

## 警報なし津波 1月8日ヒアリング 設工認ご説明資料

12/22 審査会合での設工認に係る各ご指摘事項に対する回答は以下の通りです。

### <12/22 審査会合におけるご指摘事項>

①潮位観測システム（防護用）の計装誤差については、機器製造メーカー提示の考え方にに基づき評価したものであることを明確にした上で、説明内容を充実すること。

⇒【コメント回答資料①】を参照ください。

②1号機及び2号機側並びに3号機及び4号機側の双方の中央制御室衛星アンテナ（津波防護用）については、より一層の位置的分散ができない理由（構造・仕様上の制限等）及び竜巻事象が情報連携の機能に与える影響（代替設備の有無等）に関する説明を充実すること。

⇒【コメント回答資料②】を参照ください。

あわせて、潮位観測システム（防護用）のうち衛星電話（津波防護用）の代替設備については、竜巻による損傷防止が期待できる電路（地下埋設等）を用いて構成するものを示すこと。

（⇒【保安規定審査資料（資料② 通しページ 270）】を参照ください）

③入力津波のうち水位下降側の評価においては、Es-K5（エリアB）の崩壊規模100%の破壊伝播速度1.0m/s及び0.8m/sのケースが抽出された経緯、理由等についての説明を、①水位低下側の1,2SWP、3,4SWPの位置におけるパラメータの変化による水位の傾向の考察、1,2SWP、3,4SWPのそれぞれの取水可能水位に着目した代表ケース選定の経緯、③崩壊規模80%、破壊伝播速度1.0m/sを除外した理由、の観点から、充実すること。

⇒【コメント回答資料③】を参照ください。

④潮位観測システム（防護用）に関するLCO、AOTの設定全般については、対象設備の動作不能状態の定義に関して、想定される故障モードの整理等の定義の根拠も含めて、ハードウェアだけでなくソフトウェアも対象として、説明を充実すること。

⇒【コメント回答資料④】を参照ください。（【保安規定審査資料（資料② 通しページ 220～223,251,252）】も合わせて参照ください）

⑤設計及び工事の計画の認可申請においては、申請書と添付資料の両者に示す内容により、原子炉施設保安規定変更認可申請においては、申請書と審査資料の両者に示す内容により、各々、新規制基準への適合性を説明することを踏まえて、それら書類に、審査会合での議論の内容を適切に反映すること。なお、本件に係る許可審査においては、書類の記載不備により、申請内容の事実確認に相当の時間を要したことから、そのようなことが再び生じないよう、書類作成に関する品質管理も徹底すること。

⇒<設工認>

コメント回答資料⑤(主要論点事項に関する設工認申請書および補足説明資料での記載内容)にて設工認の主要論点の記載箇所をご説明いたします。

**(＜保安規定＞**

**警報なし津波に係る申請書、審査資料（審査基準比較、上流比較、補足説明資料等）は審査を踏まえ保安規定審査資料（資料②）を随時更新しております。警報なし津波以外も含めた新規制全体に係る審査資料については、今後の補正にあわせて一式提出いたします。）**

