

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	EP-066 改 59
提出年月日	令和 3 年 3 月 19 日

# 島根原子力発電所 2 号炉

## 津波による損傷の防止

令和 3 年 3 月  
中国電力株式会社

## 第5条：津波による損傷の防止

### <目 次>

#### 1. 基本方針

##### 1.1 要求事項の整理

##### 1.2 追加要求事項に対する適合性

###### (1) 位置，構造及び設備

###### (2) 安全設計方針

###### (3) 適合性説明

##### 1.3 気象等

##### 1.4 設備等（手順等含む）

#### 2. 津波による損傷の防止

##### (別添資料1)

##### 島根原子力発電所2号炉 耐津波設計方針について

#### 3. 運用，手順説明

##### (別添資料2)

##### 島根原子力発電所2号炉 運用，手順説明 津波による損傷の防止

#### 4. 現場確認を要するプロセス

##### (別添資料3)

##### 島根原子力発電所2号炉 耐津波設計における現場確認を要するプロセスについて

下線は，今回の提出資料を示す。

## <概要>

1.において、設計基準対象施設の「設置許可基準規則」及び「技術基準規則」の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する島根原子力発電所2号炉における適合性を示す。

2.において、設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。

3.において、追加要求事項に適合するための運用、手順等を抽出し、必要となる対策等を整理する。

4.において、設計にあたって実施する各評価に必要な入力条件等の設定を行うため、設備等の設置状況を現場にて確認した内容について整理する。

## 1. 基本方針

### 1.1 要求事項の整理

津波による損傷の防止について、「設置許可基準規則<sup>※1</sup>第五条」及び「技術基準規則<sup>※2</sup>第六条」において、追加要求事項を明確化する（表1）。

※1 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

※2 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則

表1 「設置許可基準規則第五条」及び「技術基準規則第六条」 要求事項

設置許可基準規則 第五条（津波による損傷の 防止）	技術基準規則 第六条（津波による損傷の 防止）	備考
<p>設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）が基準津波（設置許可基準規則第五条第一項に規定する基準津波をいう。以下同じ。）によりその安全性が損なわれるおそれがないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>追加要求事項</p>

## 1.2 追加要求事項に対する適合性

### (1) 位置、構造及び設備

#### ロ 発電用原子炉施設の一般構造

### (2) 耐津波構造

本発電用原子炉施設は、その供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して、次の方針に基づき耐津波設計を行い、「設置許可基準規則」に適合する構造とする。

#### (i) 設計基準対象施設に対する耐津波設計

設計基準対象施設は、基準津波に対して、以下の方針に基づき耐津波設計を行い、その安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。基準津波の策定位置を第8図に、基準津波の時刻歴波形を第9図に示す。

また、設計基準対象施設のうち、津波から防護する設備を「設計基準対象施設の津波防護対象設備」とする。

#### 【別添資料 1 (1.1)】

a. 設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。なお、設置許可基準規則 別記3の「建屋及び区画」は島根2号炉における「建物及び区画」に該当する。また、取水路、放水路等の経路から流入させない設計とする。具体的な設計内容を以下に示す。

(a) 設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画は、基準津波による遡上波が到達する可能性があるため、津波防護施設を設置し、津波の流入を防止する設計とする。

#### 【別添資料 1 (2.2.1)】

(b) 上記(a)の遡上波については、敷地及び敷地周辺の地形及びその標高、河川等の存在、設備等の配置状況並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する。また、地震による変状又は繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形又は河川流路の変化等が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。

#### 【別添資料 1 (1.3)】

(c) 取水路、放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、必要に応じ津波防護施設及び浸水防止設備の浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止する設計とする。

#### 【別添資料 1 (2.2.2)】

b. 取水・放水施設，地下部等において，漏水する可能性を考慮の上，漏水による浸水範囲を限定して，重要な安全機能への影響を防止する設計とする。具体的な設計内容を以下に示す。

(a) 取水・放水施設の構造上の特徴等を考慮して，取水・放水施設，地下部等における漏水の可能性を検討した上で，漏水が継続することによる浸水範囲を想定（以下「浸水想定範囲」という。）するとともに，同範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，浸水防止設備を設置することにより浸水範囲を限定する設計とする。

