発信

b. 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の到達を確認するまでの対応

a. で設定した津波襲来時において、警報発信から取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達するまでの対応について取水路防潮ゲートの閉止完了までの一連の対応を含め、以下に示す。

(a) 潮位観測システム（防護用）のうち潮位計が10分以内に0.45m以上下降、又は上昇した時点の警報発信（1台目）

- ・1台目の潮位計において観測潮位が10分以内に0.45m以上下降、又は上昇した時点で1号及び2号機中央制御室又は3号及び4号機中央制御室に警報が発信する。
- ・この時点で1号及び2号機運転員又は3号及び4号機運転員は1号及び2号機当直課長又は3号及び4号機当直課長へ警報発信したことを報告する。
- ・1号及び2号機当直課長又は3号及び4号機当直課長は他方の中央制御室の当直課長へ潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）を用いて、警報発信したことを報告する。なお、衛星電話（津波防護用）の補助設備として運転指令設備、保安電話（固定）、保安電話（携帯）を活用する。（(b)から(e)も同様）
- ・その後、1号及び2号機当直課長並びに3号及び4号機当直課長は潮位の継続的な集中監視を行うために、1号及び2号機運転員又は3号及び4号機運転員に潮位の継続監視、循環水ポンプ停止準備、プラント停止準備及び取水路防潮ゲート閉止準備に備えるよう指示する。
- ・1号及び2号機運転員並びに3号及び4号機運転員はそれぞれの中央制御室の監視モニタへ移動し、潮位計の潮位変化量やトレンドグラフを継続的に目視確認し、1号及び2号機当直課長又は3号及び4号機当直課長に速やかに状況を報告する。
- ・なお、安全性向上のための補助機能として、1号及び2号機当直課長と3号及び4号機当直課長は、潮位観測システム（補助用）から警報が発信した時点で、他号機の観測潮位の動向を把握する。（(b)から(d)も同様）

- (b) 潮位観測システム（防護用）のうち潮位計が 10 分以内に 0.45m 以上下降、又は上昇した時点の警報発信（2 台目）
- ・ 2 台目の潮位計において観測潮位が 10 分以内に 0.45m 以上下降、又は上昇した時点で 1 号及び 2 号機中央制御室又は 3 号及び 4 号機中央制御室に警報が発信する。
 - ・ この時点で 1 号及び 2 号機運転員又は 3 号及び 4 号機運転員は 1 号及び 2 号機当直課長又は 3 号及び 4 号機当直課長へ警報発信したことを報告する。
 - ・ 1 号及び 2 号機当直課長と 3 号及び 4 号機当直課長は潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）を用いた連携により、他方の中央制御室の当直課長へ警報発信したことを報告する。
 - ・ 1 号及び 2 号機運転員並びに 3 号及び 4 号機運転員はそれぞれの中央制御室の潮位計の潮位変化量やトレンドグラフを継続的に目視確認し、1 号及び 2 号機当直課長又は 3 号及び 4 号機当直課長に速やかに状況を報告する。
- (c) (a)又は(b)で警報発信した潮位観測システム（防護用）のうち潮位計が、その後最低潮位から 10 分以内に 0.45m 以上上昇、又は最高潮位から 10 分以内に 0.45m 以上下降した時点の警報発信（1 台目）
- ・ 1 台目又は 2 台目の潮位計において観測潮位が 10 分以内に 0.45m 以上上昇、又は下降した時点で 1 号及び 2 号機中央制御室又は 3 号及び 4 号機中央制御室に警報が発信する。
 - ・ この時点で 1 号及び 2 号機運転員又は 3 号及び 4 号機運転員は 1 号及び 2 号機当直課長又は 3 号及び 4 号機当直課長へ警報発信したことを報告する。
 - ・ 1 号及び 2 号機当直課長と 3 号及び 4 号機当直課長は潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）を用いた連携により、他方の中央制御室の当直課長へ警報発信したことを報告する。
 - ・ 1 号及び 2 号機運転員並びに 3 号及び 4 号機運転員はそれぞれの中央制御室の潮位計の潮位変化量やトレンドグラフを継続的に目視確認し、1 号及び 2 号機当直課長又は 3 号及び 4 号機当直課長に速やかに状況を報告する。
- (d) (a)又は(b)で警報発信した潮位観測システム（防護用）のうち潮位計が、その後最低潮位から 10 分以内に 0.45m 以上上昇、又は最高潮位から 10 分以内に 0.45m 以上下降した時点の警報発信（2 台目）、取水路防潮ゲート閉止判断（循環水ポンプ停止及びプラント停止判断を含む）
- ・ (c)の潮位計に引き続き、もう 1 台の潮位計の観測潮位が 10 分以内に 0.45m 以上上昇、又は下降した時点で、1 号及び 2 号機中央制御室又は 3 号及び 4 号機中央制御室に警報が発信する。

- ・この時点で1号及び2号機運転員又は3号及び4号機運転員は1号及び2号機当直課長又は3号及び4号機当直課長へ警報発信したことを報告する。
- ・1号及び2号機当直課長と3号及び4号機当直課長は潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話(津波防護用)を用いた連携により、他方の中央制御室の当直課長へ警報発信したことを報告する。
- ・この時点で1号及び2号機当直課長は取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達したこと、並びに循環水ポンプ停止(プラント停止)を判断し、1号及び2号機運転員に循環水ポンプ停止(プラント停止)を指示する。
- ・合わせて、1号及び2号機当直課長は3号及び4号機当直課長に、取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達したこと、並びに1号及び2号機運転員に循環水ポンプ停止(プラント停止)を指示したことを、潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話(津波防護用)を用いて報告する。
- ・3号及び4号機当直課長は、1号及び2号機当直課長の報告を受け、3号及び4号機運転員に循環水ポンプ停止(プラント停止)を指示する。

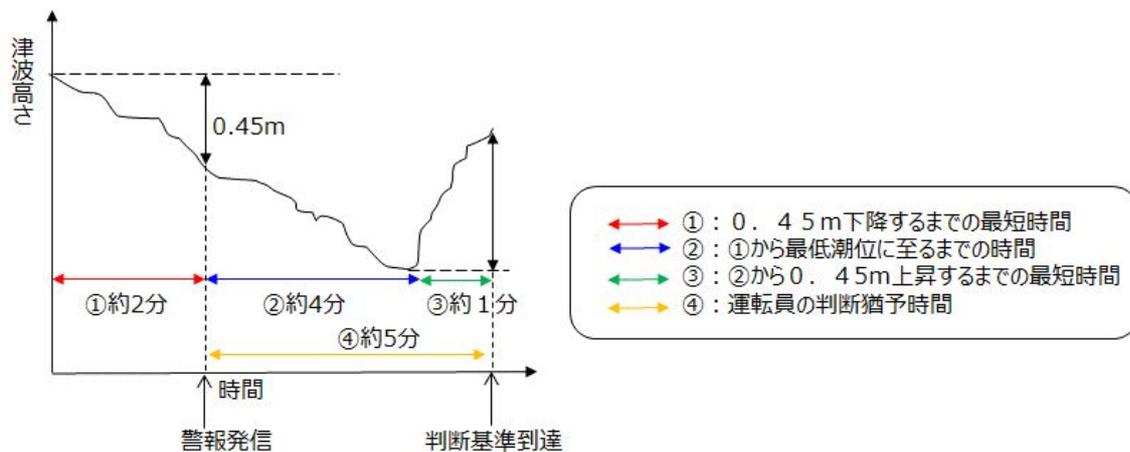
(e) 取水路防潮ゲートの閉止

- ・1号及び2号機運転員並びに3号及び4号機運転員は循環水ポンプ停止(プラント停止)操作が完了すれば、1号及び2号機当直課長並びに3号及び4号機当直課長に報告する。
- ・3号及び4号機当直課長は1号及び2号機当直課長に循環水ポンプ停止(プラント停止)操作が完了したことを、潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話(津波防護用)を用いて報告する。
- ・1号及び2号機当直課長は1号及び2号機運転員に取水路防潮ゲート閉止を指示し、1号及び2号機運転員から取水路防潮ゲート閉止操作が完了した報告を受ける。
- ・1号及び2号機当直課長は、3号及び4号機当直課長に、取水路防潮ゲート閉止操作が完了したことを、潮位観測システム(防護用)のうち衛星電話(津波防護用)を用いて報告する。

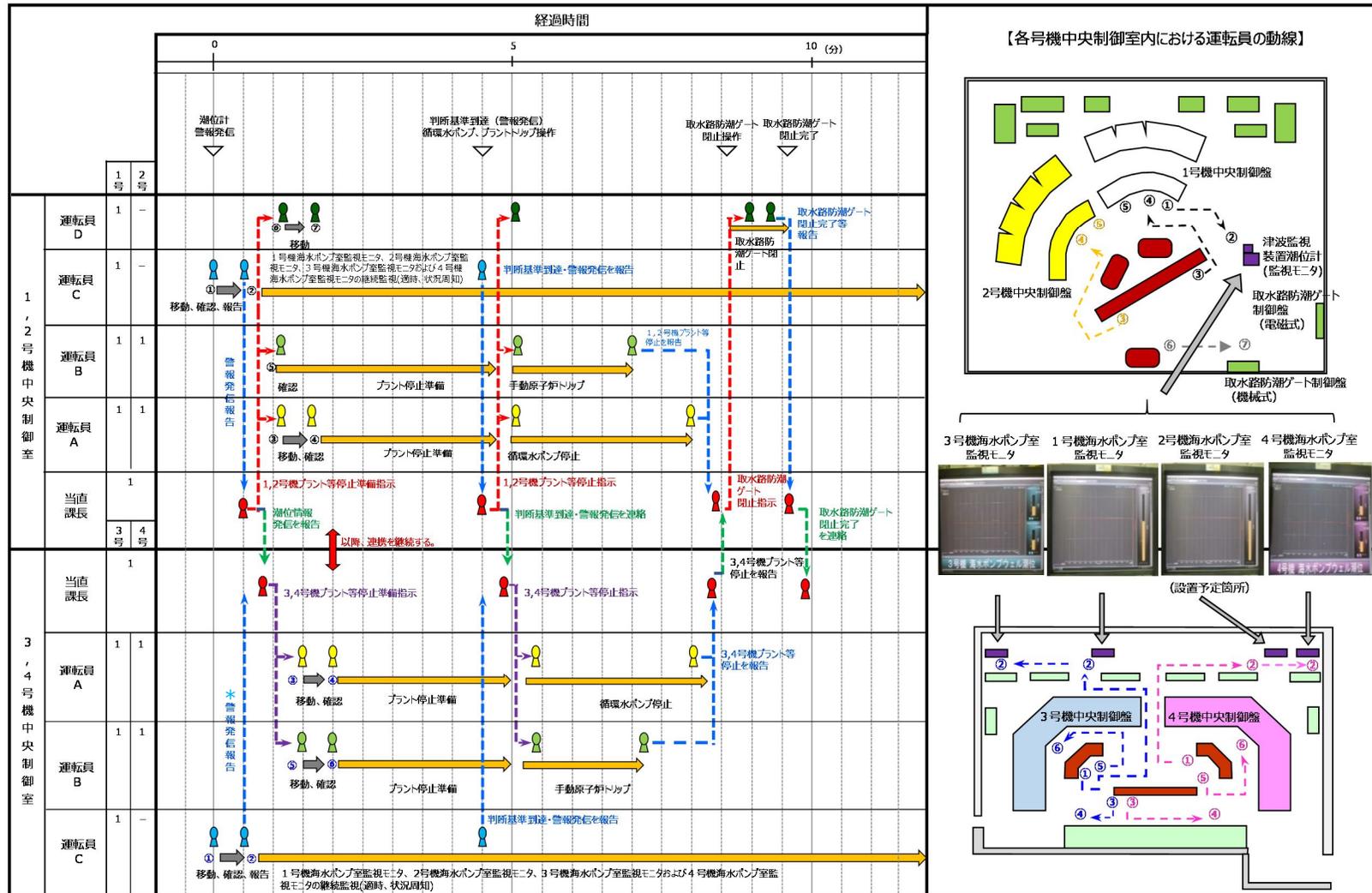
上記の対応を踏まえ、(a)の警報発信から(d)の取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達するまで最短でも約5分であり、この間に取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達したことを確認することと、1号及び2号機当直課長並びに3号及び4号機当直課長が取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達したことを確認した場合に速やかに対応するための情報連携ができることを確認した。潮位トレンドイメージについて第7-1-4図に、運転員タイムチャートを第7-1-5図に示す。

以降、本章において、取水路防潮ゲートの閉止判断基準の条件成立を1号及び

2号機当直課長と3号及び4号機当直課長の潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）を用いた連携により確認することを「取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認」という。



第 7-1-4 図 潮位トレンドイメージ



第7-1-5図 運転員タイムチャート(1~4号機) * 潮位観測システム(補助用)による警報発信
(1号及び2号機潮位計で警報発信し、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認した場合)

(2) 取水路防潮ゲートの閉止判断基準の到達を確認した後の対応

1号及び2号機当直課長並びに3号及び4号機当直課長が取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認した後の循環水ポンプ停止、ユニットトリップ操作に要する時間は既認可の大津波警報発表時の対応時間と同様であることから、ここでは、循環水ポンプ停止、ユニットトリップ操作、取水路防潮ゲート閉止の各操作の対応の成立性について確認する。

1号及び2号機当直課長が取水路防潮ゲート閉止判断基準を確認した後の対応は、(1) b. (d)及び(e)の記載のとおりであり、循環水ポンプ停止、ユニットトリップ操作、取水路防潮ゲート閉止の一連の操作が時間内に対応できることを確認している。なお、取水路防潮ゲート閉止に要する時間の成立性については(3)に詳細を示す。

(3) 取水路防潮ゲート閉止に要する時間の成立性

第7-1-1図に示すとおり、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認し、循環水ポンプ停止及びユニットトリップ操作完了後、取水路防潮ゲートを1分で閉止する運用としている。1号機～4号機の4プラント運転時における取水路防潮ゲートの状況を第7-1-6図及び第7-1-7図に示す。取水路防潮ゲートは防潮壁、ゲート扉体、ゲート落下機構等で構成されており、ゲート扉体はラック棒によりゲート落下機構に固定されている。

ゲート扉体の落下距離は6mであるが、第7-1-7図に示すとおりゲートが開の状態では短尺ラック棒が装着されており、この場合、短尺ラック棒がゲート落下機構を通過する間の区間(以下「区間①」という。)は1mである。区間①においては、ゲート扉体はゲート落下機構によって機械的に落下速度を制限された状態で落下し、その後の5m区間(以下「区間②」という。)についてはほぼ自由落下となる。

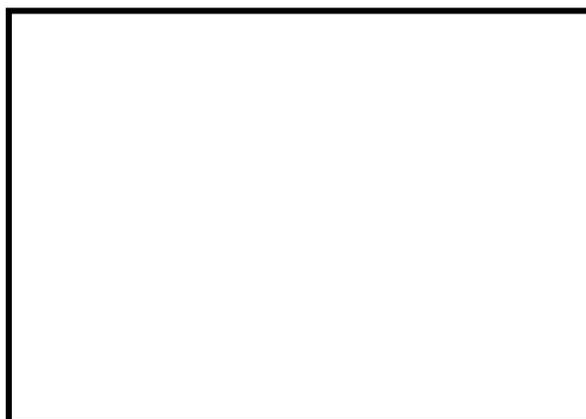
ここで、既認可では、ゲート扉体は長尺ラック棒(6m)によりゲート落下機構に固定し、揚程6mの高さをゲート落下機構により閉止することとしていたため、長尺ラック棒(6m)がゲート落下機構を通過する時間は3m/分(検査等で確認済)であることを踏まえ、大津波警報発表時の取水路防潮ゲート閉止時間は2分(6m/(3m/分)=2分)に余裕を考慮して3分としていた。その後、審査の中でラック棒を長尺ラック棒(6m)から短尺ラック棒(1m)に変更したが、大津波警報発表時の取水路防潮ゲート閉止時間については、保守的に長尺ラック棒(6m)がついていることを想定し、3分のままとしていた。

1号及び2号機運転員並びに3号及び4号機運転員が取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認した場合の取水路防潮ゲート閉止時間については、現場の設備実態に合わせ、長さ1mの短尺のラック棒による運用を踏まえると、取水路防潮ゲートを閉止(ゲート扉体が6m落下)するまでに要する時間は20秒程度であるものの、余裕を考慮して1分と評価している。

区間①及び区間②の落下時間の詳細については以下に示す。



第 7-1-6 図 4 プラント運転時における取水路防潮ゲートの状況（正面図）



第 7-1-7 図 4 プラント運転時における取水路防潮ゲートの状況（断面図）

a. 区間①の落下時間

区間①は、ラック棒がゲート落下機構を通過する区間であり、ゲート扉体は落下速度を制限された状態で落下する。ラック棒がゲート落下機構を通過する速度については、大津波警報が発表された場合の検討において、閉止速度 3m/分であることを検査等により確認していることから、区間①の落下時間は、1m のラック棒がゲート落下機構を通過する時間である 20 秒（3m を 1 分で落下するため、1m の落下時間は 20 秒）と算定できる。