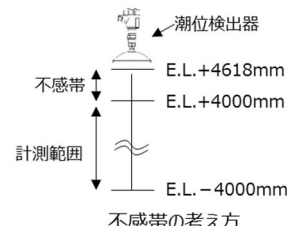
以 上

枠囲み範囲は機密に係る事項ですので、公開することはできません

コメント回答資料①

潮位観測システム（防護用）の計装誤差については、機器製造メーカ提示の考え方に  
基づき評価したものであることを明確にした上で、説明内容を充実すること。

潮位観測システム（防護用）の計装誤差について、下表のとおり機器製造メーカ提示の考  
え方に基づき評価しております。

|  |
|--|
| <p>【単体誤差の算出方法(3号機及び4号機 潮位計の場合)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 潮位検出器は、測定範囲(不感帯<sup>※1</sup>含む)の幅(8618mm)に機器固有の誤差(±0.25%)を乗じた値が、潮位検出器の単体誤差(±22mm)となる。以下の単体誤差の計算方法及びその値(ただし測定範囲の幅を除く)は、メーカ図書から出典。<br/>             なお、当該潮位検出器の誤差は、読み値に対する誤差であり、潮位検出器から離れた位置の読み値ほど、その誤差は大きくなるが、保守的に誤差が最大となる値(下図の場合、読み値がE.L. - 4000mmとなる時の誤差)を当該潮位検出器の誤差として扱う。<br/>             &lt;潮位検出器の単体誤差の計算方法&gt;<br/> <math>8618\text{mm}(\text{測定範囲(不感帯}^{\ast 1}\text{含む)の幅}) \times \pm 0.25\%(\text{誤差}) = \pm 22\text{mm}</math></li> <li>○ 電源箱は、測定範囲(不感帯<sup>※1</sup>を除く)の幅(8000mm)に機器固有の誤差(±0.1%)を乗じ、1dig<sup>※2</sup>=1mmを加算又は減算した値が、電源箱の単体誤差(±9mm)となる。以下の単体誤差の計算方法及びその値(ただし測定範囲の幅を除く)は、メーカ図書から出典。<br/>             &lt;電源箱の単体誤差の計算方法&gt;<br/> <math>8000\text{mm}(\text{測定範囲(不感帯}^{\ast 1}\text{除く)の幅}) \times \pm 0.1\%(\text{誤差}) + \pm 1\text{mm}(\text{誤差}) = \pm 9\text{mm}</math></li> </ul> |
| <p>【単体誤差の算出方法(1号機及び2号機 潮位計の場合)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 潮位検出器は、機器固有の誤差として±15mm<sup>※3</sup>を有している。機器固有の誤差は、メーカ図書から出典。</li> <li>○ 電源箱は、測定範囲の幅(16500mm)に機器固有の誤差(±0.1%)を乗じ、1dig<sup>※2</sup>=1mmを加算又は減算した値が、電源箱の単体誤差(±18mm)となる。以下の単体誤差の計算方法及びその値(ただし測定範囲の幅を除く)は、メーカ図書から出典。<br/>             &lt;電源箱の単体誤差の計算方法&gt;<br/> <math>16500\text{mm}(\text{測定範囲の幅}) \times \pm 0.1\%(\text{誤差}) + \pm 1\text{mm}(\text{誤差}) = \pm 18\text{mm}^{\ast 3}</math></li> </ul>  |
| <p>※1：当該計器へ入力されているが、出力として感知できない範囲(右図)</p> <p>※2：当該計器が表示することができる最小桁の最小単位(今回の場合は 1dig=1mm)</p> <p>※3：1号機及び2号機の単体誤差は、3号機及び4号機の単体誤差と異なるが、1号機及び2号機のループ誤差(±23.5mm)が、3号機及び4号機のループ誤差(±23.8mm)以内に収まっていることを確認している。</p> <div style="text-align: right;">  </div>   |

潮位計の単体誤差の算出方法

コメント回答資料②

1号機及び2号機側並びに3号機及び4号機側の双方の中央制御室衛星アンテナ（津波防護用）については、より一層の位置的分散ができない理由（構造・仕様上の制限等）及び竜巻事象が情報連携の機能に与える影響（代替設備の有無等）に関する説明を充実すること。

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互長が□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互長に□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。

コメント回答資料③

入力津波のうち水位下降側の評価においては、Es-K5（エリア B）の崩壊規模 100%の破壊伝播速度 1.0m/s 及び 0.8m/s のケースが抽出された経緯、理由等についての説明を、  
①水位低下側の 1,2SWP、3,4SWP の位置におけるパラメータの変化による水位の傾向の考察、1,2SWP、3,4SWP のそれぞれの取水可能水位に着目した代表ケース選定の経緯、  
③崩壊規模 80%、破壊伝播速度 1.0m/s を除外した理由、の観点から、充実すること。

水位下降側の波源パラメータ及び施設評価で考慮する影響評価について

海水ポンプの取水可能水位に近接する津波の検討に関して、崩壊規模と破壊伝播速度のパラメータスタディを実施し、エリア B においては、海水ポンプの取水可能水位を下回り施設影響がある津波が存在するものの、第 1 波の水位低下量が 1, 2 号機側、3, 4 号機側ともに 1 m 以上となることを確認した（第 1 図）。