【別添資料 1 (2.3(1))】

(b) 浸水想定範囲及びその周辺に設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）がある場合は，防水区画化するとともに，必要に応じて浸水量評価を実施し，安全機能への影響がないことを確認する。

【別添資料 1 (2.3(2))】

(c) 浸水想定範囲における長期間の浸水が想定される場合は，必要に応じ排水設備を設置する。

【別添資料 1 (2.3(3))】

c. 上記 a. 及び b. に規定するもののほか，設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画については，浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離する。そのため，浸水防護重点化範囲を明確化するとともに，津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，それらに対して必要に応じ浸水対策を施す設計とする。

【別添資料 1 (2.4.1)】

d. 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止する。そのため，原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ（以下(2)において「非常用海水ポンプ」という。）については，基準津波による水位の低下に対して，非常用海水ポンプが機能保持でき，かつ，冷却に必要な海水が確保できる設計とする。また，基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して取水口，取水管及び取水槽の通水性が確保でき，かつ，取水口からの砂の混入に対して非常用海水ポンプが機能保持できる設計とする。なお，漂流物については，定期的な調査により人工構造物の設置状況の変化を把握する。

【別添資料 1 (2.5)】

e. 津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波（施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝播特性、流入経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。）に対して津波防護機能及び浸水防止機能が保持できる設計とする。また、津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。

【別添資料1 (4.1~4.3)】

f. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に当たっては、地震による敷地の隆起・沈降、地震（本震及び余震）による影響、津波の繰り返しの襲来による影響、津波による二次的な影響（洗掘、砂移動、漂流物等）及びその他自然現象（風、積雪等）を考慮する。

【別添資料1 (4.1~4.4)】

g. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計並びに非常用海水ポンプの取水性の評価に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位及び潮位のばらつきを考慮して安全側の評価を実施する。なお、その他の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮する。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施する。

【別添資料1 (1.5)】



ヌ その他発電用原子炉の附属施設の構造及び設備

(3) その他の主要な構造

(ii) 浸水防護設備

a. 津波に対する防護設備

設計基準対象施設は、基準津波に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならないこと、また、重大事故等対処施設は、基準津波に対して、重大事故等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ものでなければならないことから、防波壁、防波壁通路防波扉、流路縮小工、屋外排水路逆止弁、防水壁、水密扉、隔離弁、床ドレン逆止弁、貫通部止水処置等により、津波から防護する設計とする。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