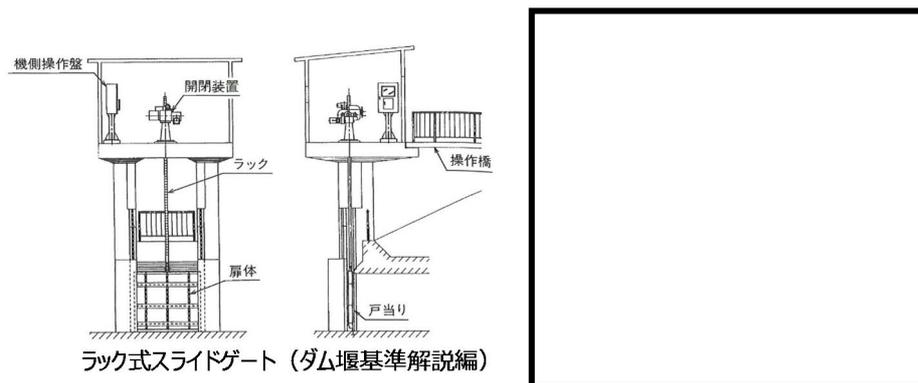
なお、閉止速度 3m/分は静水中でのゲート閉止を検査等で確認したものであり、前半 1m 区間の落下時にはすでに津波が到達していることから、津波による流水抵抗を受ける可能性がある。しかし、ゲート落下機構によって機械的に落下速度が制限されることから、津波による流水抵抗があったとしても、閉止時間 3m/分には変わりはないものとする。

b. 区間②の落下時間

区間②の落下時においても、すでに津波が到達していることから、津波による流水抵抗等を考慮した条件で落下時間を算定する。

落下時間の算定においては、ダム堰・堰施設技術基準（案）基準解説編（ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 10 月）（以下「ダム堰基準解説編」という。）に記載されている開閉荷重を適切に考慮することで、津波襲来時の取水路防潮ゲート閉操作にかかる荷重を設定する。

今回の取水路防潮ゲート閉操作は津波が襲来している状況下での操作となり、一般のゲートにおいても流水時にゲート閉操作を実施することがあるため、今回想定している状況と同じであると考え。また、取水路防潮ゲートの支承部は戸当たりと平面で摺動しながら開閉される形式であり、第 7-1-8 図に示すとおりスライドゲートの形式をとっていることから、ダム堰基準解説編を適用できると考える。



第 7-1-8 図 ゲート形式について

(a) 開閉荷重について

ダム堰基準解説編では水門扉の扉体の開閉荷重として考慮する荷重は、扉体の自重、支承・水密ゴム及び堆泥の摩擦力、浮力、越流水による上・下向力、下端放流水による上・下向力、その他の荷重とされている。

上記の開閉荷重の組み合わせは水門扉の形式ごとに例示されており、今回の取水路防潮ゲートに類似した形式として、スライドゲートの閉操作時における開閉荷重の組合せを考慮する。開閉荷重の組合せを第 7-1-2 表に示す。

第 7-1-2 表 開閉荷重の組合せ

【ダム堰基準解説編に示す開閉荷重の組合せ】 スライドゲート閉操作時 (ダム堰基準解説編 P.189)

開閉荷重 形式	扉体の自重	支承部 摩擦力	水密部 摩擦力	浮力	越流水による 上・下向力	下端放流水 による 上・下向力	波(風波浪) による荷重	開閉時の水 の抵抗力
スライドゲート	○	○	○	○	△	△	△	

【取水路防潮ゲートに考慮する開閉荷重の組合せ】

取水路防潮ゲート	○	○	— ※1	○	— ※2	— ※3	— ※4	○ ※5
----------	---	---	------	---	------	------	------	------

※1 支承部に水密ゴムはないため考慮不要。

※2 越流が発生しないため考慮不要。

※3 下向きダウンフローが発生するが、保守的に考慮しない。

※4 外海に面していない取水路内の流れ場であり、風波浪による影響は軽微と考えられるため考慮しない。

※5 落下時にゲート底面に作用する水の抗力を考慮。

(b) 落下時間の算定について

ゲート扉体に作用する荷重を考慮した以下の運動方程式により、ゲート扉体の落下加速度を求め、落下時間を算定する。取水路防潮ゲートの開閉時の検討に考慮する荷重を第 7-1-9 図に示す。

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = F(\downarrow) - F(\uparrow)$$

ここで、 m : ゲート扉体質量 (t)

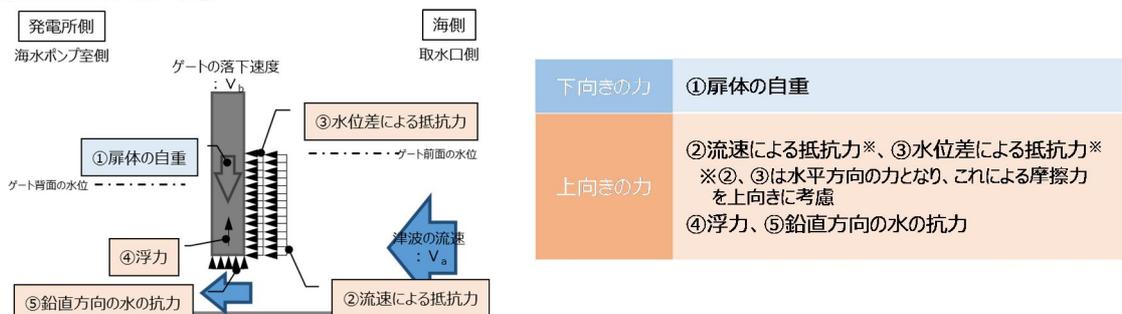
z : ゲート扉体の落下距離 (m)

$F(\downarrow)$: 下向きに作用する力 (kN)

$F(\uparrow)$: 上向きに作用する力 (kN)

	扉体の自重	支承部 摩擦力	水密部 摩擦力	浮力	越流水による 上・下向力	下端放流水 による 上・下向力	波(風波浪) による荷重	開閉時の水 の抵抗力
取水路防潮ゲート	①	②、③	—	④	—	—	—	⑤

○開閉荷重の作用イメージ図



第 7-1-9 図 考慮する開閉荷重及び荷重作用イメージ

第 7-1-9 図に示す荷重を考慮した運動方程式は以下のとおりとなる。

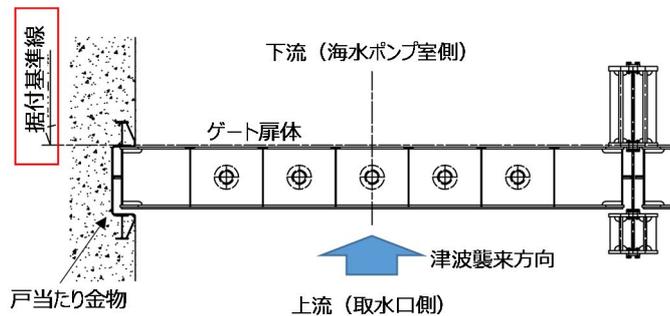
$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = \underbrace{mg}_{①} - \underbrace{\mu Fa}_{②} - \underbrace{\mu Fb}_{③} - \underbrace{Fc}_{④} - \underbrace{Fd}_{⑤}$$

ここで、 m ：ゲート扉体質量 (t)
 z ：ゲート扉体の落下距離 (m)
 Fa ：流速による抵抗力 (kN)
 Fb ：水位差による抵抗力 (kN)
 Fc ：浮力 (kN)
 Fd ：鉛直方向の水の抗力 (kN)
 μ ：摩擦係数
 (=0.4 ※ダム堰基準解説編 P.182)

ここで、摩擦係数については、ダム堰基準解説編において、「水密部または支承部金属間のすべり摩擦」として 0.4 が標準とされている。ただし、「高速流下での使用頻度が高く、摺動面が損傷しやすい状況であれば必要に応じ 0.5 程度を採用する」とされているが、取水路防潮ゲートは津波襲来時にのみ使用するゲートであり、使用頻度が少なく摺動面が損傷しにくい状況であるため、摩擦係数は 0.4 を採用する。

なお、摩擦が生じる主な部位は、ゲートと戸当たりの接触面になる。接触面は通常、海水に接しているため、貝などの海生物の付着が想定される。これについては、取水路防潮ゲートと戸当たり金物は密着し、ほぼ隙間がない状態で設置されており（第 7-1-10 図）、その状態のまま取水路防潮ゲートは落下することから、仮に戸当たり金物に貝が付着していたとしても、落下時にゲート底面で貝は削ぎ落され、摺動面に摩擦影響があるものは残らないため、影響はないと考える。また、取水路においては、ストレーナの閉塞防止等の観点から定検毎に清掃（除貝）する運用である。

①～⑤の各荷重の詳細を以下に示す。



第 7-1-10 図 取水路防潮ゲート据付図

① 扉体の自重

ゲート扉体質量 7.133t による自重を考慮する。

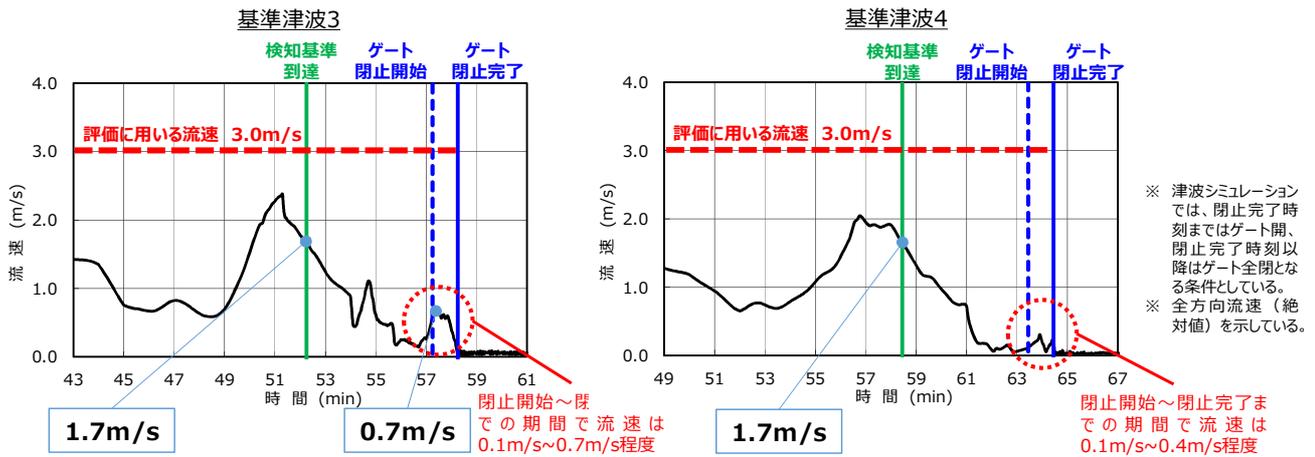
② 流速による抵抗力

以下の式により流速による抵抗力を算定する（ダム・堰施設技術基準（案）水門扉・放流管・付属施設設計マニュアル（ダム・堰施設技術協会，平成 23 年 7 月）（以下「ダム堰マニュアル編」という。）P.597）。

第 7-1-11 図に示すとおり、ゲート閉止時の流速は 0.1~0.7m/s 程度であるが、抵抗力を保守的に評価するため、流速 3.0m/s を考慮する。

$$\begin{aligned}
 Fa &= 1/2 \times \rho_0 \times v_a^2 \times C \times B \times z \\
 &= 1/2 \times 1.03 \times 3^2 \times 1.0 \times 3.9 \times z \\
 &= \underline{18.077 \times z} \text{ (kN)} \\
 &\quad \text{※}z=6\text{m}\text{では}Fa=108.5 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

ここで、 v_a : 流速 (3.0m/s)
 C : 水に対する抵抗係数 (=1.0)
 ※ダム堰マニュアル編 P.597
 B : 作用幅 (3.9m)
 z : 落下距離 (m)



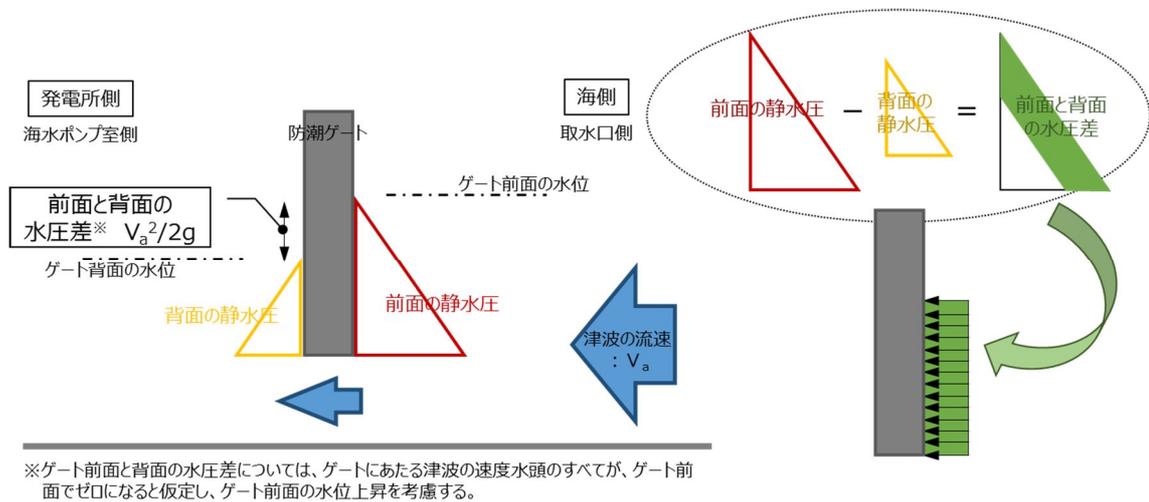
第 7-1-11 図 評価に用いる流速について

③水位差による抵抗力

以下の式により水位差による抵抗力を算定する（ダム堰基準解説編 P. 181）。
 なお、水位差による抵抗力については、取水路防潮ゲート前面と背面における静水圧の差分を考慮する（第7-1-12図）。

$$\begin{aligned}
 F_b &= P \times B \times z \\
 &= 1.03 \times 9.80665 \times 0.459 \times 3.9 \times z \\
 &= \underline{18.082 \times z \text{ (kN)}} \\
 &\quad \text{※}z=6\text{mでは}F_b=108.5 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

ここで、P：水位差による水圧（評価に用いる流速3.0m/sが作用した場合の、ゲート前面の水位上昇による水位差を考慮する。 $h=v_a^2/2g=0.459\text{m}$ より、 $P=\rho_0gh \text{ (kN/m}^2\text{)}$ を扉体に作用させる。）
 B：作用幅（3.9m）
 z：落下距離（m）



第7-1-12図 水位差について

④浮力

扉体はスキンプレート（片面）をH鋼等で補強している構造（第7-1-13図）であり、落下時に鋼材間の空気は水と入れ替わることから、扉体に作用する浮力は鋼材体積から算定した浮力とする。

$$\begin{aligned}
 F_c &= \rho_0 \times g \times V \times z / 6 \\
 &= 1.03 \times 9.80665 \times 0.847 \times z / 6 \\
 &= \underline{1.426 \times z \text{ (kN)}} \\
 &\quad \text{※}z=6\text{mでは}F_c=8.56 \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

ここで、V：扉体の体積（0.847m³）
 z：落下距離（m）



第 7-1-13 図 取水路下流側から見たゲート扉体の構造

⑤ 鉛直方向の水の抗力

以下の式により鉛直方向の水の抗力を算定する（ダム堰マニュアル編 P. 597）。

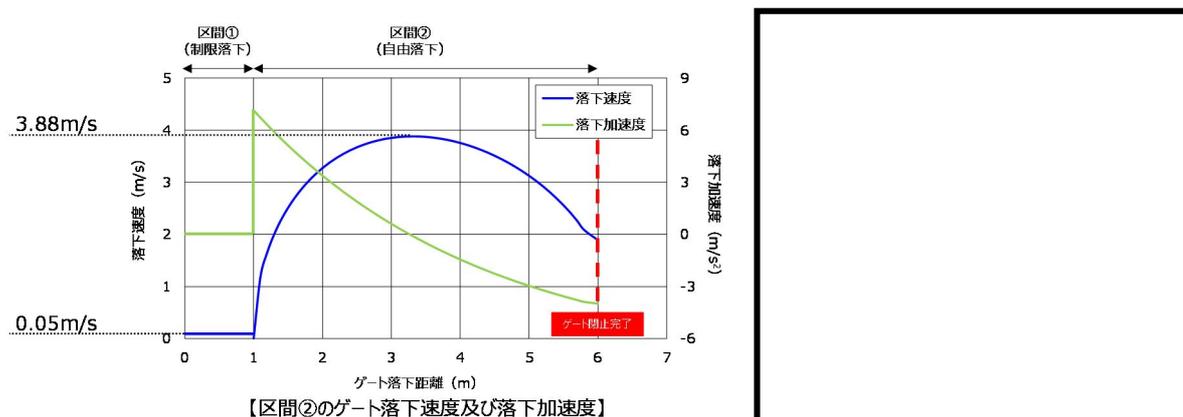
$$\begin{aligned}
 Fd &= 1/2 \times \rho_0 \times v_b^2 \times C \times A \\
 &= 1/2 \times 1.03 \times v_b^2 \times 1.0 \times 2.125 \\
 &= \underline{1.0944 \times v_b(z)^2} \text{ (kN)}
 \end{aligned}$$

ここで、 $v_b(z)$: z (m)地点の落下速度 (m/s)
 ※落下距離に応じた速度を考慮する
 C : 水に対する抵抗係数 (=1.0)
 ※ダム堰マニュアル編 P.597
 A : ゲート底面積 (2.125m²)
 z : 落下距離 (m)

①～⑤より、運動方程式は以下のとおりとなる。ここで、保守的な評価として、区間②における自由落下開始時の速度を 0m/s とすると、区間② (5m) の落下時間は約 1.79 秒となる。区間②のゲート落下速度及び落下加速度を第 7-1-14 図に示す。

$$m \frac{d^2z}{dt^2} = mg - \mu Fa - \mu Fb - Fc - Fd$$

$$7.133 \times \frac{d^2z}{dt^2} = 7.133 \times 9.80665 - 0.4 \times 18.077 \times z - 0.4 \times 18.082 \times z - 1.426 \times z - 1.0944 \times \left(\frac{dz}{dt}\right)^2$$