第 1 図 崩壊規模及び破壊伝播速度のパラメータスタディ結果（水位下降側）

最低水位が海水ポンプの取水可能水位に近接する場合、第 1 波の水位低下量が 1 m 以上となる傾向は、水位下降側の検討において施設に影響を及ぼす津波波形であることから、水位上昇側の検討よりも津波水位が低下しやすいという特性によるものと考えられる。このような特性を踏まえると水位下降側の検討については、水位上昇側と比較して検知性の観点で十分な余裕があるため、第 1 図のパラメータスタディ結果から施設影響があるエリア B の崩壊規模 100%・破壊伝播速度 1.0m/s、エリア B の崩壊規模 100%・破壊伝播速度 0.8m/s、及びエリア B の崩壊規模 80%・破壊伝播速度 1.0m/s の 3 ケースについて、設備形状の影響評価、管路解析の影響評価並びにそれらの組合せによる影響評価を実施した。（第 2 表、第 3 表）

第2表 水位下降側の波源パラメータ及び施設評価で考慮する影響評価の結果

|  |
|--|
|  |
|--|

第3表 「設備形状を反映しない・貝付着なし」ケースにおける第1波の水位低下量

|  |
|--|
|  |
|--|

同表より、「設備形状を反映する・貝付着あり」及び「設備形状を反映する・貝付着なし」ケースでは、崩壊規模 100%・破壊伝播速度 1.0m/s のケースのみ海水ポンプの取水性に影響があることを確認した。また、「設備形状を反映しない・貝付着なし」ケースにおいては、いずれの波源パラメータにおいても海水ポンプの取水性に影響を及ぼすが、そのうち、海水ポンプの取水可能水位に近接し、第1波の水位低下量が小さいケースとして、崩壊規模 100%・破壊伝播速度 0.8m/s のケースで第1波の水位低下量が 1.25m であることを確認した。

コメント回答資料④

潮位観測システム（防護用）に関するLCO、AOTの設定全般については、対象設備の動作不能状態の定義に関して、想定される故障モードの整理等の定義の根拠も含めて、ハードウェアだけでなくソフトウェアも対象として、説明を充実すること。

別紙にて、潮位計の構成概要及び演算装置の機能並びに潮位変化量の演算に係る設計方針及び試験方法等について、ご説明します。

○潮位計の演算装置にはPLC(Programmable Logic Controller)を用いており、潮位検出器からの入力信号の状態により、あらかじめ決められた条件(10分0.5mの潮位変化量)に従い、監視モニタに出力する。なお、本演算装置に論理回路はなく、潮位変動が生じ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。