個数 1

防波壁（逆T擁壁）

個数 1

防波壁（波返重力擁壁）

個数 1

防波壁通路防波扉

個数 4

流路縮小工

個数 2

屋外排水路逆止弁

個数 14

防水壁

個数 2

水密扉

個数 一式

隔離弁

個数 6

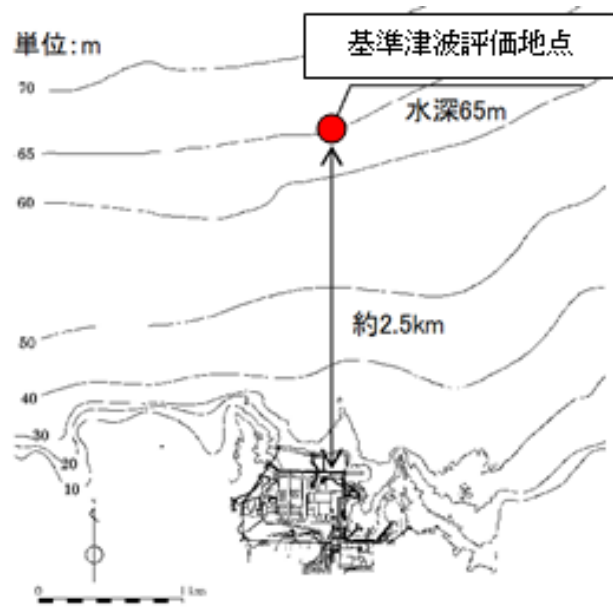
床ドレン逆止弁

個数 一式

貫通部止水処置

個数 一式

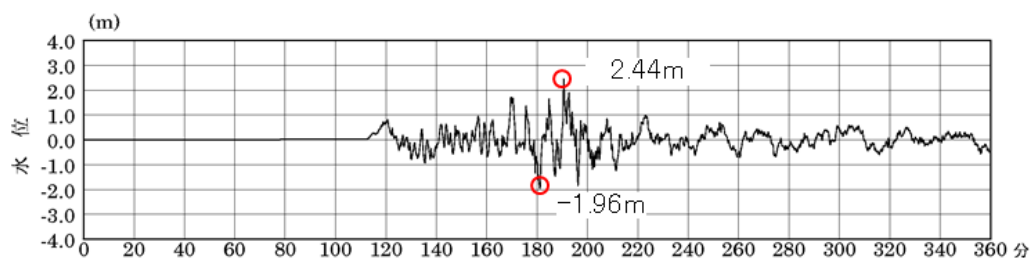
【別添資料1（4.1～4.3）】



第8図 基準津波の策定位置

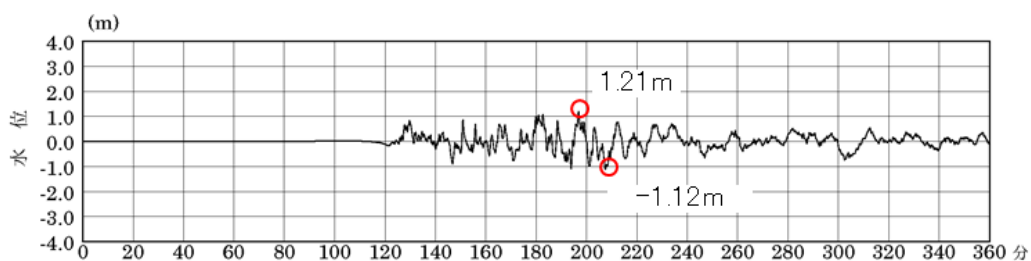
### 【基準津波 1】

鳥取県(2012)が日本海東縁部に想定した地震による津波



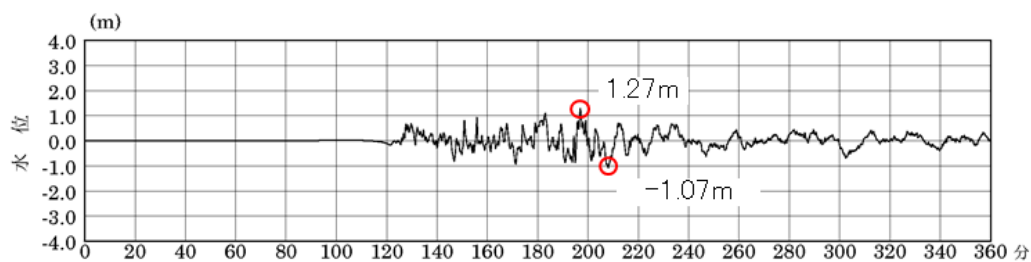
### 【基準津波 2】

日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討による津波



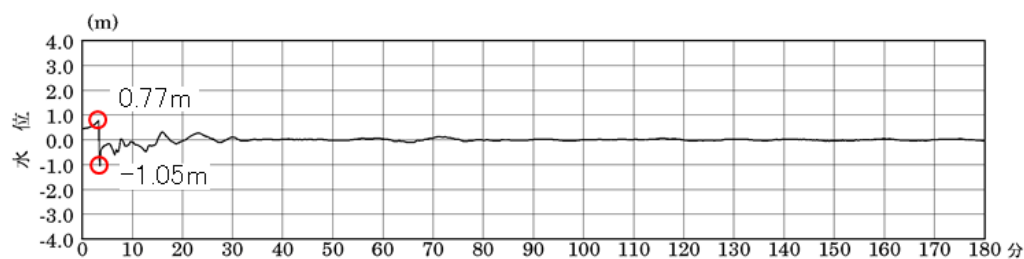
### 【基準津波 3】

日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討による津波



### 【基準津波 4】

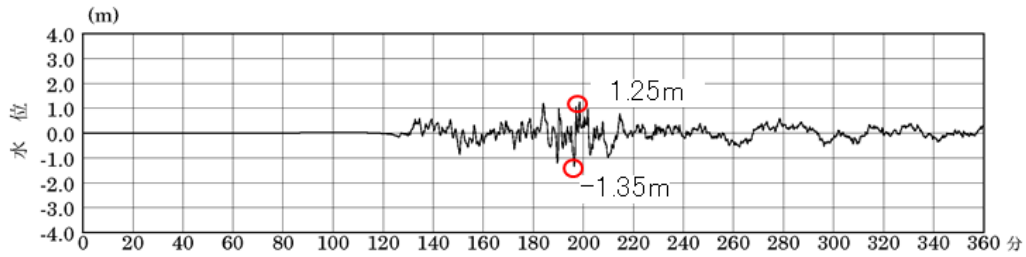
F-III~F-V断層から想定される地震による津波



第9図(1) 基準津波の時刻歴波形

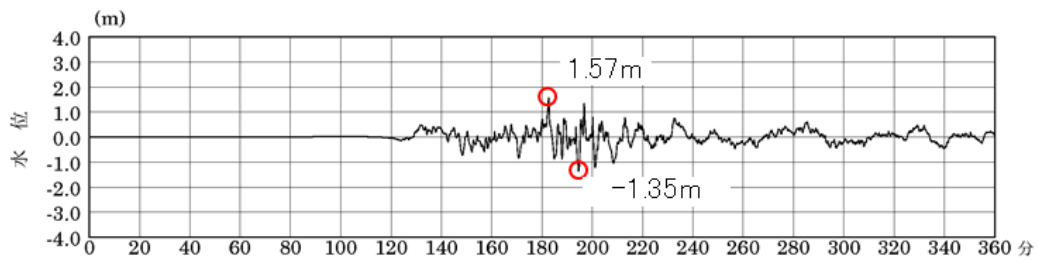
【基準津波 5】

日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討による津波  
(防波堤無し)



【基準津波 6】

日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討による津波  
(防波堤無し)



第9図(2) 基準津波の時刻歴波形