第 7-1-14 図 区間②のゲート落下速度及び落下加速度

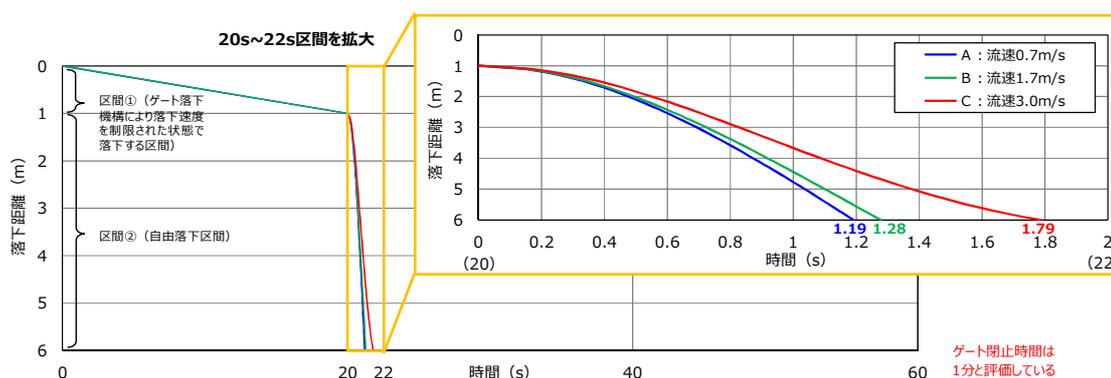
(c) ゲート落下時間の変動幅による取水路防潮ゲート閉止時間への影響について流速については閉止タイミングにより可変することから、保守性を考慮して 3.0m/s と設定するが、取水路防潮ゲート閉止タイミングの不確実性を考慮した流速によるパラメータスタディを実施し、ゲート落下時間の変動幅による取水路防潮ゲート閉止時間への影響を確認した。なお、ゲート落下時間を算定する際の流速については、定常状態で取水路防潮ゲートに作用する条件とする。

第 7-1-15 図に示すとおり、「海底地すべりエリア B (Es-K5、Kinematic モデル)」及び「海底地すべりエリア C (Es-T2、Kinematic モデル)」を波源とした津波シミュレーションにおいて、取水路防潮ゲートが閉まる時間帯の最大流速は 0.7m/s である。また、取水路防潮ゲート閉止タイミングの不確実性を考慮し、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認した際に取水路防潮ゲートを閉止する状況を想定した場合（循環水ポンプが全停止していて、取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認したと同時に取水路防潮ゲートを閉止することが可能な状況を想定した場合）の最大流速は 1.7m/s である。これらの流速を用いたパラメータスタディの結果を第 7-1-3 表に示す。いずれのケースも自由落下区間（区間②）におけるゲート落下時間は 1 秒～2 秒である。

上記のゲート落下時間に、ゲート落下機構（ラック式）により落下する区間（区間①）のゲート落下時間を含めた取水路防潮ゲート閉止時間は 20 秒程度である（第 7-1-15 図）のに対し、保守的に取水路防潮ゲート閉止時間を 1 分と評価していることから、40 秒程度の時間的な裕度がある。従って、自由落下区間（区間②）のゲート落下時間が多少変動したとしても、取水路防潮ゲート閉止時間への影響はない。

第7-1-3表 取水路防潮ゲート閉止タイミングの不確実性を考慮した流速による
パラメータスタディ結果

	取水路防潮ゲート閉止時間帯における流速	閉止タイミングの不確実性を考慮した流速	基本ケース (流速を保守的に設定)
流速 (m/s)	0.7	1.7	3.0
区間② (5m) の落下時間 (s)	1.19	1.28	1.79



第7-1-15図 取水路防潮ゲート閉止時間 (1分) の評価における裕度

7.1.4 取水路防潮ゲート閉止に対する余裕時間

7.1.1 章から 7.1.3 章において、「津波を確認してから、施設影響が生じる潮位に至る前に取水路防潮ゲート閉止の運転操作が完了するか（運用成立性）」について、取水路防潮ゲートの閉止判断基準に設工認で設計する計装誤差を考慮したセット値の影響を確認した。

本章では、取水路防潮ゲートが閉止された時刻から、「施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波」が施設影響を生じる潮位に至る時刻までに、どれだけの余裕時間があるかを評価し、安全上の裕度を確認する。

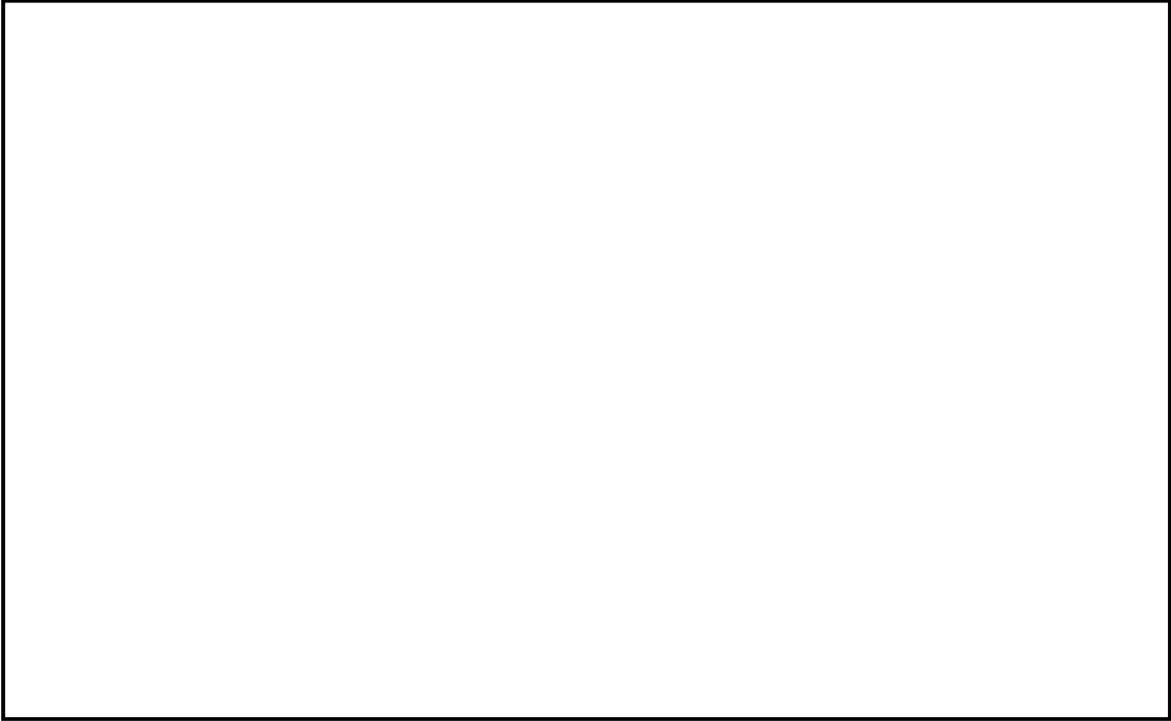
(1) 余裕時間の考え方及び算出方法

施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波について、取水路防潮ゲートが閉止される時刻、及び施設に影響する水位の波が取水路防潮ゲート前面に到達するまでの時刻を算出し、取水路防潮ゲート閉止に対する余裕時間を確認する。

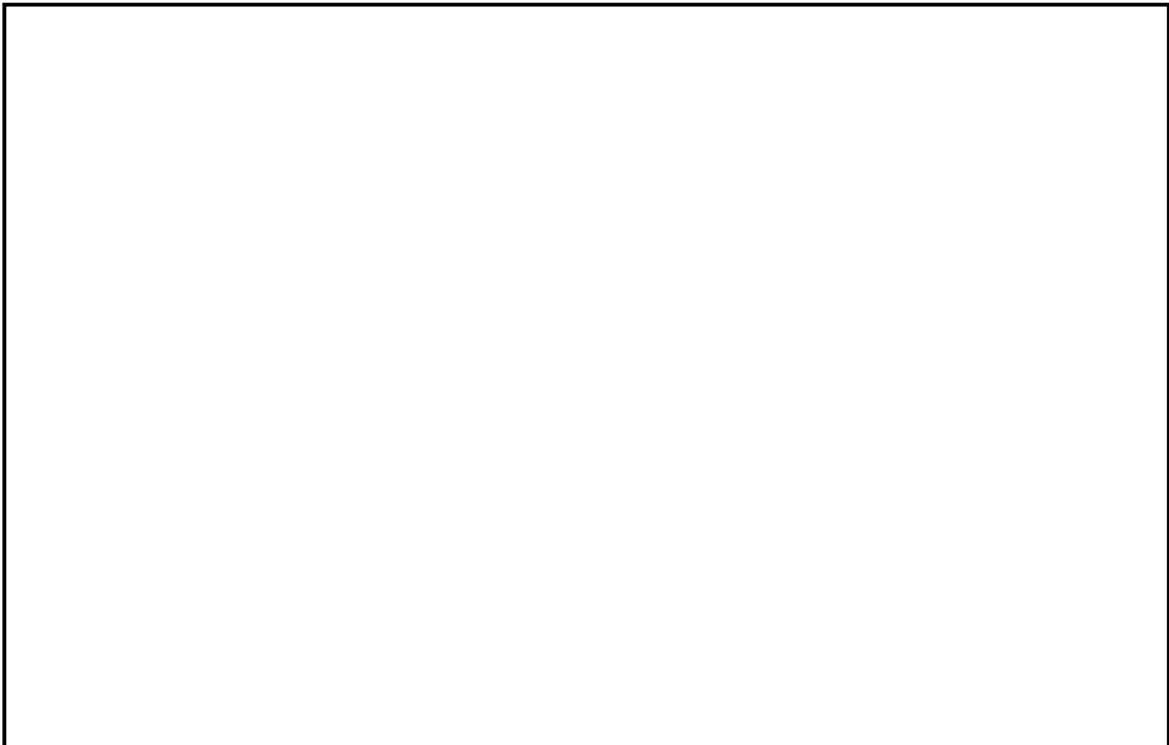
水位上昇側及び水位下降側における算出例を第 7-1-16 図、第 7-1-17 図に示す。なお、算出例は「施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波」ではなく、基準津波 3 の以下のケースによるものであるが、「施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波」の余裕時間の算出の考え方は同じである。

（「隠岐トラフ海底地すべりエリア B (Es-K5、Kinematic モデル)」を波源とする津波）

- ・海底地すべり：エリア B (Es-K5)
- ・計算モデル：Kinematic モデル
- ・崩壊規模：100%（最大）
- ・破壊伝播速度：1.0m/s（最大）



第 7-1-16 図 余裕時間の算出例 (水位上昇側)



第 7-1-17 図 余裕時間の算出例 (水位下降側)

(2) 余裕時間の算出結果

(1) で示した手法を用いて、施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波に対して、第7-1-4表のとおり余裕時間を算出した。同表に示す①～⑥の波源による時刻歴波形を第7-1-18図、第7-1-19図に示す。

第7-1-4表のとおり、取水路防潮ゲート閉止時刻から、施設影響を及ぼす津波が取水路防潮ゲート前面に到達するまでの余裕時間については、エリアB崩壊規模60%・破壊伝播速度1.0m/sの波源による津波で約10分であり、その他の波源による津波についても、約10～15分の余裕があることを確認した。なお、実運用を踏まえ、水位上昇側についても、水位下降側（循環水ポンプ稼働時）と同様の6分後に取水路防潮ゲートを閉止したとしても、約4分～5分の余裕があることを確認している。

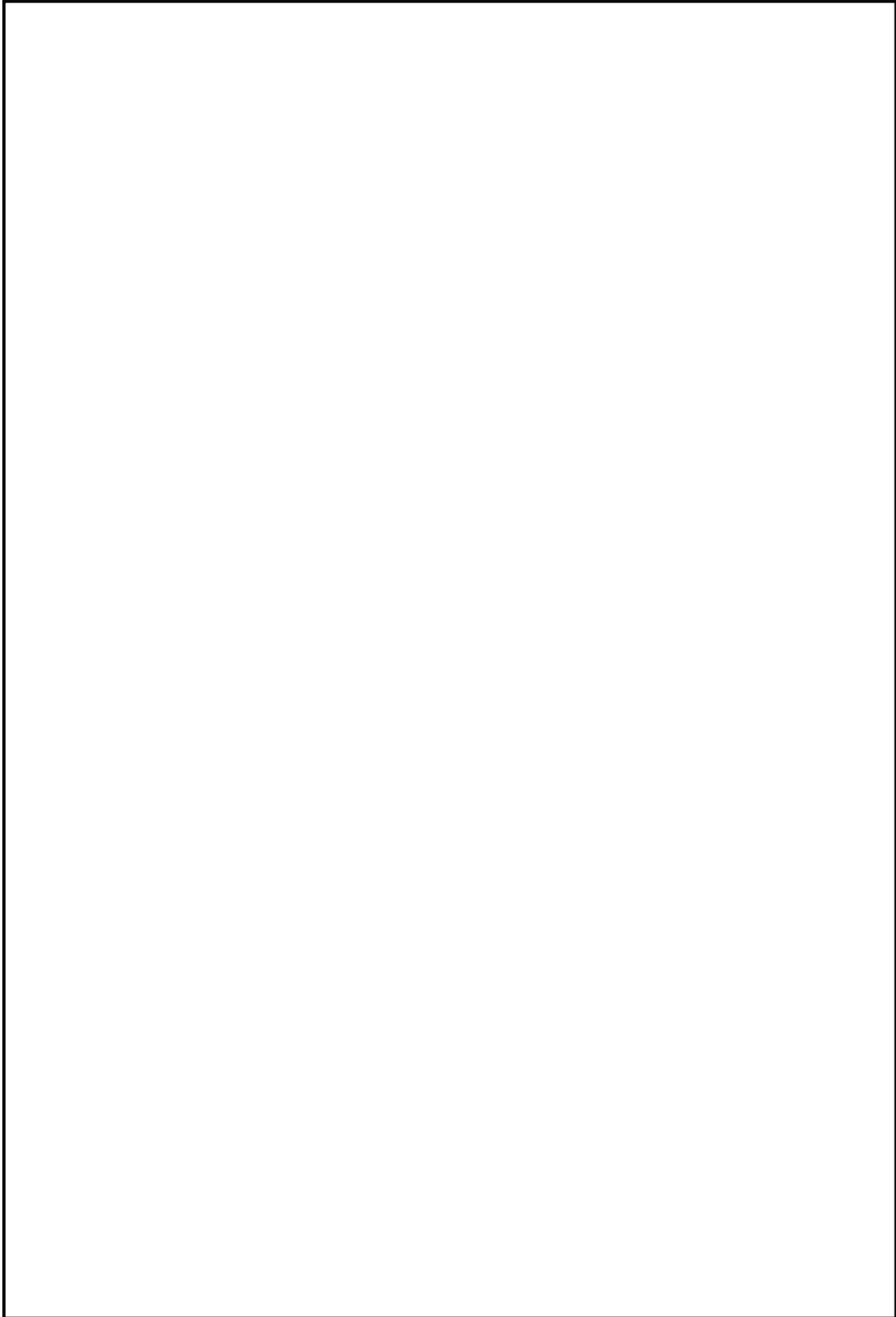
第7-1-4表 余裕時間（施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波）

	影響評価ケース		海底地すべりの波源特性			潮位変動の時刻			取水路防潮ゲート閉止時刻[分] ^{※1} (④)+1分or 6分)	取水路防潮ゲート前面への到達時刻[分] ^{※2}	余裕時間[分]	
	設備形状	管路解析				潮位計	0.5mの水位低下[分] ^②	0.5mの水位上昇(判断基準)[分] ^④				
水位上昇側	×(考慮しない)設備形状を反映しない	×(考慮しない)貝付着あり	ES-H5(エリアB) Kinematicモデルによる方法	崩壊規模60%	破壊伝播速度1.0m/s	1号機海水ポンプ室前面	46.70	49.50	51.55	61.50	9.95 (4.95) ^{※3}	①
						2号機海水ポンプ室前面	46.30	49.55				
						3,4号機海水ポンプ室前面	46.25	50.55				
	○(考慮する)設備形状を反映する	×(考慮しない)貝付着あり	ES-T2(エリアC) Kinematicモデルによる方法	崩壊規模100%	破壊伝播速度0.5m/s	1号機海水ポンプ室前面	51.20	56.70	58.10	68.55	10.45 (5.45) ^{※3}	②
						2号機海水ポンプ室前面	51.25	56.85				
						3,4号機海水ポンプ室前面	51.45	57.10				
×(考慮しない)設備形状を反映しない	×(考慮しない)貝付着あり	ES-H5(エリアB) Kinematicモデルによる方法	崩壊規模39%	破壊伝播速度1.0m/s	1号機海水ポンプ室前面	47.45	49.40	51.25	61.30	10.05 (5.05) ^{※3}	③	
					2号機海水ポンプ室前面	47.40	49.40					
					3,4号機海水ポンプ室前面	46.35	50.25					
×(考慮しない)設備形状を反映しない	○(考慮する)貝付着なし	ES-T2(エリアC) Kinematicモデルによる方法	崩壊規模40%	破壊伝播速度0.5m/s	1号機海水ポンプ室前面	51.55	55.40	56.55	66.80	10.25 (5.25) ^{※3}	④	
					2号機海水ポンプ室前面	51.50	55.35					
					3,4号機海水ポンプ室前面	51.50	55.55					
水位下降側	○(考慮する)設備形状を反映する	×(考慮しない)貝付着あり	ES-H5(エリアB) Kinematicモデルによる方法	崩壊規模100%	破壊伝播速度1.0m/s	1号機海水ポンプ室前面	47.05	51.05	58.85	73.10	14.25	⑤
						2号機海水ポンプ室前面	47.20	51.35				
						3,4号機海水ポンプ室前面	47.85	52.85				
	×(考慮しない)設備形状を反映しない	○(考慮する)貝付着なし	ES-H5(エリアB) Kinematicモデルによる方法	崩壊規模100%	破壊伝播速度0.8m/s	1号機海水ポンプ室前面	46.55	51.30	59.00	74.70	15.70	⑥
						2号機海水ポンプ室前面	46.75	51.65				
						3,4号機海水ポンプ室前面	47.35	53.00				