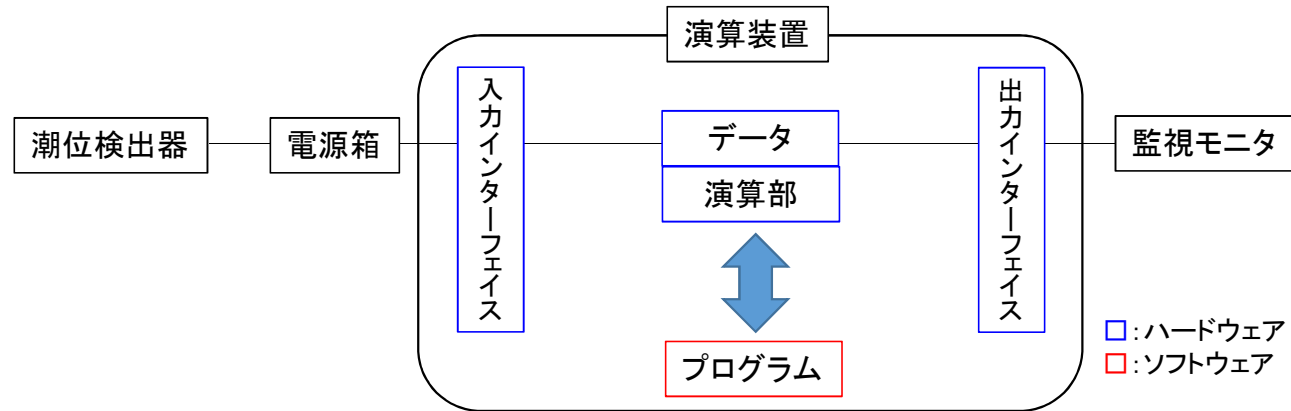


図 潮位計の構成概要

表 演算装置内の各機能

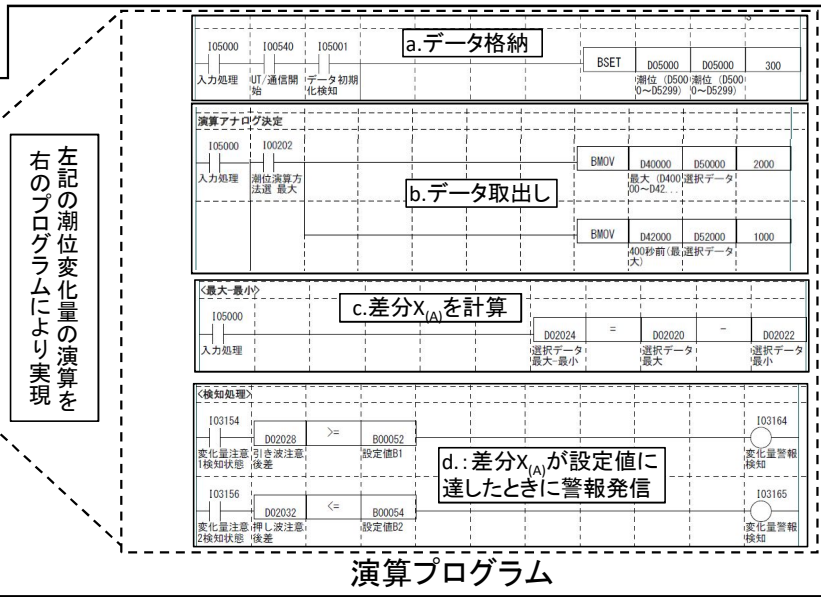
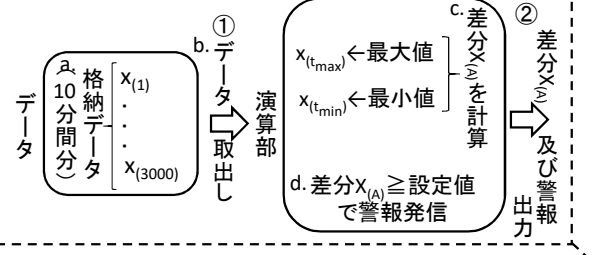
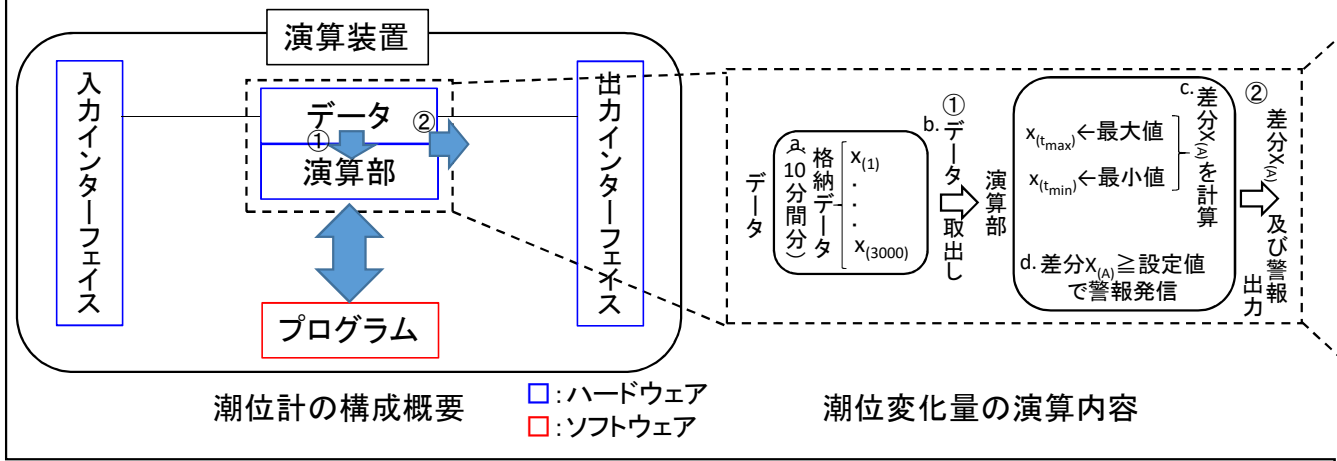
| 名称 | 入力インターフェイス                                    | データ・演算部  | プログラム  | 出力インターフェイス                  |
|----|---|--|--|-----------------------------|
| 機能 | 潮位検出器から出力された潮位データを、電源箱を経由して最大0.2秒毎にデータ部に送信する。 | 計測時点からその10分前の間における潮位データを収集し、その間の最大潮位と最小潮位の差(潮位変化量)を演算する。 | 演算された潮位変化量が、10分以内に0.5mに達した時点で「変化量注意」を、さらに、最大潮位又は最小潮位に達した時点から10分以内に0.5mに達した時点で「変化量警報」を出力する。 | 演算された潮位変化量及び各警報を監視モニタへ送信する。 |