## (2) 安全設計方針

### 1.5 耐津波設計

#### 1.5.1 設計基準対象施設の耐津波設計

##### 1.5.1.1 設計基準対象施設の耐津波設計の基本方針

設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対してその安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

#### (1) 津波防護対象の選定

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）第五条（津波による損傷の防止）」の「設計基準対象施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」との要求は、設計基準対象施設のうち、安全機能を有する設備を津波から防護することを要求していることから、津波から防護を検討する対象となる設備は、設計基準対象施設のうち安全機能を有する設備（クラス1、クラス2及びクラス3設備）である。

また、「設置許可基準規則」の解釈別記3では、津波から防護する設備として、耐震Sクラスに属する設備（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）が要求されている。

以上から、津波から防護を検討する対象となる設備は、クラス1、クラス2及びクラス3設備並びに耐震Sクラスに属する設備（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）とする。このうち、クラス3設備については、安全評価上その機能を期待する設備は、津波に対してその機能を維持できる設計とし、その他の設備は損傷した場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保する等の対応を行う設計とする。

これより、津波から防護する設備は、クラス1及びクラス2設備並びに耐震Sクラスに属する設備（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）

（以下1.5において「設計基準対象施設の津波防護対象設備」という。）とする。

なお、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備は、「設置許可基準規則」の解釈別記3で入力津波に対して機能を十分に保持できることが要求されており、同要求を満足できる設計とする。