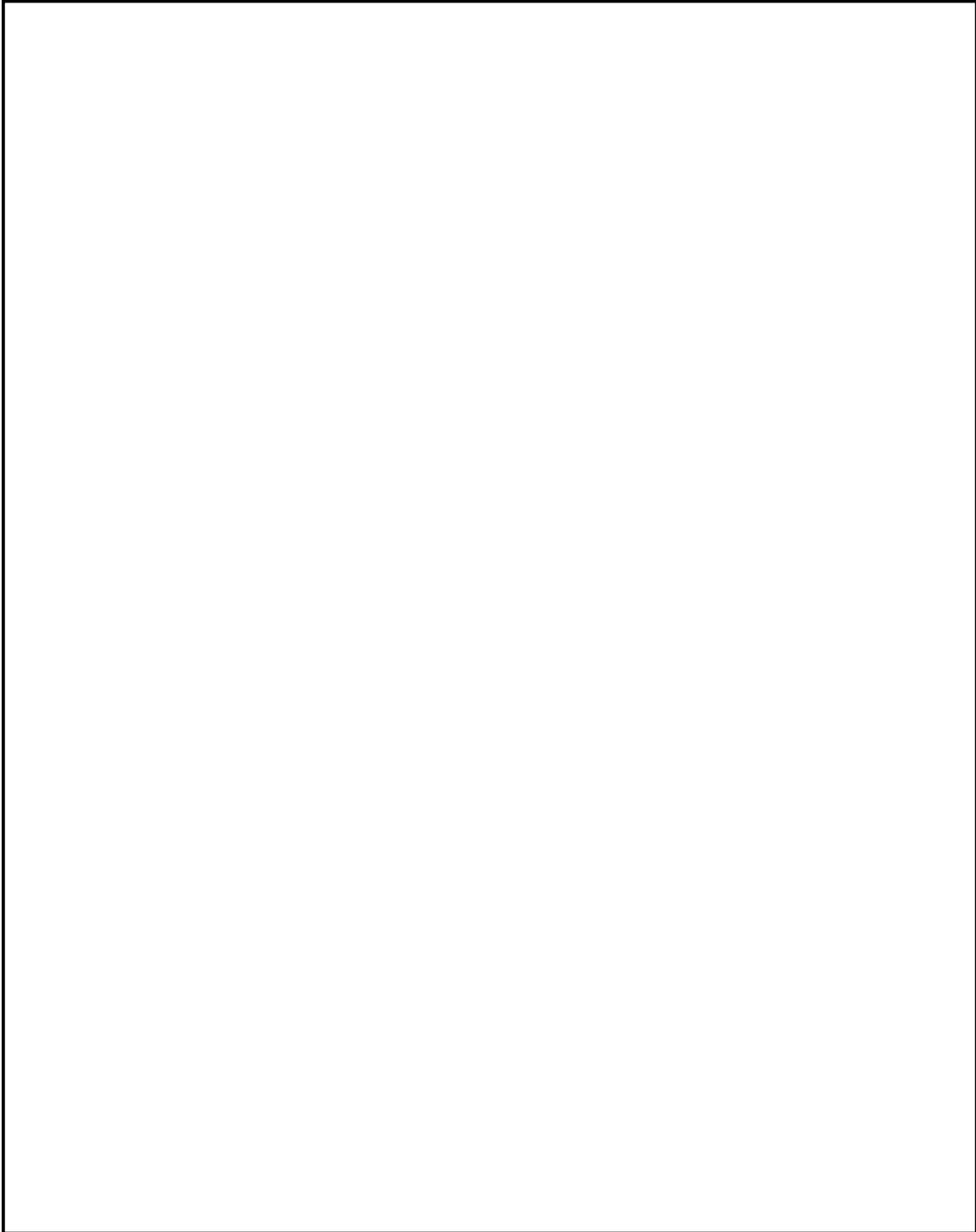
※1：水位上昇側は、循環水ポンプ全停条件としているため、閉止判断基準到達から1分後に閉止。水位下降側は、循環水ポンプが取水している条件のため、閉止判断基準到達から6分後に閉止。

※2：取水路防潮ゲート前面に施設に影響する水位の津波が到達する時刻。

※3：カッコ内は実運用を踏まえ、水位上昇側についても水位下降側（循環水ポンプ稼働時）と同様の6分後に取水路防潮ゲートを閉止した場合の余裕時間。



第 7-1-18 図 施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の時刻歴波形 (水位上昇側)



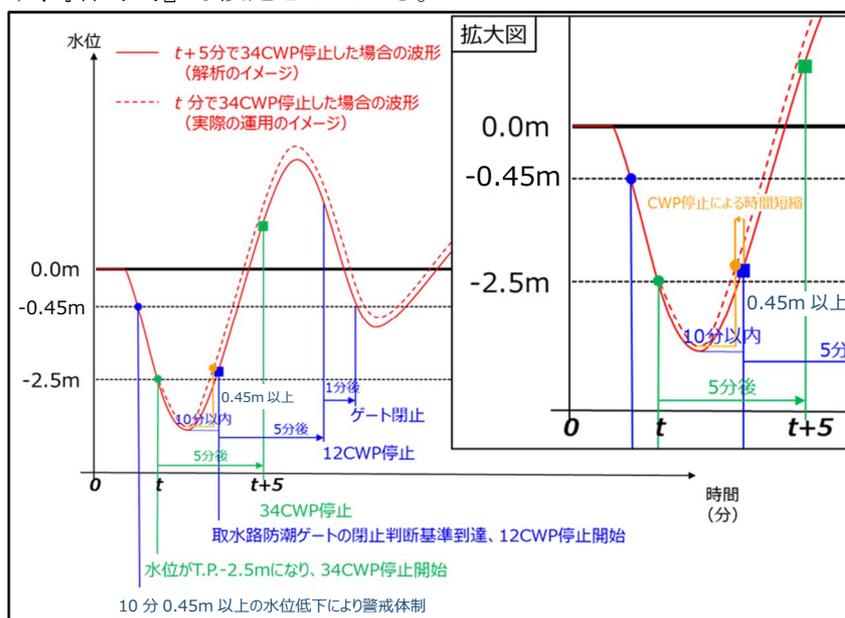
第 7-1-19 図 施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の時刻歴波形（水位下降側）

7.1.5 循環水ポンプ（CWP）の水位低下による停止の津波シミュレーションでの扱い及び取水路防潮ゲート閉止判断と運転員操作への影響について

第1波の水位低下量が T.P. -2.5m 以下になる場合、取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達する前に CWP の停止を行うことになるため、解析での扱い及び取水路防潮ゲート閉止判断と運転員操作への影響について確認する。

(1) 津波シミュレーションでの扱い

津波シミュレーションにおいては、CWP が停止するまでの取水量は CWP 運転時と同一とし、CWP 停止後に取水量がゼロとなる条件で津波水位の評価をしているが、実現象としては CWP 停止操作直後から CWP の取水量が徐々に減少し、CWP 停止後に取水量がゼロになる。このため、第7-1-20 図に示すように、実現象では CWP の取水量が減少し、津波波形を下げる要因がなくなるので、最低水位からの 0.45m 以上の水位上昇を早く検知する効果がある。（取水路防潮ゲートの閉止判断基準が早くなる。）しかし、この早く検知する効果は、取水路防潮ゲート閉止完了から、取水路防潮ゲート前面に施設影響のある津波が到達するまでの余裕時間の評価においては織り込まず、『保守的』な設定としている。



- 取水路防潮ゲートの「閉止判断基準」は 10 分で 0.45m 以上水位低下したのち、最低水位から 0.45m 以上水位上昇した場合、または、その反対の水位変動としている。
- 解析評価においては、CWP が停止するまで(緑■、t+5(分))の取水量は CWP 運転時と同一とし、CWP 停止後に取水量がゼロとなる条件で津波水位の評価をしているが(赤線)、実現象としては CWP 停止操作直後(緑●、t(分))から CWP の取水量が徐々に減少し、CWP 停止後に取水量がゼロになる(赤破線)。

第 7-1-20 図 取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達する前に水位が T.P. -2.5m まで低下する津波シミュレーション上の扱い

(2) 取水路防潮ゲート閉止判断と運転員操作への影響について

第7-1-5表に示すとおり解析で得られた各ポンプ室の1波目の水位低下量がT.P.-2.5m以下になるケースについて、CWP停止が取水路防潮ゲート閉止判断基準に影響を及ぼさないことを確認する。

具体的には第7-1-21図の運転員タイムチャート(3,4号機でT.P.-2.5m到達から取水路防潮ゲート閉止判断基準到達までの時間が最も短いケース)に示すとおり、取水路防潮ゲートの「閉止判断基準到達前」に1波目の水位低下量が、3,4号機でT.P.-2.5m以下になった場合、通常は「閉止判断基準到達後」にCWP停止を担当する運転員(タイムチャートの3,4号機「運転員A」)が、3,4号機当直課長からの指示に基づきCWP停止にあたるため、第7-1-6表に示すとおり、運転員A及びその他の要員の体制・役割に影響はない。

また、1,2号機当直課長と3,4号機当直課長間で、3,4号機CWP停止の情報連絡は発生せず、中央制御室間で情報が錯綜することはない。

以上より、取水路防潮ゲートの「閉止判断基準」の前に財産保護でCWP停止をするケースは、以下の通り、「①潮位変動の影響」「②運転操作・情報連携の影響」の観点で、取水路防潮ゲートの閉止判断に影響を与えず、むしろ余裕を増やす方向である。

ただし、CWPの水位低下により、財産保護で、自主的にCWP停止をする操作については、基準適合上期待をしていないため、閉止運用の有効性評価(時間評価)における短縮効果は織り込まないこととする。

① 潮位変動の影響

現状の潮位解析では、取水路防潮ゲート閉止判断基準到達後のCWP停止(5分)時点からCWP停止による水位上昇の影響を考慮している。CWP停止が取水路防潮ゲート閉止判断基準到達前となる場合、CWP停止による潮位上昇が始まりゲート閉止判断基準への到達が早くなるため、現状の解析に対し時間余裕の拡大効果がある。

② 運転操作・情報連携の影響

ユニット操作、ポンプ操作、潮位監視に対応する各運転員の役割分担は明確に分離しており、第7-1-22図のとおり運転操作手順書にも、CWP停止が取水路防潮ゲート閉止判断より先になる場合の操作手順・課長の判断を反映することから、運転員の対応に影響はしない。

また、現状の余裕時間確認にかかる検討シナリオに比べ、CWPの停止操作が早期に完了することから、1,2号機および3,4号機の両方でCWPを停止する場合は取水路防潮ゲート閉止基準到達後から防潮ゲート閉止操作までの対応時間が早まる効果がある。

第7-1-5表 各海水ポンプ(SWP)室及び3,4号機循環水ポンプ(CWP)室での水位到達時間

単位：分

		1SWP	2SWP	34SWP	34CWP
①水位下降側 エリアB-kinematic ゲート閉止対策前	水位低下時	43.90	44.10	44.75	44.60
	-0.45m低下	45.80	46.15	46.85	46.70
	-2.5m低下	-	-	50.05	49.70
	トリガー	50.50	50.75	51.30	

※1SWP及び2SWPではT.P.-2.5mに到達せず。

単位：分

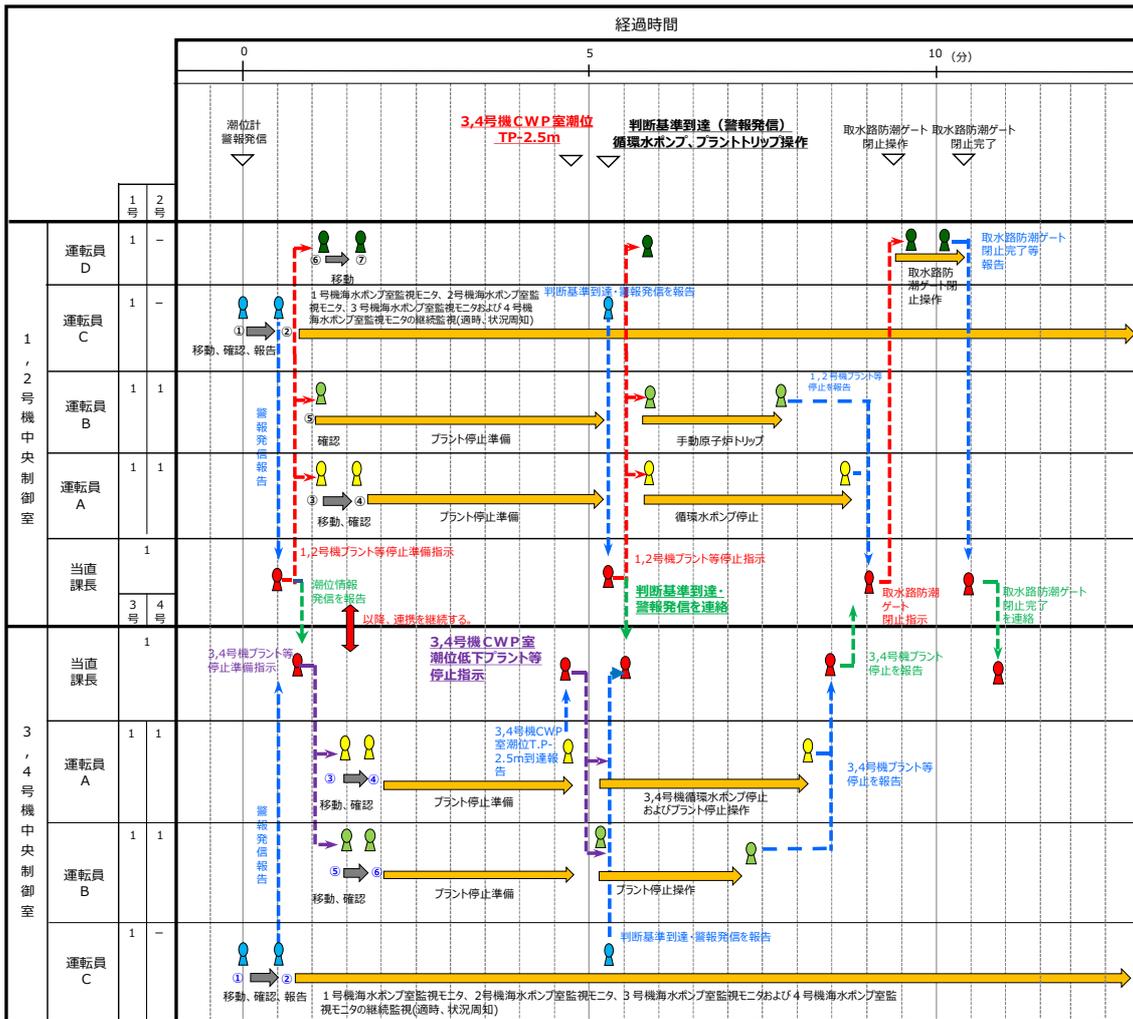
		1SWP	2SWP	34SWP	34CWP
②水位下降側 エリアB-kinematic ゲート閉止対策前 破壊伝播速度 0.8m/s	水位低下時	43.95	43.75	44.80	44.65
	-0.45m低下	46.25	46.50	47.20	47.10
	-2.5m低下	-	-	-	51.00
	トリガー	51.20	51.50	53.00	

※1SWP、2SWP及び34SWPではT.P.-2.5mに到達せず。

単位：分

		1SWP	2SWP	34SWP	34CWP
③水位下降側 エリアB-kinematic ゲート閉止対策前 崩壊規模80%	水位低下時	43.90	44.10	44.75	45.00
	-0.45m低下	45.85	46.05	46.85	46.75
	-2.5m低下	-	-	-	50.50
	トリガー	50.15	50.45	51.90	

※1SWP、2SWP及び34SWPではT.P.-2.5mに到達せず。



第7-1-21図 運転員タイムチャート

第7-1-6表 取水路防潮ゲート閉止判断と循環水ポンプ(CWP)停止のタイミングが異なる場合の対応相違点

	取水路防潮ゲートの閉止判断基準到達後にCWPを停止するケース	CWP停止後に取水路防潮ゲート閉止判断基準に到達するケース	主な相違点
当直課長	<ul style="list-style-type: none"> ・海水ポンプ室の潮位変化量が0.45mに達し警報が発信すれば監視強化体制に入る。 ・1,2号機当直課長と3,4号機当直課長の連携により、1,2号機当直課長が、取水路防潮ゲートの閉止判断基準に到達したことを確認の上、1,2号機のCWP停止、原子炉トリップ操作を1,2号機運転員A, Bに指示する。 ・また、3,4号機当直課長は、1,2号機当直課長からの報告を受け、3,4号機CWP停止、原子炉トリップ操作を3,4号機運転員A, Bに指示する。 ・3,4号機当直課長は、CWP停止、原子炉トリップ操作が完了すれば、1,2号機当直課長へ連絡する。 ・1,2号機当直課長は、1,2号炉運転員Dに取水路防潮ゲートの閉止操作を指示する。 ・1,2号機当直課長は、取水路防潮ゲートの閉止操作が完了すれば、3,4号機当直課長へ連絡する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・3,4号機当直課長は運転員AからCWP水位がT.P.-2.5mまで低下した報告を受ければ、運転員Aにタービントリップ操作、CWP停止操作を指示する。 ・3,4号機当直課長はタービントリップ操作、CWP停止操作が完了すれば、1,2号機当直課長へ連絡する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・3,4号機CWP停止操作が前倒して実施されるため、指示や報告を受けるタイミングが変わる。 ・3,4号機CWP停止は3,4号機当直課長のみの判断で実施することから、取水路防潮ゲート閉止体制における1,2号機当直課長との情報連携に支障を及ぼすことはない。
運転員A (12号or34号)	<ul style="list-style-type: none"> ・各当直課長の指示に従いCWP停止を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・3,4号機CWP水位がT.P.-2.5mまで低下したことを確認すれば、3,4号機当直課長に報告する。 ・3,4号機当直課長の指示に従い、タービントリップ操作、CWP停止を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・当直課長の指示に従いタービントリップ操作を行う。またCWP停止操作を行うタイミングが変わる。
運転員B (12号or34号)	<ul style="list-style-type: none"> ・各当直課長の指示に従い原子炉トリップ操作を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・プラント停止状態の確認を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉トリップ操作はなくなる。
運転員C (12号or34号)	<ul style="list-style-type: none"> ・監視モニタによるSWP室の潮位確認を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・監視モニタによるSWP室の潮位確認を行う。 	なし
運転員D (12号のみ)	<ul style="list-style-type: none"> ・1,2号機当直課長からの指示により取水路防潮ゲート閉止操作を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・1,2号機当直課長からの指示により取水路防潮ゲート閉止操作を行う。 	なし