## 潮位変化量の演算に係る設計方針及び試験について

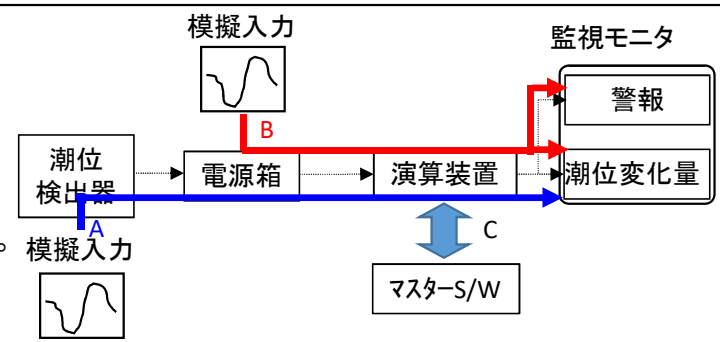
- 潮位変化量の演算について、潮位計へ入力された潮位データが、データ・演算部に保管された後、最大値と最小値の差分を出力する設計としている。この演算プログラムは、一般的なラダー言語を用いており、他のプログラミング言語に比べて単純な構成であり、共通エラーによるバグが入りにくい。
- その上でも、実機供用中は、各種試験によりバグが発生していないことをチャンネル毎に確認し、バージョンアップ等によりバグを排除できる。

### 潮位変化量の演算に係る設計方針



### 潮位変化量に対する試験

- A: 入出力動作確認試験**  
 潮位データを潮位検出器へ模擬入力し、潮位変化量のデータが監視モニタへ正しく出力されることを確認する。
- B: 機能確認試験**  
 津波が襲来したときに想定される潮位変動の値を電源箱へ模擬入力し、想定される潮位変動の値と同じ値が監視モニタに表示されると共に、設定値で接点が動作し、監視モニタで警報が発信することを確認する。
- C: ソフトウェア照合試験**  
 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。







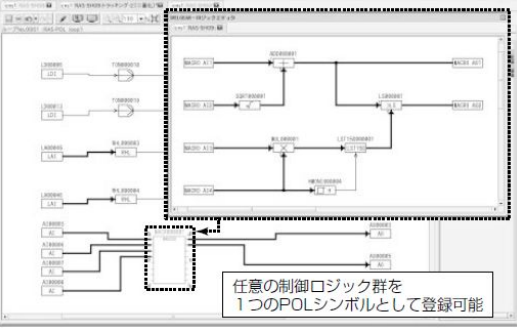
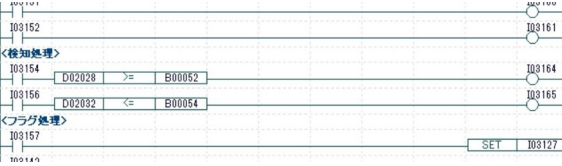
# 原子炉安全保護系と潮位観測システム(防護用)のうち潮位計の演算装置の比較について(1/2)

保護系は複数の検出器及び制御装置との信号の入出力処理やロジック演算処理など多数の機能を有しているのに対し、潮位計は検出器から監視モニタまでワンスルーの比較的単純な構成としている。また、保護系の演算周期は $10^{-2}$ 秒オーダーに対し、潮位計は $10^{-1}$ 秒オーダーであり、保護系並みの極めて精緻な動作要求はない。