#### 【別添資料1(1.1)】

#### (2) 敷地及び敷地周辺における地形、施設の配置等

津波に対する防護の検討に当たって基本事項となる発電所の敷地及び敷地周辺における地形、施設の配置等を把握する。

##### a. 敷地及び敷地周辺における地形、標高並びに河川の存在の把握

島根原子力発電所の敷地は、島根半島の中央部、日本海に面した松江市鹿島町に位置している。

敷地の地形は、輪谷湾を中心とした半円状であり、敷地周辺の地形は、東西及び南側の三方向を標高150m程度の高さの山に囲まれ、北側は日本海に面している。

敷地周辺の河川としては、敷地から南方約2kmに人工河川の佐陀川があり、宍道湖から日本海に注いでいる。

敷地は、主にE L. +8.5m, E L. +15.0m及びE L. +44.0mの高さに分かれている。

#### 【別添資料1(1.2(1))】

##### b. 敷地における施設の位置、形状等の把握

設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画として、E L. +15.0mの敷地に原子炉建物、廃棄物処理建物及び制御室建物を設置し、E L. +8.5mの敷地にタービン建物を設置する。屋外設備としては、E L. +15.0mの敷地にB-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）を設置し、E L. +8.5mの敷地にA-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）及び排気筒を、E L. +8.5mの敷地地下の取水槽床面E L. +1.1mに原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ（以下1.5において「非常用海水ポンプ」という。）を設置する。また、非常用取水設備として、取水口及び取水管、E L. +8.5mの敷地に取水槽を設置する。

津波防護施設として、日本海及び輪谷湾に面した敷地面に天端高さE L. +15.0mの防波壁を設置する。また、防波壁通路に天端高さE L. +15.0mの防波壁通路防波扉を設置し、1号炉取水槽の取水管端部（取水管中心：E L. -4.9m）に流路縮小工を設置する。

浸水防止設備として、屋外排水路（E L. +2.3m～E L. +7.3m）に屋外排水路逆止弁、取水槽（E L. +1.1m～E L. +8.8m）に防水壁、水密扉及び床ドレン逆止弁を設置する。また、タービン建物（復水器を設置するエリア）とタービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）の境界に防水壁、水密扉及び床ドレン逆止弁を設置する。地震時に損傷した場合に津波が流入する可能性がある経路に対して、隔離弁を設置するとともに、バウンダリ機能を保持するポンプ及び配管を設置する。取水槽、屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の貫通部に対して止水処置を実施する。

津波監視設備として、取水槽の高さE L. -9.3mに取水槽水位計を設置し、2号炉排気筒のE L. +64.0m、3号炉北側の防波壁上部（東側・西側）E L. +15.0mの位置に津波監視カメラを設置する。

敷地内の遡上域の建物・構築物等としては、防波壁外側のE L. +6.0mの荷揚場に荷揚場詰所、デリッククレーン、キャスク取扱収納庫等がある。なお、E L. +8.5m盤に建物・構築物等はない。

## 【別添資料 1 (1.2(2))】

### c. 敷地周辺の人工構造物の位置、形状等の把握

港湾施設としては、発電所構内に防波堤を設置しており、その内側には荷揚場を設けている。

発電所構外には、西方1 km程度に片匂（かたく）漁港、発電所西方2 km程度に手結（たゆ）漁港、南西2 km程度に恵曇（えとも）漁港、東方3 km及び4 km程度に御津（みつ）漁港及び大芦（おわし）漁港があり、各漁港には防波堤が設置されている。漁港には船舶・漁船が約200隻あり、発電所周辺では、イカ釣り漁、かご漁、サザエ網・カナギ漁等が営まれている。また、発電所から2 km程度離れた位置に海上設置物である定置網の設置海域がある。

敷地周辺の状況としては、民家、工場等があり、敷地前面海域における通過船舶としては、海上保安庁の巡視船がパトロールしている。他には発電所から約6 km離れた潜戸（くけど）に小型の船舶による観光遊覧船の航路がある。

## 【別添資料 1 (1.2(3))】

### (3) 入力津波の設定

入力津波を基準津波の波源から各施設・設備の設置位置において算定される時刻歴波形として設定する。基準津波による各施設・設備の設置位置における入力津波の時刻歴波形を第1.5-1図から第1.5-4図に、入力津波高さを第1.5-1表に示す。日本海東縁部に想定される地震による津波及び海域活断層から想定される地震による津波の特性は以下のとおりである。

日本海東縁部に想定される地震による津波は、波源が敷地から600km以上離れており、敷地において最大水位となる時間は地震発生から190分程度であるが、水位変動量は大きい。また、波源の活動に伴う余震及び地殻変動が敷地に与える影響は小さい。

海域活断層から想定される地震による津波は、波源が敷地近傍であり、敷地において最大水位となる時間は地震発生から5分程度であるが、水位変動量は日本海東縁部に想定される地震による津波に比べて小さい。また、波源の活動に伴う余震及び地殻変動については、敷地への影響を考慮する。