順序	担当	操 作	確認および注意
7	当直班長 主機員	海底地すべり津波発生に伴い、関連パラメータの監視を強化する。 (1)津波監視設備	次の各パラメータ等を確認する。 a. 津波監視カメラ b. 構内自然現象監視カメラ c. 津波監視装置潮位モニタ「1・2・3・4号海水ポンプウエル潮位計」 (1・2・3・4号機 津波監視コンソールB) d. 1(2)(3)(4)号海水ポンプウエル潮位 (SY90-3/3) e. 潮位G(4)号海水ポンプウエル(LR-3754) 各潮位計の指示および津波監視装置潮位モニタで発信した警報は、A中央制御室当直課長とB中央制御室当直課長が連携し、衛星電話(津波防護用)を使用して情報共有を行う。 f. 津波監視装置構外潮位モニタ「構外潮位計1・2」
(中略)			
	制御員 主機員	(3)ロータリスクリーン下流側水位が低い場合は、循環水ポンプ出口圧力および海水ヘッド圧力の監視を強化する。	a. 津波による人身災害を防止するため、中央制御室計器により監視する。 b. ロータリスクリーン下流側水位が海水ポンプ、循環水ポンプの許容量最低水位以下に低下する場合は、【別紙-5】「潮位異常低下時の処置」に従い処置する。
(中略)			
8	当直課長	次のいずれかの状態となり、海底地すべり津波によるプラント停止を判断すれば、対応操作を行うよう全員に指示する。 (1)津波監視装置潮位モニタ「1(2)(3)(4)号海水ポンプウエル潮位計」のうち、2台の観測潮	A中央制御室当直課長と衛星電話(津波防護用)を使用して情報共有を行う。 指示変動が顕微知および計器故障でないことを次により確認する。
別紙-5			
潮位異常低下時の処置			
順序	担 当	操 作	確認および注意
1	当直課長	循環水ポンプウエルA・B・C・Dロータリスクリーン後水位が、EL-2.5m以下に低下した場合は、次の操作を行う。	現場における監視は危険を伴うため、中央制御室計器により判断する。 ○ 海水ポンプ許容最低水位 EL-3.520m ○ 循環水ポンプ許容最低水位 EL-3.000m
	当直班長	(1)タービンを「手動」でトリップさせるよう主機員に指示する。	
	主機員	(2)ユニットトリップさせることを需給運用グループに連絡する。	
	主機員	(3)当直課長の指示により、タービンを「手動」でトリップさせる。	
	全 員	(4)「ユニットトリップ」時の処置を行う。	運転操作所則(電気関係) 「E-3 発電機停止」 運転操作所則(タービン関係) 「T-3 タービン停止」 運転操作所則(原子炉関係) 「D-1 原子炉トリップ」 の項に従う。
2	当直課長	循環水ポンプを全台停止するよう主機員に指示する。	
3	主機員	A・B循環水ポンプを停止する。	運転操作所則(タービン関係) 「T-42-(1) 循環水ポンプ」の項に従う。

第 7-1-22 図 運転操作手順書 (案)

7.2 平常時及び台風時の取水路防潮ゲート閉止判断基準への影響について

(1) 平常時及び台風時における潮位変動について

取水路防潮ゲートの閉止判断基準（トリガー）である 10 分以内 0.5m 以上の潮位変動にて確実に取水路防潮ゲートの閉止判断を行うために、計装誤差（最大で±約 5cm）を考慮した実機のセット値は 10 分以内 0.45m 以上の潮位変動となる。このセット値に対し、計装誤差（最大で±約 5cm）を考慮した場合、第 7-2-1 図に示すとおり、10 分以内 0.4m 以上の潮位変動が取水路防潮ゲートの判断基準となる可能性がある。

したがって、10 分以内 0.5m 以上の潮位変動と、10 分以内 0.4m 以上の潮位変動において、平常時及び台風時の潮位変動の影響を受けないことを、潮位計で観測された過去 7 年分（2012 年～2019 年）の潮位データ（1 分間データ）により確認した結果をそれぞれ第 7-2-1 表、第 7-2-2 表に示す。

同表に示すとおり作業起因とクラゲ排水作業を除くと、2 台の潮位計において何れの場合も潮位変動が生じたケースはない。なお、第 7-2-2 図に作業起因による潮位変動とクラゲ襲来時の取水路への排水による潮位変動の一例を示す。

(2) 潮位変動調査及び今後の対策について

潮位変動数がより多くなる 10 分以内に 0.4m 以上の潮位変動となった要因について調査した結果、第 7-2-3 表のとおり 3,4 号機プラントの同時停止期間中において、潮位計の点検や工事に伴う電源隔離および校正等といった作業により 3,4 号機同時の潮位変動があった。これは 3,4 号機潮位計が共通の 3 号機電源から給電していたため、潮位計の電源作業により 2 台の潮位計の電源が同時に開放されたことによるものであった。また、3 号機及び 4 号機潮位計の指示機能確認を同時に行ったことで 2 台の潮位計の指示が変動していた。

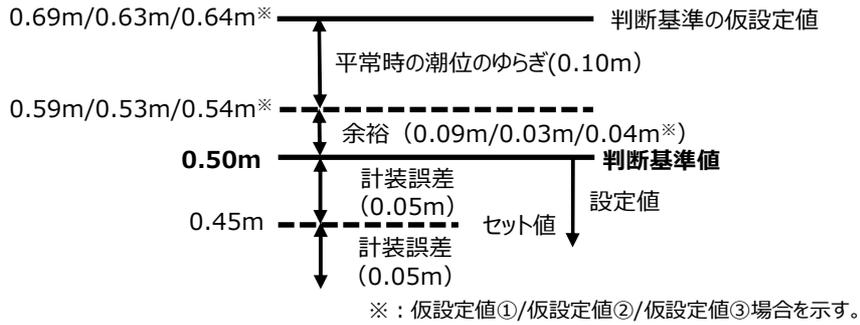
今回申請にて 4 台の潮位計は、第 7-2-3 図のとおり独立性を有する設計とし、1 チャンネル毎に点検が可能となることから、今後は複数の潮位計が同時に潮位変動することはない。また、点検は 1 台に限定し予備として除外する運用を保安規定以下の社内標準に定め、複数の潮位計を同時に機能喪失させない。なお、作業中の潮位計は作業札により識別することから運転員が誤認識することはない。

作業起因以外の 1 台の潮位計の変動については、第 7-2-3 表のとおりクラゲ来襲によりロータリースクリーンが起動し、クラゲ回収時の海水の排出先を 4 号機海水取水路付近に排水していたため、排水先の取水路付近に設置している 4 号機海水ポンプ室潮位計の水位が上昇したものである。今後、第 7-2-3 図のとおりクラゲ排水作業では排水先を循環水ポンプ側取水路へ変更することから、これによる潮位変動は生じない。

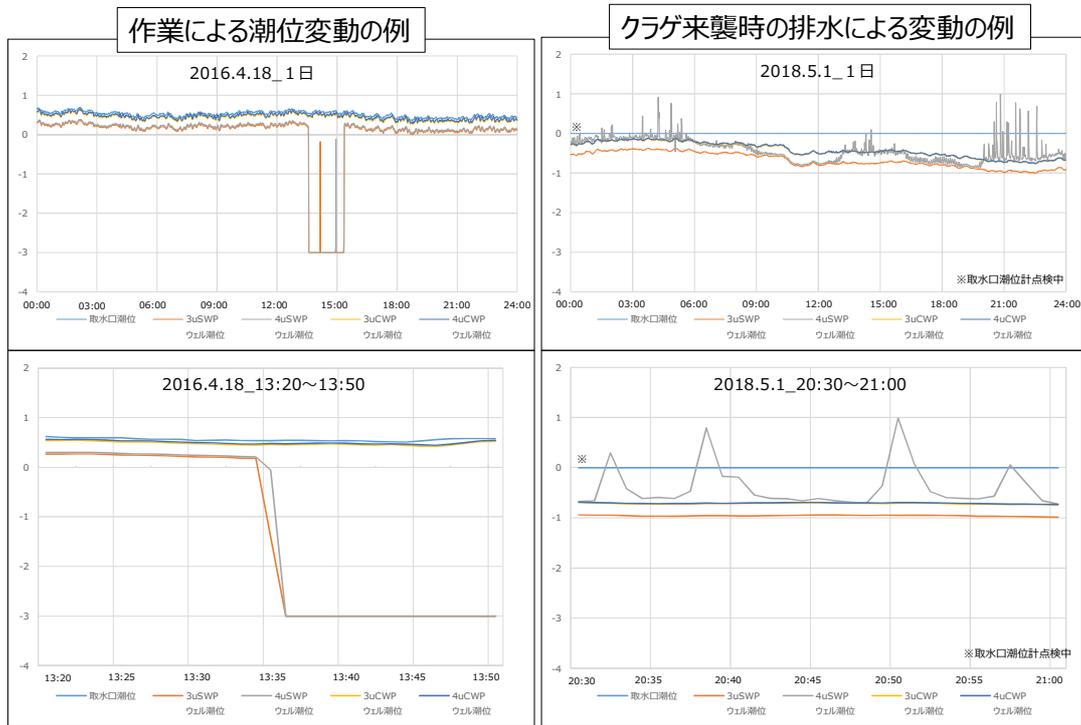
また、第 7-2-4 図に台風時の潮位変動についても代表として若狭湾周辺の潮位変動が大きいと想定される 2018 年の台風 21 号（中心気圧 950hPa）及び 2019 年の台風 19 号（中心気圧 955hPa）時の潮位変動を確認した。潮位変動は大きいところで 10 分間に 30cm 程度であり、10 分以内 0.4m 以上の潮位変動には影響しない。

以上より、設定した取水路防潮ゲートの閉止判断基準（トリガー）は、平常時及び台風時の潮位変動の影響を受けないと言える。

なお、潮位のゆらぎは継続的に確認し、ゆらぎの妥当性を評価するとともに、今後の自然現象の変化による水位変動が取水路防潮ゲートの閉止判断基準に該当するケースなどを確認の上、設計や運用に反映していく。



第7-2-1 図 潮位計の判断基準値の概念図



第7-2-2 図 作業起因による潮位変動とクラゲ襲来時の取水路への排水による潮位変動の一例

第 7-2-1 表 0.5m以上の潮位変動の観測実績

● 過去 7 年間の潮位変動を調査した結果、作業と判明しなかった件数は以下のとおり。
() は潮位変動の全件数

1 波目が**下げ波**の場合

判断基準	10分以内に0.5m以上下降	10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇
潮位計1台が変動	0件 (144件)	0件 (75件)
潮位計2台が変動	0件 (14件)	0件 (3件)

- ()内の潮位変化は、すべて作業によるものであった。
- 作業による潮位変化のうち、2つの潮位計が同時に10分以内に0.5m以上低下し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇するケースが最も少なかった。

1 波目が**上げ波**の場合

判断基準	10分以内に0.5m以上上昇	10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降
潮位計1台が変動	181件 (223件)	97件 (121件)
潮位計2台が変動	0件 (4件)	0件 (1件)

- ()内の潮位変化は、作業によるものに加え、クラゲ襲来時の取水路への排水により、4号海水ポンプ室潮位計のみ、影響を受けるケースがあった。
- 作業起因及び排水起因による潮位変化のうち、2つの潮位計が同時に10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降するケースはなかった。
- 潮位計1台が10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降に該当するものが排水要因として97件あったが、潮位変化の特徴として、通常潮位から、一旦潮位上昇後、上昇前の潮位に戻る傾向であった。

第 7-2-2 表 0.4m以上の潮位変動の観測実績

● 過去 7 年間の潮位変動を調査した結果、作業と判明しなかった件数は以下のとおり。
() は潮位変動の全件数

1 波目が**下げ波**の場合

判断基準	10分以内に0.4m以上下降	10分以内に0.4m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.4m以上上昇
潮位計1台が変動	0件 (293件)	0件 (110件①)
潮位計2台が変動	0件 (53件)	0件 (8件②)

- ()内の潮位変化は、すべて作業によるものであった。
- 作業による潮位変化のうち、2つの潮位計が同時に10分以内に0.4m以上低下し、その後、最低潮位から10分以内に0.4m以上上昇するケースが最も少なかった。

1 波目が**上げ波**の場合

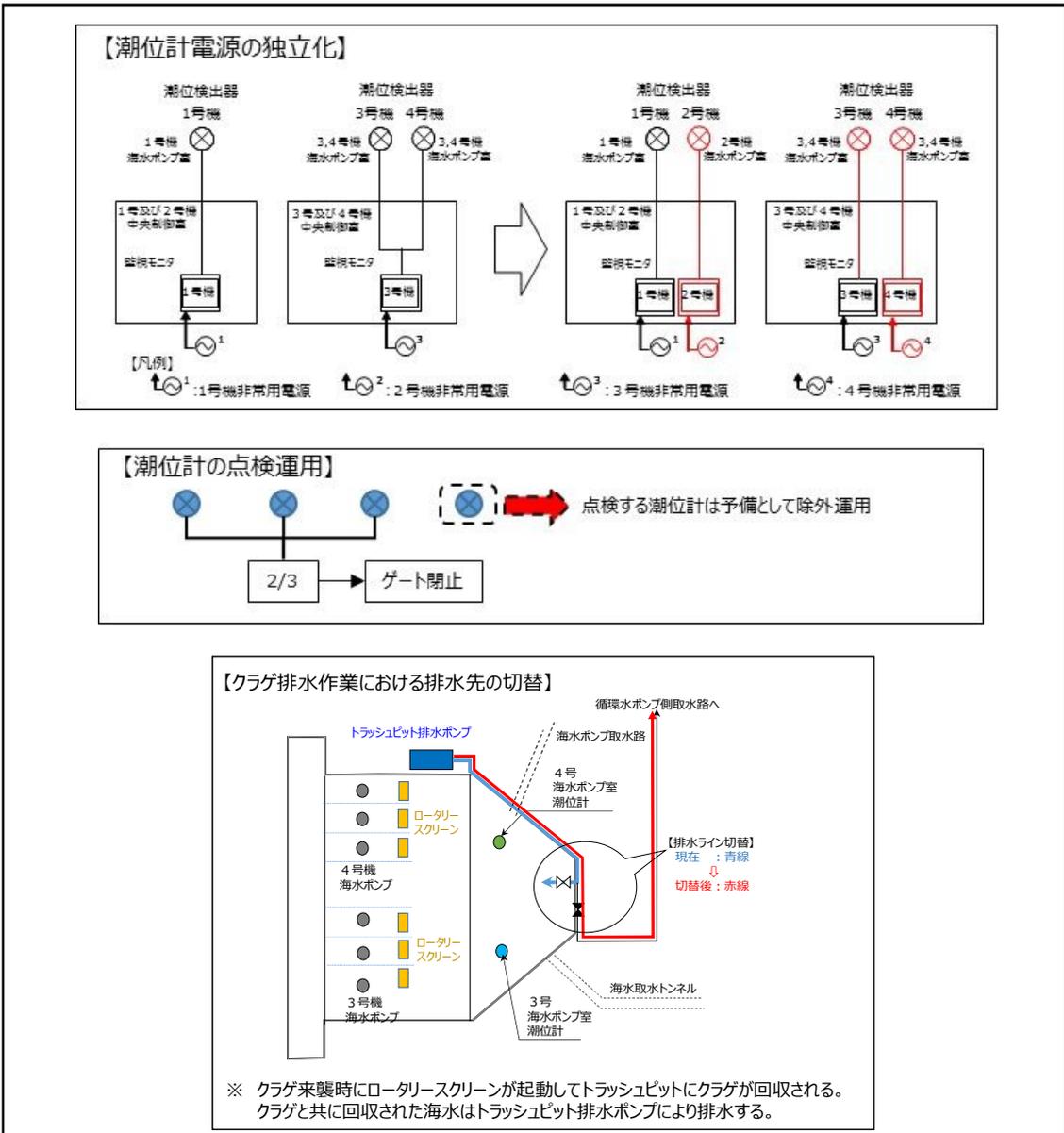
判断基準	10分以内に0.4m以上上昇	10分以内に0.4m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.4m以上下降
潮位計1台が変動	377件 (419件)	204件③ (228件④)
潮位計2台が変動	0件 (32件)	0件 (6件⑤)

- ()内の潮位変化は、作業によるものに加え、クラゲ襲来時の取水路への排水により、4号海水ポンプ室潮位計のみ、影響を受けるケースがあった。
- 作業起因及び排水起因による潮位変化のうち、2つの潮位計が同時に10分以内に0.4m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.4m以上下降するケースはなかった。
- 潮位計1台が10分以内に0.4m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.4m以上下降に該当するものが排水要因として204件あったが、潮位変化の特徴として、通常潮位から、一旦潮位上昇後、上昇前の潮位に戻る傾向であった。