|        | 原子炉安全保護系   | 潮位観測システム(防護用)のうち潮位計   |
|--------|--|---|
| システム構成 | <p>外部からのハードワイヤードの信号を入力するアナログ信号入力部、外部へハードワイヤードの信号を出力する接点信号出力部、外部の制御装置と1対1の通信出力あるいは通信入力を行う電気/光変換通信部、外部の制御装置と1対複数の通信入出力を行うネットワーク通信部、及びこれらの部位から入出力される信号の処理やロジック演算処理などを行うCPU、入出力信号のデータなどを一時的に格納するメモリ(RAM)、ロジック演算などの不変のソフトウェアを格納するメモリ(ROM)などを有するマイクロプロセッサ部など多数の機能を有している。</p> | <p>検出器、電源箱、演算装置及び監視モニタのワンスルーで比較的単純な構成としている。演算装置にはPLC(Programmable Logic Controller)を用いており、潮位検出器からの入力信号の状態により、あらかじめ決められた条件(10分0.5mの潮位変化量)に従い、監視モニタに出力することができる。なお、本演算装置に論理回路はなく、潮位変動が生じ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。</p> |
| 演算周期   | 0.03秒  | 0.2秒  |
| 構成図    |  |   |

## 原子炉安全保護系と潮位観測システム(防護用)のうち潮位計の演算装置の比較について(2/2)

- ハードウェア・ソフトウェアともに保護系は多数の構成部品(1チャンネルあたりカード枚数は約□枚、入出力点数は約□点、ロジック回路図は約□枚)であるのに対し、潮位計は少数の構成部品(1チャンネルあたりカード枚数は□枚、入出力点数は□点(実際に使用している点数は□点)、ロジック回路図は約□枚)。
- ライフサイクルプロセスでのソフトウェア管理に加え、実機供用期間中の定期的な試験(演算装置への模擬入力により、演算装置から出力される潮位変化量が計装誤差の許容範囲内であること、各警報の設定値が適切であること)により、ソフトウェアに内在するバグを排除できる。

|          | 原子炉安全保護系  | 潮位観測システム(防護用)のうち潮位計  |
|----------|---|--|
| ハードウェア構成 | <p>入出力信号の処理やロジック演算処理などを行うCPU、入出力信号のデータなどを一時的に格納するメモリ(RAM)、ロジック演算などの不変のソフトウェアを格納するメモリ(ROM)などを有するマイクロプロセッサ部など、複数の制御盤内に多数の入出力カード等を実装している。また、各カードは複数の半導体部品等により構成している。1チャンネルあたりのカード枚数は約□枚、入出力点数は約□点を有する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">制御盤(イメージ)                      内部構成(イメージ)</p> | <p>入出力信号の処理や警報発信処理を行うCPU、入出力モジュールなどにより構成している。1チャンネルあたりのモジュール台数は□台、入出力点数は□点を有する。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;">モジュール(イメージ)                      内部構成(イメージ)</p> |
| ソフトウェア構成 | <p>メーカー独自のPOL(problem-oriented language)を採用している。ロジック回路図は約□枚/チャンネルを有する。</p> <div style="text-align: center;">  <p>POL図(イメージ)</p> </div> <p style="text-align: center;">任意の制御ロジック群を1つのPOLシンボルとして登録可能</p>  | <p>プログラム方式は、ラダー言語を採用している。ラダー言語は、リレー回路と同様な記述ができ、一般的に広く普及している。ラダー図は約□枚/チャンネルを有する。</p> <div style="text-align: center;">  <p>ラダー図(イメージ)</p> </div>   |

## 潮位計の演算装置の点検後の復旧方法について

- 潮位計を点検する場合は、4台の潮位計のうち点検対象となる1台を除外し、点検期間中は3台により潮位を監視する。
- 点検完了後、演算装置を再起動することにより、最初に演算装置に収集した潮位データを、過去10分間の保管データ全てに格納する仕様となっているため、再起動から10分経過後、復旧する。点検による除外・復旧イメージを図1に示す。
- 復旧後、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、10分間が経過した時点で、比較するデータは現時刻を $t(\text{min})$ とした場合、 $t-10(\text{min})$ 前までのデータとなる。潮位変化量の算出方法を図2に示す。