なお、設計において、津波が到達する施設については、津波荷重と余震荷重の重畳の可否を検討する必要があるが、海域活断層を波源とする水位上昇側の基準津波が策定されていないことから、海域活断層上昇側最大ケースの津波についても、入力津波の検討対象とする。

入力津波の設定に当たっては、津波の高さ、速度及び衝撃力に着目し、各施設・設備において算定された数値を安全側に評価した値を入力津波高さや速度として設定することで、各施設・設備の構造・機能の損傷に影響する浸水高及び波力・波圧について安全側に評価する。

#### a. 水位変動

入力津波の設定に当たっては、潮位変動として、上昇側の水位変動に対しては朔望平均満潮位 E L. +0.58m 及び潮位のばらつき 0.14m を考慮し、下降側の水位変動に対しては朔望平均干潮位 E L. -0.02m 及び潮位のばらつき 0.17m を考慮する。朔望平均潮位及び潮位のばらつきは発電所構内（輪谷湾）における潮位観測記録に基づき評価する。

潮汐以外の要因による潮位変動については、発電所構内（輪谷湾）における約 15 年（1995 年～2009 年）の潮位観測記録に基づき、高潮発生状況（発生確率、台風等の高潮要因）を確認する。

なお、発電所最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（発電所の敷地東方約 23km）は、発電所と同様に日本海に面して潮位計を設置している。当該地点における潮位観測記録は発電所構内（輪谷湾）における潮位観測記録と大きな差はない。

高潮要因の発生履歴及びその状況を考慮して、高潮の発生可能性とその程度（ハザード）について検討する。基準津波による基準津波策定位置における水位の年超過確率は  $10^{-4}$  から  $10^{-5}$  程度であり、独立事象として津波と高潮が重畳する可能性は極めて低いと考えられるものの、高潮ハザードについては、プラント運転期間を超える再現期間 100 年に対する期待値 E L. +1.36m と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位 E L. +0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m を外郭防護の裕度評価において参照する。

#### b. 地殻変動

地震による地殻変動についても安全側の評価を実施するために、津波波源となる地震による地殻変動を考慮するとともに、津波が起きる前に基準地震動  $S_s$  の震源となる敷地周辺の活断層から想定される地震が発生した場合を想定した地殻変動を考慮する。

敷地地盤の地殻変動量は、Mansinha and Smylie (1971) の方法により算定する。

津波波源となる地震による地殻変動としては、海域活断層及び日本海東縁部の津波波源を想定する。海域活断層による地殻変動量は、0.34m の隆起である。日本海東縁部に想定される地震による津波については、起因となる波源が敷地から十分に離れており、敷地への地震による地殻変動の影響は十分に小さいため、地殻変動量を考慮しない。また、基準地震動  $S_s$  の震源による地殻変動としては、宍道断層及び海域活断層を想定する。宍道断層による地殻変動量は、0.02m 以下の沈降であり、敷地への影響が十分小さいことから考慮しない。海域活断層による地殻変動量は、0.34m の隆起である。なお、津波発生前に基準地震動  $S_s$  の震源による地殻変動が発生する場合の検討においては、同一震源による繰り返しの地殻変動は考慮しない。

以上のことから、下降側の水位変動に対して安全機能への影響を評価する際には、0.34m の隆起を考慮する。

なお、島根原子力発電所の敷地は日本海側に位置していること、及び 2011 年東北地方太平洋沖地震による影響がないことからプレート間地震の影響はない。ま



た、広域的な余効変動については、基準地震動  $S_s$  の評価における検討用地震の震源において最近地震は発生していないことから、広域的な余効変動は生じておらず、津波に対する安全性評価に影響を及ぼすことはない。

#### c. 敷地への遡上に伴う入力津波

基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域の評価（以下1.5では「数値シミュレーション」という。）に当たっては、数値シミュレーションに影響を及ぼす斜面や道路等の地形とその標高及び伝播経路上の人工構造物の設置状況を考慮し、遡上域の格子サイズ（最小6.25m）に合わせた形状にモデル化する。