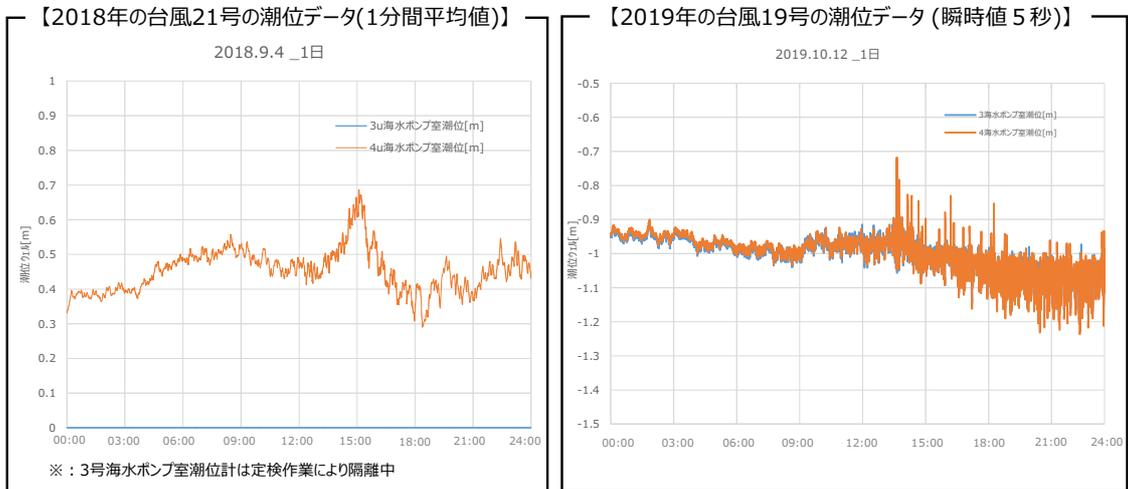
第 7-2-3 表 0.4m以上の潮位変動実績とその要因

潮位計変動台数	潮位変動要因	潮位変動件数 ※1	要因
2台	潮位計点検作業	14件 (②+⑤)	・3号機及び4号機潮位計は、共通の3号機電源から給電していたため、潮位計の電源作業により2台の潮位計の電源が同時に開放されたことにより潮位計の指示が変動していた。 ・3号機及び4号機潮位計の点検作業※2を同時に行ったことにより2台の潮位計の指示が変動していた。
1台	潮位計点検作業	134件 (①+④-③)	・潮位計の点検・校正作業により1台の潮位計の指示が変動していた。
	クラゲ排水作業	204件 (③)	・クラゲと共に回収された海水が4号炉海水取水路付近に排水していたため、排水先の取水路付近に設置している4号海水ポンプ室潮位計の指示が変動していた。

※1：①～⑤は第5-2-2表中の潮位計変動数
※2：検出器単体の指示機能確認



第 7-2-3 図 潮位計点検およびクラゲ排出作業における信頼性向上への対策



第 7-2-4 図 台風時の潮位変動

7.3 取水路防潮ゲートの閉止判断基準設定における潮位のゆらぎの扱いについて

(1) 概要

取水路防潮ゲートの閉止判断基準を設定する際に、津波シミュレーションの津波水位の評価に加え、潮位のゆらぎを考慮している。津波シミュレーションにおいては、1号機海水ポンプ室、2号機海水ポンプ室、3,4号機海水ポンプ室の評価点で津波水位を算定するが、第1波の水位低下量が最も小さい評価点の数値を各号機の海水ポンプ室に共通した水位低下量として保守的に評価している。

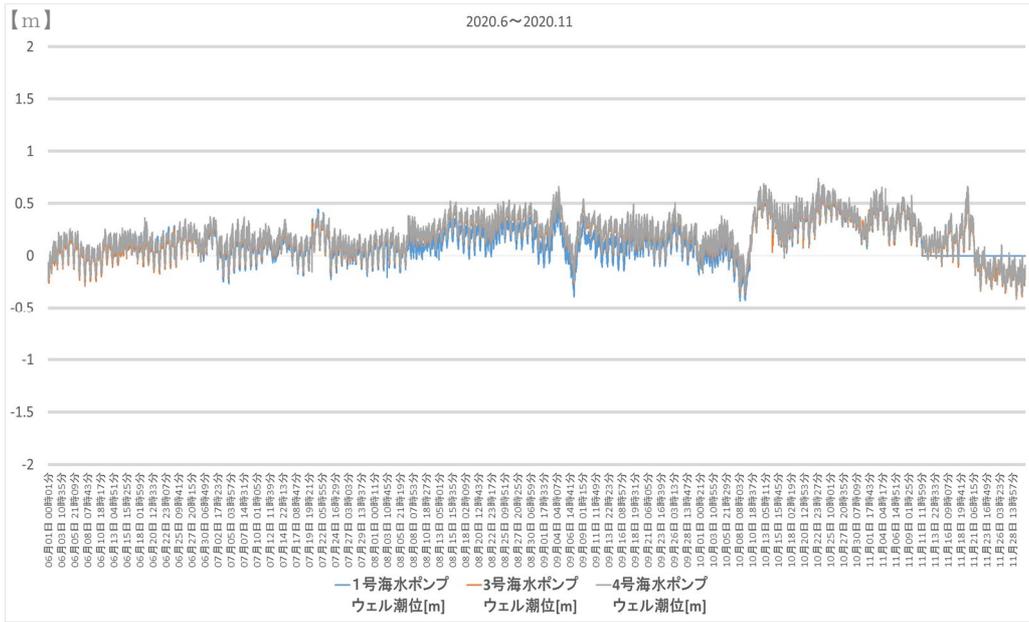
また、潮位のゆらぎは、1号機海水ポンプ室及び3,4号機海水ポンプ室の潮位観測記録を用いて、10分間の潮位のゆらぎを「潮位観測記録の中央値及び標準偏差」として算定した。この際、第1波の水位低下量と同様に、各号機の海水ポンプ室の「潮位観測記録の中央値及び標準偏差」のうち、最も大きな値を各号機の海水ポンプ室に共通した潮位のゆらぎとして保守的に評価している。

(2) ゆらぎ評価について

ここでは、設置許可審査時のデータ採取期間である6ヶ月を1年に増やした場合の1号機海水ポンプ室及び3,4号機海水ポンプ室の潮位観測記録から潮位のゆらぎを評価し、設置許可審査時に設定した「0.10m」以内に収まっていることを確認する。

1,3,4号機の海水ポンプの潮位トレンドの一例を第7-3-1図に示す。また、この1,3,4号機の年間データから得られる平常時における10分間の潮位のゆらぎ（中央値と標準偏差の和）は第7-3-1表に示す通り、0.05m程度と見積もられ、設置許可にて示した判断基準の検討の際に確認した、限定された期間から得られるゆらぎ（第7-3-2表）により設定した「0.10m^{*}」以内に十分収まっていることを確認した。

※：設置許可時には、夏季／冬季の潮位データから統計的な10分間の潮位のゆらぎ（中央値と標準偏差の和）は0.04mと見積もった。その上で、10分間の潮位のゆらぎは、より保守的に、観測データの 3σ と中央値の和よりも大きい0.10mとした。

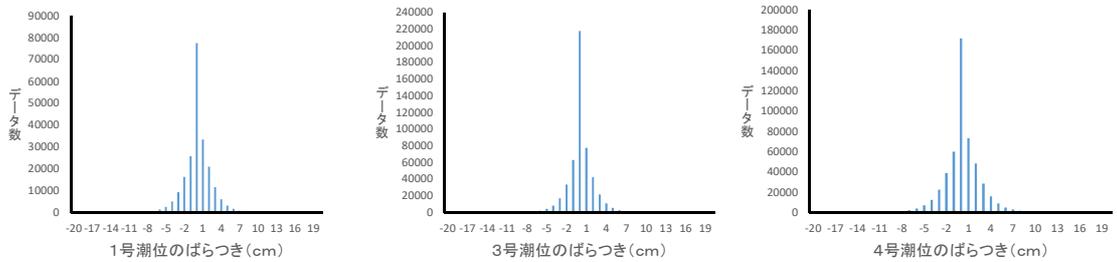


第 7-3-1 図 1 号機・3 号機・4 号機海水ポンプウエル潮位トレンド

第 7-3-1 表 潮位計の平常時における 10 分間の潮位のゆらぎ(m) 2019.12~2020.11

	1号海水ポンプ室*	3号海水ポンプ室	4号海水ポンプ室
中央値	0.020	0.018	0.022
標準偏差	0.018	0.018	0.025
潮位のゆらぎ	0.038	0.036	0.047

*1 号については 2020 年 6 月～11 月の 6 カ月 (OPMS にて残存している最大期間のデータを抽出)



第 7-3-2 表 潮位計の平常時における 10 分間の潮位のゆらぎ(m) 2019 年夏・冬季 6 ヶ月間

	2019.8.1~10.31及び2019.1.1~3.31(6か月)		
	3号海水ポンプ	4号海水ポンプ	全体
中央値	0.010	0.015	0.012
標準偏差	0.011	0.017	0.014
潮位のゆらぎ	0.021	0.032	0.026

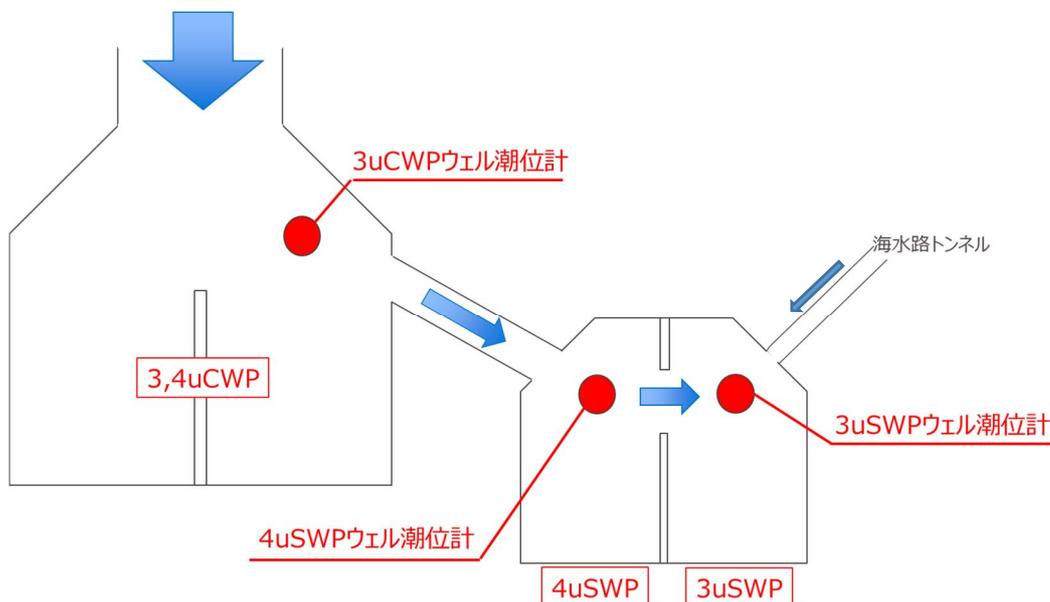
●夏期と冬期の6ヶ月データによる10分間の潮位のゆらぎ(m)

●10分間の潮位のゆらぎのばらつき (過去データ6ヶ月分)

7.3.3 3,4号機の計測潮位差について

3号機と4号機の循環水ポンプ(CWP)及び海水ポンプ(SWP)の潮位計の位置関係、取水路の形状は第7-3-2図のとおりである。SWPの海水取水は、4号機SWP側にCWP側からの流路が、3号機SWP側には海水路トンネルが設けられ、SWP ウェル内は3号機側ウェルと4号機側ウェルを仕切る隔壁を設け、お互いのウェルを連絡する流路が設けられている。

4号機側のCWP ウェルからの流路の断面積は約6.2m²、海水路トンネルの断面積は約5.3m²であるため、3号機、4号機とも同じ台数のポンプが起動している通常状態では、隔壁にある流路では4号機から3号機側への流れ込みが発生するが、隔壁の流路抵抗により3号機側への流入条件が同一にならないため、3号機側のSWP ウェルの水位は、4号機に比べ低い状態となる。(第7-3-3表、第7-3-4表)



第7-3-2図 取水路イメージ図(3,4号機CWP,SWPエリア)

第7-3-3表 流路抵抗による潮位偏差(夏季)

	3号循環水ポンプ室	4号海水ポンプ室	3号海水ポンプ室
2018.2.1	-0.349	-0.531	-0.575



第7-3-4表 流路抵抗による潮位偏差(冬季)

	3号循環水ポンプ室	4号海水ポンプ室	3号海水ポンプ室
2018.8.1	-0.168	-0.372	-0.407



7.4 可搬ポンプの取水性能に係る設定根拠に関する説明書への影響について

「設備別記載事項の設定根拠に関する説明書」（以下「設定根拠に関する説明書」）には、「発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイド」に基づき、「要目表に記載する機器等が通常運転時、設計基準事故時、重大事故等時等に機能を要求される状況で所要の機能を発揮するための設計条件の設定根拠」を記載している。

このうち、ポンプの取水性に関する設計条件の設定にあたっては、既工認にならない、ポンプがその機能を要求される通常状態での条件で設定した上で、津波による水位変動など通常状態からの変動に対しては各々影響評価を行っている。なお、影響評価の結果、仮に影響が及ぶ場合は設備の状況に応じ、対策を施してきている。

その結果、今回の送水車等の重大事故等時に使用する可搬ポンプの場合、取水性に関する設計条件として吐出圧力があり、吐出圧力はポンプの水源と送水先の圧力差、静水頭、ホース圧力損失を元に設定している。この際、ポンプの水源高さとして津波による水位変動は考慮せず静水頭を算出し、吐出圧力を設定している。その上で、技術基準規則第51条に基づく津波による水位変動に伴う取水性低下については、資料2-2-4（1・2号機）及び資料2-1-2-4（3・4号機）に記載のとおり影響確認を行っている。これらのポンプは可搬ポンプであり、複数の水源と送水先に対して利用することから、吐出圧力等の各性能について各使用条件を包含するよう十分余裕を持ったものを選定しており、津波による水位変動に対しても取水性の確保が可能であることを確認している。

以上より、重大事故等時に使用する可搬ポンプの取水性能について、警報なし津波対応による設定根拠に関する説明書への影響はない。

7.5 大飯発電所における観測潮位の活用検討について

(1) 概要

本資料は、津波襲来の早期検知という観点から、発電所構外の観測潮位として大飯発電所における観測潮位の活用を検討するものである。

(2) 検討内容

大飯発電所における観測潮位の活用検討に当たり、基準津波3(エリアB Es-K5_kinematicモデル)及び基準津波4(エリアC Es-T2_kinematicモデル)が大飯発電所に到達する時間を確認した。なお、確認に用いた津波シミュレーション結果は、大飯発電所3,4号機の基準津波評価における海底地すべりの検討結果(第332回審査会合資料1-4-1)を参照した。

(3) 検討結果

基準津波3(エリアB Es-K5_kinematicモデル)及び基準津波4(エリアC Es-T2_kinematicモデル)が大飯発電所を含む各地点に到達する時間を第7-5-1表に示す。

第7-5-1表に示す通り、基準津波3(エリアB Es-K5_kinematicモデル)及び基準津波4(エリアC Es-T2_kinematicモデル)が大飯発電所に到達する時間は地すべり開始後、それぞれ43分、48分となっており、高浜発電所に到達する時間とほぼ同じである。そのため、津波襲来の早期検知という観点から、大飯発電所における観測潮位の活用性は低いと判断している。

第7-5-1表 大飯発電所を含む各地点の津波到達時間^{※1}

	①舞鶴	②敦賀	③三国	④津居山	⑤経ヶ岬	高浜発電所	大飯発電所 ^{※2}
エリアB Kinematic	55分	52分	37分	31分	22分	43分	43分
エリアC Kinematic	58分	61分	46分	24分	23分	47分	48分

※1 ①～⑤及び高浜発電所における津波到達時間は、第847回審査会合にてお示した数値を示す。

※2 3,4号機取水口前での津波到達時間を示す。

7.6 取水路及び取水路防潮ゲートの保全計画に係る保守作業時の対応について

高浜発電所において、取水路及び取水路防潮ゲートについて保守作業を行う場合、次の(1)～(3)の作業を行う必要がある。

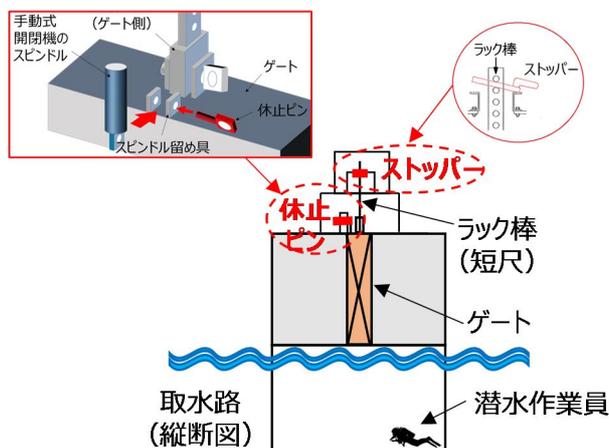
- (1) 取水路防潮ゲートの直下清掃に伴う落下防止処置
- (2) 取水路防潮ゲートの取替
- (3) 取水路防潮ゲートの開閉

ここで、上記の作業に伴い、保安規定の運転上の制限（第68条の2）の要求事項（取水路防潮ゲートが遠隔閉止信号によるゲート落下機能により動作可能であること）を満足できないことから、当該作業中において津波警報等が発表されない津波が襲来した場合及び大津波警報が発表された場合の対応について以下に示す。

7.6.1 対象となる保守作業の概要

(1) 取水路防潮ゲートの直下清掃に伴う落下防止処置

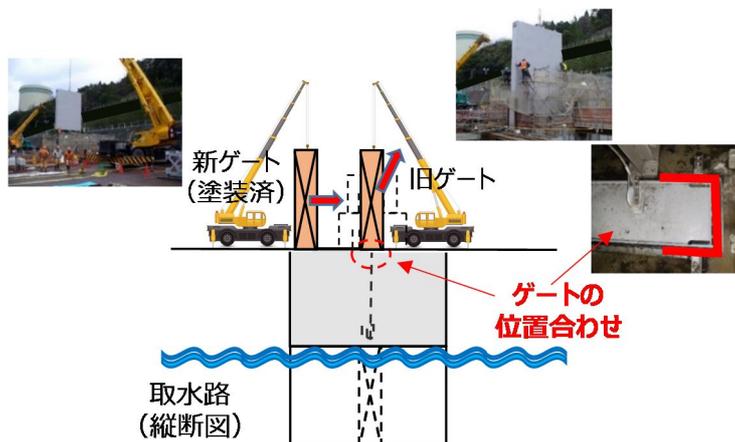
取水路防潮ゲートの直下清掃は、潜水作業員により水路内の海生生物等を除去する作業である。潜水作業員の安全確保の観点で、第7-6-1図のとおり、清掃作業中は休止ピンとストッパーを挿入することで取水路防潮ゲートが落下しない処置を講じるため、遠隔閉止機能が停止する。