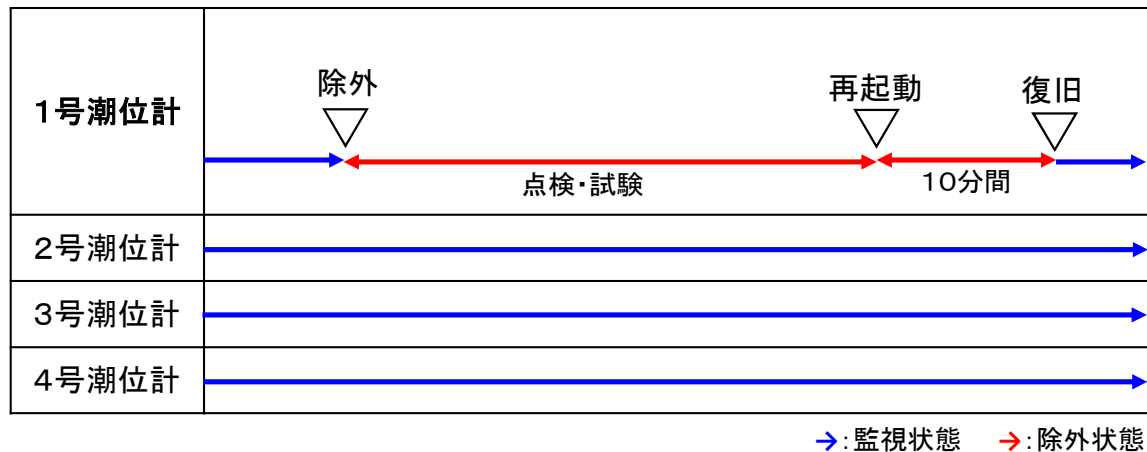


図1 点検による除外・復旧イメージ(1号潮位計の場合)

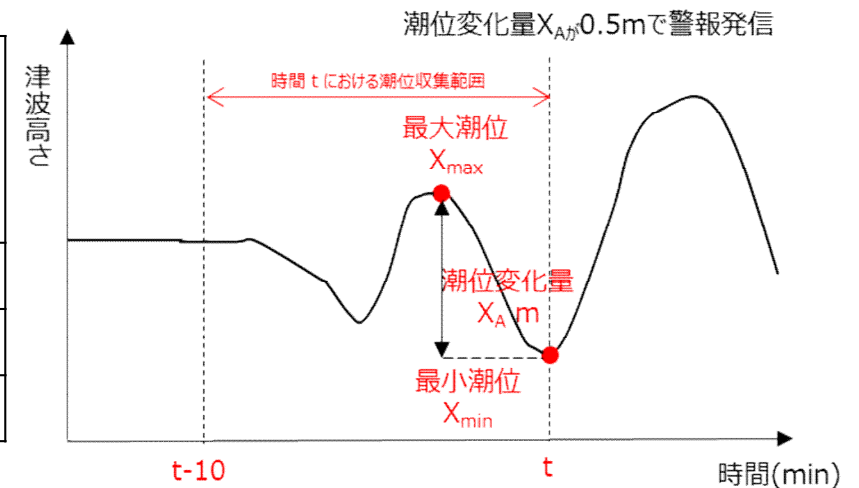


図2 潮位変化量の算出方法

コメント回答資料⑤

・青字: 会合・ヒアリングでのご指摘事項の内、ヒアリングで資料提出し、ご確認いただいているもの  
 ・赤字: 会合・ヒアリングでのご指摘事項の内、資料未提出で今後ご確認頂くもの  
 ・緑字: 会合・ヒアリングでのご指揮事項の内、内容的にはご説明済みで資料構成上、記載内容・記載箇所を適正化するもの