第7-6-1図 取水路防潮ゲートの直下清掃に伴う落下防止処置の概要図

(2) 取水路防潮ゲートの取替

取水路防潮ゲートの取替については、第7-6-2図のとおり、ゲート落下機構を取り外して、クレーンにより取水路防潮ゲートを取替える作業であるため、遠隔閉止機能が停止する。

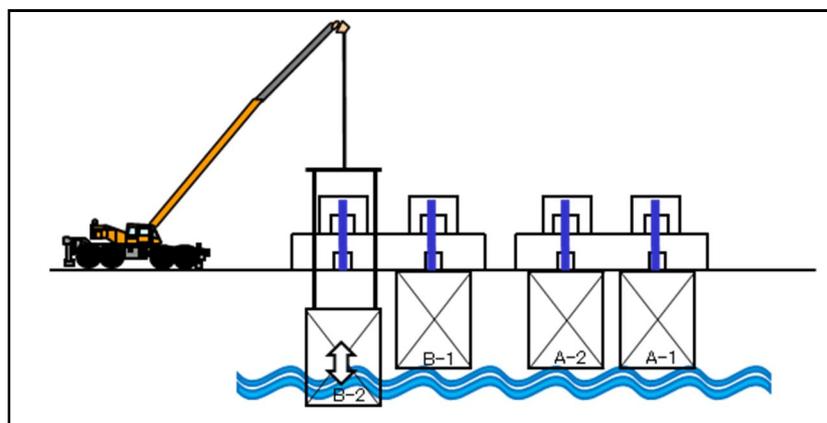


第7-6-2図 取水路防潮ゲート取替の概要図

(3) 取水路防潮ゲートの開閉

取水路防潮ゲートの直下清掃に伴う落下防止処置や取水路防潮ゲートの取替の作業時には、取水路防潮ゲートの開閉状態を変更する必要があり、開閉作業に当たっては、第7-6-3図のとおりクレーンを用いて開閉を行うこととしており、この間、取水路防潮ゲートの遠隔閉止機能が停止する。

なお、本作業においては、(2)の作業と異なりゲートの位置合わせが不要であることから、開閉時間については、(2)の作業における評価に包含される。従って、本資料では説明を省略する。



第7-6-3図 取水路防潮ゲートの開閉

7.6.2 津波警報等が発表されない津波襲来時の対応について

(1) 対応方針

取水路防潮ゲートの直下清掃に伴う落下防止処置及び取水路防潮ゲートの取替の作業時において、津波警報等が発表されない津波が襲来した場合は以下のとおり対応する。

- (i) 作業は、天候や波浪状況が安定していること、及び発電所構外の観測潮位に欠測等がなく、発電所構外の観測潮位の確認が出来る状態で実施する。万が一、作業中に発電所構外の観測潮位の確認が出来ない状態となった場合には、直ちに作業を中断し、作業前の状態に復旧する。
- (ii) 発電所構外の観測潮位にて警報発信された場合は、1号及び2号機中央制御室又は3号及び4号機中央制御室から現場作業員へ連絡し、作業中断の上、津波襲来までに作業前のゲート開閉状態に復旧する。

これらの対応を図ることにより発電所の安全性に影響はない。また、津波襲来前に作業員が退避可能であるため、作業安全性の確保が可能である。

上記の対応に関して、予防保全を目的として計画的に運転上の制限外に移行することが可能となる保守作業の対象とするため、保安規定第89条第3項の“保全計画に基づき定期的に行う点検・保守を実施する設備”に取水路防潮ゲートを追加する。また、保安規定 添付2に取水路防潮ゲートの遠隔閉止信号を停止する場合の措置を規定する。

(2) 対応手順及び所要時間

取水路防潮ゲートの直下清掃に伴う落下防止処置時及び取水路防潮ゲートの取替時における対応手順及び所要時間を第7-6-3図、第7-6-4図に示す。発電所構外の観測潮位にて警報発信された後、同図に示す手順で対応することにより、高浜発電所に津波が到達する前に、作業前のゲート開閉状態に復旧することが可能である。

具体的には、取水路防潮ゲートの直下清掃に伴う落下防止処置時については、発電所構外の観測潮位にて警報発信された後、1号及び2号機中央制御室又は3号及び4号機中央制御室から現場作業員に連絡し、休止ピンとストッパーを解除することにより、作業前のゲート開閉状態に復旧可能である。

また、取水路防潮ゲートの取替え時については、発電所構外の観測潮位にて警報発信された後、1号及び2号機中央制御室又は3号及び4号機中央制御室から現場作業員に連絡したタイミングが、「ゲートが位置合わせにはめ込んでいる状態（ケース①）」であれば、そのままゲートを閉止し、「旧ゲートを取り外した後（ケース②）」であれば、新ゲートを位置合わせにはめ込んだ後に新ゲートを閉止すること

で、作業前のゲート開閉状態に復旧可能である。なお、リスク回避の観点から旧ゲートを引き抜く前には、発電所構外の観測潮位を確認し、異常がないことを判断して作業を行う。

また、欠測等により、発電所構外の観測潮位の確認が出来ない状態となった場合の対応手順及び所要時間を第7-6-5図に示す。同図より、欠測等が発生した場合においても、発電所の安全性に影響はない。また、津波襲来前に作業員が退避可能であるため、作業安全性の確保が可能である。

		「隠岐トラフ海底地すべり」による津波発生からの経過時間（分）		対応に係る各ステップに要する時間および説明	
		時間		説明	
中央制御室	潮位観測システム（防護用）にて警報発信	30	44	0分	通常潮汐から0.45m変動(セット値)を検知すれば、中央制御室にて警報発信
	潮位変動の判断 運転員の指示等	30	44	5分	-
	循環水ポンプ停止	30	44	5分	-
	ユニットトリップ	30	44	5分	-
	ゲート閉止（遠隔閉止）	30	44	1分	-
発電所構外の観測潮位にて情報発信	30	44	5分	通常潮汐から10分以内に0.45m変動(セット値)を検知すれば、中央制御室にて情報発信	
現地	潜水作業員退避	30	44	1分	-
	ゲート落下防止処置 (休止ピン、ストッパー)の解除	30	44	1分	-

第7-6-3図 取水路防潮ゲートの直下清掃に伴う落下防止処置時の対応手順及び所要時間
(発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合)

		「隠岐トラフ海底地すべり」による津波発生からの経過時間（分）		対応に係る各ステップに要する時間および説明	
		時間		説明	
中央制御室	潮位観測システム（防護用）にて警報発信	30	44	0分	通常潮汐から0.45m変動(セット値)を検知すれば、中央制御室にて警報発信
	潮位変動の判断 運転員の指示等	30	44	5分	-
	循環水ポンプ停止	30	44	5分	-
	ユニットトリップ	30	44	5分	-
	ゲート閉止（遠隔閉止）	30	44	1分	-
発電所構外の観測潮位にて情報発信	30	44	5分	通常潮汐から10分以内に0.45m変動(セット値)を検知すれば、中央制御室にて情報発信	
現地	ケース① クレーンによるゲート閉止	30	44	1分	ゲート降下距離6m、クレーン巻上フック速度約10m/分より1分と評価
	ケース② クレーンによるゲート据付け・閉止	30	44	11分	ゲート設置時の実績から10分以内で据付け可能 ゲート降下距離12m、クレーン巻上フック速度約10m/分より2分と評価

※取水路防潮ゲートの取替時については、発電所構外の観測潮位にて警報発信された後、1号及び2号機中央制御室又は3号及び4号機中央制御室から現場作業員に連絡したタイミングが、「ゲートを位置合わせにはめ込んでいる状態（ケース①）」であれば、そのままゲートを閉止し、「旧ゲートを取り外した後（ケース②）」であれば、新ゲートを位置合わせにはめ込んだ後に新ゲートを閉止する。

第7-6-4図 取水路防潮ゲートの取替時の対応手順及び所要時間
(発電所構外において津波と想定される潮位の変動を観測した場合)

		「隠岐トラフ海底地すべり」による 津波発生からの経過時間 (分)		対応に係る各ステップに要する 時間および説明		
		時間		説明		
中央 制御 室		30	32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60			
		潮位観測システム (防護用) にて警報発信		▽0.45m変動を検知	0分	通常潮汐から0.45m変動(セット値)を検知すれば、中央制御室にて警報発信
		潮位変動の判断 運転員の指示等			5分	-
		循環水ポンプ停止 ユニットトリップ			5分	-
		ゲート閉止 (遠隔閉止)		高浜発電所に 津波到達43分▽	1分	-
		発電所構外の観測潮位の 確認が出来ない状態 (欠測等)		▽欠測等を確認31分	0分	欠測等を確認した時点で、保守的に津波が襲来するという想定
	現地作業員への周知			1分	-	
現地	直下 清掃				1分	-
					1分	-
	ゲート 交換	ケース①			1分	ゲート降下距離6m、クレーン巻上フック速度約10m/分より1分と評価
		ケース②			11分	ゲート設置時の実績から10分以内で据付け可能 ゲート降下距離12m、クレーン巻上フック速度約10m/分より2分と評価

第 7-6-5 図 欠測等が発生した場合の対応手順及び所要時間

7.6.3 大津波警報発表時の対応について

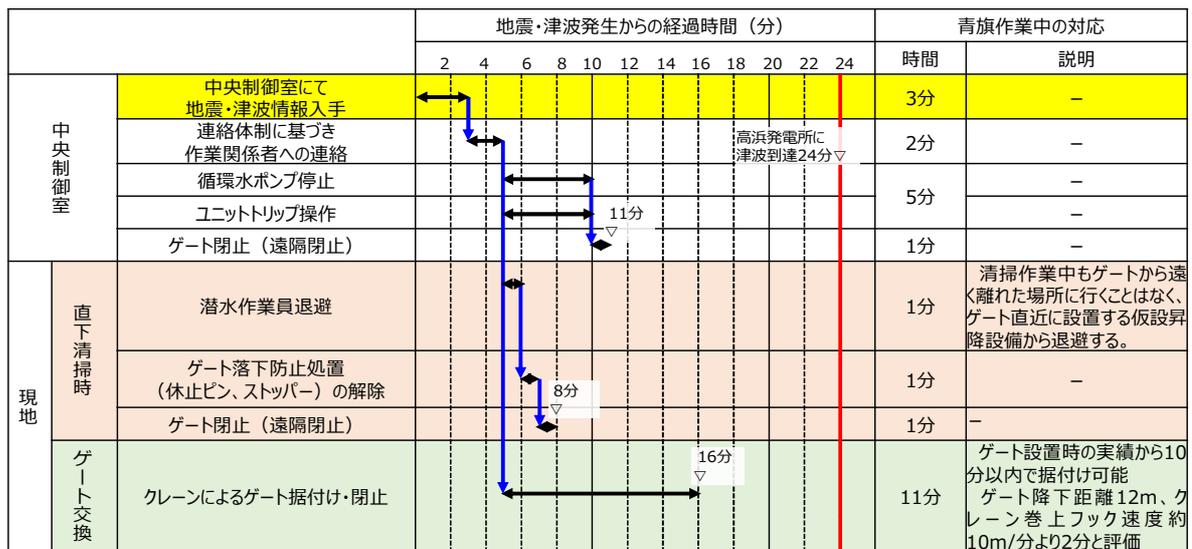
(1) 対応方針

大津波警報が発表された場合は、1号及び2号機中央制御室又は3号及び4号機中央制御室から現場作業員へ連絡し、作業中断の上、津波襲来までに取水路防潮ゲートを閉止することにより、発電所の安全性に影響はない。また、津波襲来前に作業員が退避可能であるため、作業安全性の確保が可能である。

なお、本運用についても、津波警報等が発表されない津波襲来時と同様に、保安規定に反映することとし、保安規定第89条第3項の“保全計画に基づき定期的に行う点検・保守を実施する設備”に取水路防潮ゲートを追加する。また、保安規定添付2に取水路防潮ゲートの遠隔閉止信号を停止する場合の措置を規定する。

(2) 対応手順及び所要時間

対応手順と所要時間を第7-6-6図に示す。同図に示す手順で対応することにより、高浜発電所に津波が到達するまでに取水路防潮ゲートの閉止が可能である。



※既許可の基準津波評価において、取水路防潮ゲート閉条件の場合、「大陸棚外縁～B～野坂断層」を波源とする津波が高浜発電所に最も早く津波が到達するため、その到達時間である24分を指標としている。

第7-6-6図 取水路防潮ゲート保守作業に係る対応手順及び所要時間
(大津波警報発表時)

7.7 設工認申請書に記載する運用事項の整理

津波警報等が発表されない可能性のある津波への対応に係る設置変更許可申請において記載した運用は、以下のとおり。

【設置許可申請書（添付書類八）に記載の運用】

- ①竜巻襲来時に潮位観測システム（防護用）に損傷を発見した場合の対応
- ②取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認した際の対応
- ③発電所構外において、敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動を観測後、構内潮位計において、10分以内0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）の潮位変動を確認した際の対応（その後の構内の潮位変動を10分以内0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）下げ（上げ）のみとし、取水路防潮ゲート閉止判断を早期化）
- ④発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した際の対応（取水路防潮ゲート保守作業の中断、車両退避、輸送船（輸送車両等）の退避、ゲート落下機構の確認、津波監視カメラによる監視）

上記に加え、保安規定においては、以下の運用を記載する。

【設置許可に記載の運用に加え、保安規定申請書に新たに記載する運用】

- ⑤潮位観測システム（防護用）の故障（LCO逸脱）時の対応
- ⑥予防保全を目的とした点検・保守を実施する場合のうち、取水路防潮ゲート点検時の対応
- ⑦施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の変更等が津波防護対策に影響を与えないことの確認に係る手順整備

また、技術基準適合上、必須な運用ではないが、安全性向上のために規定する運用については、設置許可申請書の補足説明資料に記載の以下の運用であり、これらは社内標準として制定する。

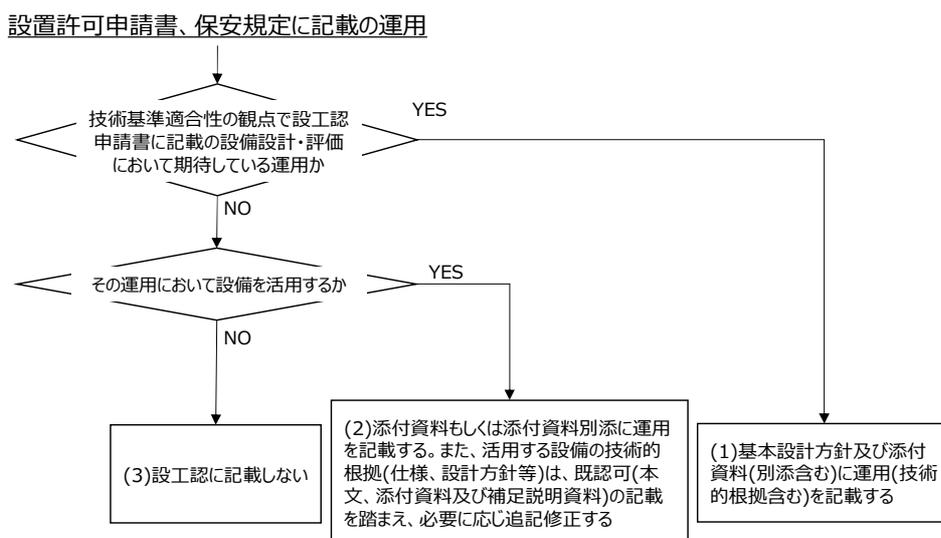
【設置許可申請書の補足説明資料に記載の運用（社内標準として制定）】

- ⑧潮位観測システム（補助用）を活用する手順
- ⑨発電所構外において、敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動を観測後、津波監視カメラで有意な津波の前兆を確認した際の対応（取水路防潮ゲート閉止判断の早期化）

以上の①～⑨の運用について、第7-7-1図に示すフローのとおり、設工認への記載要否を整理した。設工認への記載は、「技術基準適合性の観点で設工認申請書に記載の設備設計・評価において期待している運用については、設工認の基本設計方針及び添付資料に運用（技術的根拠含む）を記載」することとし、「これに該当しない運用のうち、設備を活

用するものは、添付資料もしくは添付資料別添に運用を記載する。また、活用する設備の技術的根拠(仕様、設計方針等)は、既認可(本文、添付資料及び補足説明資料)の記載を踏まえ、必要に応じ追記修正」する。その整理結果を第7-7-1表に示す。

第7-7-1表の整理結果より、「②取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認した際の対応」、「④発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した際の対応のうち、取水路防潮ゲート保守作業の中断、車両退避と輸送船、輸送車両等の退避」、「⑥予防保全を目的とした点検・保守を実施する場合のうち、取水路防潮ゲート点検時の対応」及び「⑦施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の変更等が津波防護対策に影響を与えないことの確認に係る手順整備」については基本設計方針及び添付資料に運用(技術的根拠含む)を記載することとし、「①竜巻襲来時に潮位観測システム(防護用)に損傷を発見した場合の対応」、「③発電所構外において、敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動を観測した際の対応(その後の構内の潮位変動を10分以内0.5m(潮位変動値のセット値は0.45mとする。)下げ(上げ)のみとし、取水路防潮ゲート閉止判断を早期化)」、「④発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した際の対応のうち、ゲート落下機構の確認、津波監視カメラによる監視」、「⑤潮位観測システム(防護用)の故障(LCO逸脱)時の対応」、「⑧潮位観測システム(補助用)を活用する手順」及び「⑨発電所構外において、敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動を観測後、津波監視カメラで有意な津波の前兆を確認した際の対応(取水路防潮ゲート閉止判断の早期化)」については、運用を添付資料もしくは添付資料別添に記載し、その運用に活用する設備の技術的根拠を設工認資料(本文、添付資料、補足説明資料)に記載する。各設備の技術的根拠の記載箇所及び記載内容の概要を第7-7-2表に示す。



第7-7-1図 設置許可申請書、保安規定に記載の運用に係る設工認記載整理フロー

第7-7-1表 設置許可申請書に記載の運用、保安規定に記載する運用及び社内標準に記載する運用の設工認での記載要否とその考え方について（1/2）

	設置許可申請書に記載の運用	保安規定に記載する運用	社内標準として制定する運用	設工認記載整理フロー結果※1	設工認記載の考え方※2	運用を担保する設備、資機材		
						設工認記載有り	設工認記載無し	
①	竜巻襲来時に潮位観測システム（防護用）に損傷を発見した場合の対応	同左	同左	(2)	本運用は、竜巻襲来時に潮位観測システム（防護用）に損傷を発見した場合、予備品により機能回復の応急処置を行うために右記の設備を活用する運用であることから、添付資料（資料2-1-1-1（自然現象等への配慮に関する説明書））に記載する。また、補足説明資料の4.1章（潮位計（潮位観測システム）の設計に関する補足資料）に応急復旧方法の詳細を記載する。右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	なし	中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）予備品	
②	取水路防潮ゲートの閉止判断基準を確認した際の対応	同左	同左	(1)	設工認申請書に記載の入力津波評価等において期待している運用であるため、基本設計方針（浸水防護施設の1.1.1(2)）及び添付資料（資料2-1-2-1（耐津波設計の基本方針）、資料2-1-2-3（入力津波の設定）及び資料2-1-2-4（入力津波による影響評価））に記載する。また、右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	・潮位観測システム（防護用） ・取水路防潮ゲート	なし	
③	発電所構外において、敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動を観測した際の対応（その後の構内の潮位変動を10分以内0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）の下げ（上げ）のみとし、取水路防潮ゲート閉止判断を早期化）	同左	同左	(2)	本運用は、発電所構外の観測潮位を活用し、「発電所構外において、大津波警報相当（敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある）潮位の変動を観測した後、構内の潮位計において、10分以内0.5m（潮位変動値のセット値は0.45mとする。）の下げ（上げ）の潮位変動を観測した場合にゲート閉止判断を早期化」し、可能な限り早期に津波に対応するために右記の設備を活用する運用であることから、添付資料（資料2-1-2-1（耐津波設計の基本方針））及び添付資料別添（資料2（自然現象等による損傷防止の説明書）別添2）に記載する。また、構外の観測潮位を用いた運用の詳細を補足説明資料の5章（発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応）及び6章（構外の観測潮位の設計に関する補足事項）に記載する。右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	・潮位観測システム（防護用） ・取水路防潮ゲート	・構外潮位計	
④	発電所構外において、津波と想定される潮位の変動を観測した際の対応（欠測時含む）	取水路防潮ゲート保守作業の中断	同左	同左	(1)	本運用は、技術基準適合性の観点で設工認申請書に記載の入力津波評価等において期待している運用であるため、基本設計方針（浸水防護施設の1.1.1(2)）及び添付資料（資料2-1-2-1（耐津波設計の基本方針））に記載する。また、ゲート保守作業時の対応の詳細を補足説明資料の7.6章（取水路及び取水路防潮ゲートの保全計画に係る保守作業について）に記載する。右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	・運転指令設備	・構外潮位計 ・携帯電話
		車両退避	同左	同左	(1)	本運用は、設工認申請書に記載の津波防護施設（放水口側防潮堤、防潮扉、取水路防潮ゲート）の設計において期待している運用であるため、基本設計方針（浸水防護施設の1.1.3d.(b)）、添付資料（資料2-1-2-4（入力津波による影響評価））及び添付資料別添（資料2（自然現象等による損傷防止の説明書）別添2）に運用を記載する。漂流物評価の詳細は、補足説明資料の3.1章（漂流物による影響確認について）に記載する。また、右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	・運転指令設備	・構外潮位計
		輸送船、輸送車両等の退避	同左	同左	(1)	本運用は、設工認申請書に記載の津波防護施設（放水口側防潮堤、防潮扉、取水路防潮ゲート）の設計において期待している運用であるため、基本設計方針（浸水防護施設の1.1.3d.(b)）、添付資料（資料2-1-2-4（入力津波による影響評価））及び添付資料別添（資料2（自然現象等による損傷防止の説明書）別添2）に運用を記載する。漂流物評価の詳細は、補足説明資料の3.1章（漂流物による影響確認について）に記載する。また、右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	・運転指令設備	・構外潮位計 ・仮設潮位計 ・携帯電話
		ゲート落下機能の確認	同左	同左	(2)	本運用は、「欠測を含めた構外潮位」の観測により、「ゲート閉止の設備健全性の確認、監視強化などの早期対応」を前提に、構内潮位計測によるゲート閉止を設計・成立性を評価している。この際、津波警報等が発表されない可能性のある津波の襲来に備えた運用に、当社保有外の設備も含めた右記の設備を活用することから添付資料（資料2-1-2-1（耐津波設計の基本方針）及び資料2-1-2-4（入力津波による影響評価））及び添付資料別添（資料2（自然現象等による損傷防止の説明書）別添2）に記載する。また、構外の観測潮位を用いた運用の詳細を補足説明資料の5章（発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応）及び6章（構外の観測潮位の設計に関する補足事項）に記載する。右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	なし	・構外潮位計
		津波監視カメラによる監視	同左	同左	(2)	本運用は、「欠測を含めた構外潮位」の観測により、「ゲート閉止の設備健全性の確認、監視強化などの早期対応」を前提に、構内潮位計測によるゲート閉止を設計・成立性を評価している。この際、津波警報等が発表されない可能性のある津波の襲来に備えた運用に、当社保有外の設備も含めた右記の設備を活用することから添付資料（資料2-1-2-1（耐津波設計の基本方針）及び資料2-1-2-4（入力津波による影響評価））及び添付資料別添（資料2（自然現象等による損傷防止の説明書）別添2）に記載する。また、構外の観測潮位を用いた運用の詳細を補足説明資料の5章（発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応）及び6章（構外の観測潮位の設計に関する補足事項）に記載する。右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	・津波監視カメラ	・構外潮位計
⑤	—	潮位観測システム（防護用）の故障（LCO逸脱）時の対応	同左	(2)	本運用は、設計基準で想定している事象（単一故障）を超える事象（多重故障）を含め、潮位観測システム（防護用）故障時の対応を保安規定で定めるものであり、潮位観測システム（防護用）の故障（LCO逸脱）時の対応として、右記の設備を活用する運用であることから添付資料（資料2-1-2-5（津波防護に関する施設の設計方針））及び添付資料別添（資料2（自然現象等による損傷防止の説明書）別添2）に記載する。また、右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	・潮位観測システム（防護用） ・保安電話（携帯）、保安電話（固定）、衛星電話（固定）、 運転指令設備、加入電話および 携行型通話装置 ・取水路防潮ゲート	・構外潮位計	

※1：「(1)基本設計方針及び添付資料(別添含む)に運用(技術的根拠含む)を記載する」、「(2)添付資料もしくは添付資料別添に運用を記載する。また、活用する設備の技術的根拠(仕様、設計方針等)は、既認可(本文、添付資料及び補足説明資料)の記載を踏まえ、必要に応じ追記修正する」

※2：添付資料番号は、4号機の添付資料番号を代表で記載。

第7-7-1表 設置許可申請書に記載の運用、保安規定に記載する運用及び社内標準に記載する運用の設工認での記載要否とその考え方について（2/2）

	設置許可申請書に記載の運用（添付1）	保安規定に記載する運用（添付2）	社内標準として制定する運用	設工認記載整理フロー結果※1	設工認記載の考え方※2	運用を担保する設備、資機材	
						設工認記載有り	設工認記載無し
⑥	—	予防保全を目的とした点検・保修を実施する場合のうち、取水路防潮ゲート点検時の対応	同左	(1)	本運用は、技術基準適合性の観点で設工認申請書に記載の入力津波評価等において期待している運用であるため、基本設計方針（浸水防護施設の1.1.1(2)）及び添付資料（資料2-1-2-1（耐津波設計の基本方針））に記載する。また、ゲート保守作業時の対応の詳細を補足説明資料の7.6章（取水路及び取水路防潮ゲートの保全計画に係る保守作業について）に記載する。右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	<ul style="list-style-type: none"> ・運転指令設備 ・取水路防潮ゲート 	<ul style="list-style-type: none"> ・構外潮位計 ・クレーン ・携帯電話
⑦	—	施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の変更等が津波防護対策に影響を与えないことの確認に係る手順整備	同左	(1)	本運用は、施設に影響を及ぼす水位に近接する入力津波の変更等により、津波防護対策に影響を与えるかの確認に関する事項であり、技術基準適合性の観点で設工認申請書に記載の設備設計・評価において期待している運用であるため、基本設計方針（浸水防護施設の1.1.2）及び添付資料（資料2-1-2-1（耐津波設計の基本方針））に記載する。	なし	なし
⑧	—	—	潮位観測システム（補助用）を活用する手順	(2)	本運用は、安全性向上のための補助設備である潮位観測システム（補助用）を活用する手順を定めるものであり、右記の設備を活用する運用であることから添付資料8（中央制御室の機能に関する説明書）に記載する。また、潮位観測システム（補助用）の位置づけを補足説明資料の4.7章（潮位観測システム（補助用）の位置づけについて）に記載する。右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	<ul style="list-style-type: none"> ・潮位観測システム（補助用） 	なし
⑨	—	—	発電所構外において、敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある潮位の変動を観測後、津波監視カメラで有意な津波の前兆を確認した際の対応（取水路防潮ゲート閉止判断の早期化	(2)	本運用は、③の運用と同様に発電所構外の観測潮位を活用し、「発電所構外において、大津波警報相当（敷地への遡上及び水位の低下による海水ポンプへの影響のおそれがある）潮位の変動を観測した後、津波監視カメラで有意な津波の前兆を確認した場合にゲート閉止判断を早期化」し、可能な限り早期に取水路防潮ゲートを閉止するために右記の設備を活用する運用であることから添付資料（資料2-1-2-1（耐津波設計の基本方針））及び添付資料別添（資料2（自然現象等による損傷防止の説明書）別添2）に記載する。また、構外の観測潮位を用いた運用の詳細を補足説明資料の5章（発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応）及び6章（構外の観測潮位の設計に関する補足事項）に記載する。右記の設備の技術的根拠を第7-7-2表に示す箇所に記載する。	<ul style="list-style-type: none"> ・津波監視カメラ ・取水路防潮ゲート 	<ul style="list-style-type: none"> ・構外潮位計

※1：「(1)基本設計方針及び添付資料(別添含む)に運用(技術的根拠含む)を記載する」、「(2)添付資料もしくは添付資料別添に運用を記載する。また、活用する設備の技術的根拠(仕様、設計方針等)は、既認可(本文、添付資料及び補足説明資料)の記載を踏まえ、必要に応じ追記修正する」

※2：添付資料番号は、4号機の添付資料番号を代表で記載。

第7-7-2表 運用を担保する設備、資機材等の技術的根拠に関する記載箇所及び記載内容（1/2）

運用を担保する設備、資機材		技術的根拠に関する設計認での記載箇所及び記載内容（朱記は、運用に関する記載事項を示す。下線は、保安規定審査資料関連）											
		本文		基本設計方針		添付資料 ^{※2}		別添		補足説明資料			
		要目表		記載箇所		添付資料本文		別添		記載箇所			
		記載箇所	記載内容	記載箇所	記載内容	記載箇所	記載内容	記載箇所	記載内容	記載箇所	記載内容		
設 工 認 記 載 有 り	潮位観測システム（防護用）（潮位計、衛星電話（津波防護用））	浸水防護施設	名称、種類、個数	浸水防護施設	設計方針（設備構成、設備重要度、波及的影響、共用の考え方、セット値、予備の個数、取水路防潮ゲートの閉止運用等）	資料2-1-1-1	竜巻時に損傷を発見した場合の対応	資料2 別添1	潮位検出器の型式及び計器固有の誤差の考え方	2.6章	・取水路防潮ゲートの閉止判断基準の設定		
						資料4	潮位計セット値の設定根拠			4.1章 4.2章 4.5章	・仕様詳細、設備構成 ・演算装置のサンプリング周期、潮位変化量の演算方法、規格基準類の参照状況、設計方針 ・監視モニタ画面の警報発信及び表示 ・衛星電話（津波防護用）の代替手段等の健全性、 <u>応急復旧</u>		
						資料2-1-2-1、2-1-2-3、2-1-2-4	取水路防潮ゲートの閉止運用						
						資料2-1-2-5	要求機能、性能目標等	資料2 別添2	<u>潮位観測システム（防護用）の故障（LCO逸脱）時の対応</u>	7.1章～7.3章	・循環水ポンプ（CWP）の水位低下による停止の津波シミュレーションでの扱い及び取水路防潮ゲート閉止判断と運転員操作への影響について ・平常時及び台風時の取水路防潮ゲート閉止判断基準への影響について ・取水路防潮ゲートの閉止判断基準設定における潮位のゆらぎの扱いについて		
						資料2-1-2-5	保守管理			資料2 別添2	<u>ソフトウェアのバグ管理</u>	4.5章	故障モードと故障検知に関する整理結果、ハードウェア自己診断に関する設計、 <u>ソフトウェアの品質管理の徹底による運用、バグ管理</u>
						資料3	設計上の考慮事項（多重性等）					資料3 別添1	・電路の独立性に関する設計方針、配置図 ・潮位計、監視モニタ、衛星電話機本体、アンテナの設置位置
						資料6-1	耐震設計の基本方針						
		資料6-2	波及的影響の基本方針										
		資料6-3	・申請設備の耐震設計の基本方針 ・電線路耐震の基本方針、既認可との紐付け										
						中央制御室機能	名称			資料6-4	申請設備の耐震計算書 ^{※2}		
	取水路防潮ゲート（既認可 ^{※3} から設計変更なし）	浸水防護施設	名称、種類、主要寸法、材料	浸水防護施設	設計方針（設備構成、設備重要度、共用の考え方等）	資料2-2-5 ^{※4}	要求機能、性能目標等						
						資料13-17-9-4 ^{※4}	耐震性評価						
						資料14 別添3-2-1 ^{※4}	耐津波評価						
	津波監視カメラ（既認可 ^{※4} から設計変更なし）	—	—	浸水防護施設	設計方針（設置場所）	資料2-2-5 ^{※4}	要求機能、性能目標等						
						資料13-17-9-3 ^{※4}	耐震性評価						
通 信 連 絡 設 備	保安電話（携帯）（既認可 ^{※5} から設計変更なし）	—	—	計測制御系統施設	設計方針（設備構成）	資料5	要求機能、設置場所、数量	—	—	4.1.5章	・潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）の代替手段等の健全性について		
	保安電話（固定）（既認可 ^{※5} から設計変更なし）	—	—										
	運転指令設備（既認可 ^{※5※6} から設計変更なし）	—	—										
	衛星電話（固定）（既認可 ^{※5※6} から設計変更なし）	—	—										
	加入電話（既認可 ^{※5※6} から設計変更なし）	—	—										
	携行型通話装置（既認可 ^{※5※6} から設計変更なし）	—	—										
潮位観測システム（補助用）	中央制御室機能	名称	—	—	資料8	・外部状況把握に関する設計方針 ・ <u>潮位観測システム（補助用）を活用する手順</u>	—	—	4.7章	・潮位観測システム（補助用）の位置づけについて			

※2：資料番号は、4号機の資料番号を代表で記載。なお、1（2）号機の潮位計の耐震計算書は資料13-17-9-4(7)に記載。

※3：主登録号機である4号機について、平成27年10月9日付け原規規発第1510091号にて認可

※4：資料番号は、既認可の資料番号を記載

※5：主登録号機である3号機について、平成27年8月4日付け原規規発第1508041号にて認可

※6：主登録号機である1号機について、平成28年6月10日付け原規規発第1606104号にて認可

第7-7-2表 運用を担保する設備、資機材等の技術的根拠に関する記載箇所及び記載内容（2/2）

運用を担保する設備、資機材		技術的根拠に関する設工認での記載箇所及び記載内容（朱記は、運用に関する記載事項を示す。下線は、保安規定審査資料関連）										
		本文				添付資料 ^{※2}				補足説明資料		
		要目表		基本設計方針		添付資料本文		別添				
記載箇所	記載内容	記載箇所	記載内容	記載箇所	記載内容	記載箇所	記載内容	記載箇所	記載内容			
設工認記載無し	中央制御室衛星電話用アンテナ（津波防護用）予備品	-	-	-	-	-	-	-	-	4.1.6章	<u>・潮位観測システム（防護用）の応急復旧について</u>	
	構外潮位計	-	-	浸水防護施設	<ul style="list-style-type: none"> ・取水路防潮ゲートの保守作業の中断、取水路防潮ゲートの点検時の対応 ・車両退避、輸送船、輸送車両等の退避 	資料2-1-2-1	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化やゲート落下機構の点検等の津波襲来に備える対応 	資料2別添2	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化やゲート落下機構の点検等の津波襲来に備える対応 ・上記に関する警報発信基準（セット値） ・潮位観測システム（防護用）の故障時の対応 	3.1章	<u>・漂流物による影響確認について</u>	
						7.6章	<u>・取水路及び取水路防潮ゲートの保全計画に係る保守作業時の対応について</u>					
						5章	<u>・発電所構外の観測潮位を用いた取水路防潮ゲート閉止判断の早期化等の対応</u>					
						6章	<u>・構外の観測潮位の設計に関する補足事項</u>					
	携帯電話	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.2章(4)	<u>・LLW輸送荷役作業中における対応について</u>
	仮設潮位計	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6章
6.2章(4)												<u>・LLW輸送荷役作業中における対応について</u>
クレーン	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6章	<u>・取水路及び取水路防潮ゲートの保全計画に係る保守作業時の対応について</u>

※2：資料番号は、4号機の資料番号を代表で記載