| 主要論点事項                                   | 設工認 本文(要目表・基本設計方針)   | 設工認 添付資料  | 補足説明資料   |
|--|--|---|--|
| 潮位観測システム(防護用)の設計<br>・潮位計<br>・衛星電話(津波防護用) | ○名称、種類、個数<br>【要目表(浸水防護施設)】   | ○要求機能、性能目標及び機能設計<br>【資料2-1-2-5】   | ○仕様詳細【4.1章】<br>○設備構成及び電源構成の詳細【4.2章】<br>○サンプリング周期【潮位計の演算装置に係る説明として4.5章に記載予定】  |
|  | ○設計方針（設置場所、設備構成、潮位観測手段・内容等）<br>【基本設計方針(浸水防護施設)】  |   | ○潮位変化量の演算方法【潮位計の演算装置に係る説明として4.5章に記載予定】<br>○演算装置に関する規格基準類の参照状況と設計方針【潮位計の演算装置に係る説明として4.5章に記載予定】                                  |
|  |  |   | ○演算装置の代表的な故障モードと故障検知に関する整理結果【潮位計の演算装置に係る説明として4.5章に記載予定】  |
|  |  |   | ○演算装置のハードウェアの自己診断に関する設計、ソフトウェアの品質管理の徹底による運用【潮位計の演算装置に係る説明として4.5章に記載予定】   |
|  |  |   | ○監視モニタ画面の警報発信及び表示【潮位計の演算装置に係る説明として4.5章に記載予定】   |
|  |  | ○潮位検出器の型式及び計器固有の誤差の考え方  | -  |
|  |  | ○設計上の考慮事項（多重性、悪影響防止、環境条件、試験・検査性）<br>【資料3】   | ○自然現象に対する影響整理と対策【潮位観測システム（防護用）の自然現象に対する対策に係る説明として4.4章に記載予定】<br>○潮位検出器の使用可能温度【潮位観測システム（防護用）の自然現象に対する対策に係る説明として4.4章に記載予定】        |
|  |  | ○電路の独立性に関する設計方針<br>衛星電話機本体、アンテナの設置位置<br>【資料3の別添として記載予定】   | -  |
|  |  | ○耐震評価の方針、方法、結果<br>【資料5】   | ○電路の耐震性に関する設計方針及び結果【潮位観測システム（防護用）の電線路の耐震性に係る説明として4.3章に記載予定】<br>○加振試験の条件【4.6章】  |
|  |  | ○外部状況把握に関する設計方針<br>【計測制御系統施設の要目表（中央制御室機能）】  | ○外部状況把握に関する設計方針及び詳細設計<br>【資料7】   |
| 潮位観測システム(補助用)の位置づけ                       | ○外部状況把握に関する設計方針<br>【計測制御系統施設の要目表（中央制御室機能）】   | ○外部状況把握に関する基本方針及び詳細設計<br>【資料7】  | ○潮位観測システム(補助用)の位置づけ【4.7章として記載予定】   |
| 入力津波の設定                                  | ○トリガーの設定<br>【基本設計方針(浸水防護施設)】   | ○トリガーの設定方法と設定値<br>【設定方針を資料2-1-2-1に記載予定】   | ○トリガーの設定の詳細検討内容【2.6章として記載予定】<br><br>○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【5.2章として記載予定】<br>○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【5.3章として記載予定】  |
|  | ○施設に最も影響の大きい入力津波の作成方針<br>【基本設計方針(浸水防護施設)】<br>○詳細設計段階で作成する入力津波の作成方針<br>【基本設計方針(浸水防護施設)の記載を修正予定】 | ○施設影響の大きい入力津波の作成方法と結果<br>【資料2-1-2-3】<br>○詳細設計段階で作成する入力津波の作成方法と結果<br>【以下の内容を資料2-1-2-3に記載予定】<br>・波高（水位下降側）と周期の観点を追加<br>・波源パラメータ（崩壊規模、破壊伝播速度）とその組み合わせ<br>・下降側の代表ケース選定の理由 | ○詳細設計段階で作成する入力津波の詳細検討内容【以下の内容を2.7章として記載予定】<br>・上昇側・波高の観定の傾向分析<br>・波源パラメータ（崩壊規模、破壊伝播速度）とその組み合わせの検証検討の内容<br>・下降側・代表ケース選定の考え方     |
|  | ○トリガー妥当性の確認方針<br>【基本設計方針(浸水防護施設)】  | ○トリガー妥当性の確認方法と結果<br>【以下の内容を資料2-1-2-3に記載予定】<br>・下降側の検討を追加  | -  |
| 車両の漂流物による取水性への影響                         | ○車両の漂流物化への対応方針<br>【基本設計方針(浸水防護施設)の記載を修正予定】   | ○車両の退避運用の基本方針と退避運用を踏まえた漂流物影響評価の結果<br>【資料2-1-2-4】  | ○車両退避の実現性【以下の内容を3.1章として記載予定】<br>・退避場所及びルート<br>・過酷な条件での成立性<br>○車両の漂流物化の有無、滑動性の評価【3.1章として記載予定】<br>○車両の退避運用の教育・訓練の方法【3.1章として記載予定】 |
| その他                                      | -  | -   | ○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【5.1章として記載予定】   |
|  | ○ポンプ取水性への設計方針<br>【基本設計方針(浸水防護施設)】  | ○可搬ポンプの取水性性能の確認方法と確認結果<br>【資料2-1-2-4】   | ○可搬ポンプの取水性性能にかかる設定根拠に関する説明書への影響【5.4章として記載予定】<br><br>○大阪発電所における観測潮位の活用検討【5.5章として記載予定】   |