敷地沿岸域及び海底地形は、海域では一般財団法人 日本水路協会（2008～2011）、深浅測量等による地形データを使用し、陸域では、国土地理院（2014）等による地形データを使用する。また、取水路・放水路等の諸元及び敷地標高については、発電所の竣工図等を使用する。

伝播経路上の人工構造物については、図面を基に数値シミュレーション上影響を及ぼす構造物を考慮し、遡上・伝播経路の状態に応じた解析モデル、解析条件が適切に設定された遡上域のモデルを作成する。

敷地周辺の遡上・浸水域の把握に当たっては、敷地前面・側面及び敷地周辺の津波の侵入角度及び速度並びにそれらの経時変化を把握する。敷地周辺の浸水域の寄せ波・引き波の津波の遡上・流下方向及びそれらの速度について留意し、敷地の地形、標高の局所的な変化等による遡上波の敷地への回り込みを考慮する。

数値シミュレーションに当たっては、遡上及び流下経路上の地盤並びにその周辺の地盤について、地震に伴う液状化、流動化又は滑りによる標高変化を考慮した数値シミュレーションを実施し、遡上波の敷地への到達（回り込みによるものを含む。）の可能性について確認する。

防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）は双方とも地山斜面（岩盤）に擦り付き、これらの地山が津波の敷地への地上部からの到達に対して障壁となっている。このため、津波防護上の障壁となっている地山及び防波壁と地山斜面との接続箇所については、地震時及び津波時の健全性について耐震重要施設及び重大事故等対処施設の周辺斜面と同等の信頼性を有する評価を実施し、津波防護機能を保持する構造とする。

また、敷地周辺を流れる河川として、敷地から南方約2 kmの位置に佐陀川が存在するが、発電所とは標高150m程度の山地で隔てられている。この状況から、敷地への遡上波に影響することはない。

遡上波の敷地への到達の可能性に係る検討に当たっては、基準地震動  $S_s$  に伴い地形変化及び標高変化が生じる可能性を踏まえ、入力津波高さへの影響を確認するため、数値シミュレーションの条件として沈下無しの条件に加えて、埋戻土及び砂礫層に対して揺すり込み及び液状化に伴い地盤を沈下させた条件についても考慮する。また、防波壁両端部以外の敷地周辺斜面の崩壊による入力津波高さ

への影響を確認するため、数値シミュレーションの条件として斜面崩壊なしの条件に加えて、敷地周辺の地滑り地形が判読されている地山の斜面について斜面崩壊させた条件についても考慮する。さらに、発電所の防波堤については、基準地震動 $S_s$ による損傷の可能性があることから、数値シミュレーションの条件として防波堤有りの条件に加えて、防波堤がない条件についても考慮する。これらの条件を考慮した数値シミュレーションを実施し、遡上域や津波水位を保守的に想定する。

初期潮位は、E L.  $\pm 0.0\text{m}$ とする。朔望平均満潮位（E L.  $+0.58\text{m}$ ）及び潮位のばらつき（ $0.14\text{m}$ ）は、数値シミュレーションによる津波水位に加えることで考慮する。

数値シミュレーション結果を第1.5-5 図に示す。施設護岸及び防波壁で最大を示した基準津波1（斜面崩壊なし、地盤変状なし、防波堤なしの条件）の最高水位分布では、潮位及び潮位のばらつきを考慮して、最高水位は、敷地高さE L.  $+8.5\text{m}$ に対して施設護岸及び防波壁でE L.  $+11.9\text{m}$ となっている。一方、海域活断層上昇側最大ケース（斜面崩壊なし、地盤変状なし、防波堤ありの条件）の最高水位分布では、潮位及び潮位のばらつきを考慮して、最高水位は、敷地高さE L.  $+8.5\text{m}$ に対して施設護岸及び防波壁でE L.  $+4.2\text{m}$ となっている。したがって、防波壁等の津波防護施設がない場合は、基準津波1により敷地の一部が遡上域となる。このため、津波防護施設である防波壁を設置し、設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画の設置された敷地に地上部から津波が到達、流入しない設計とする。

津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起について確認するため、湾口、湾中央、湾奥西、湾奥東及び2号炉取水口の時刻歴波形を比較した。その結果、湾口から湾奥に向かう津波の伝搬先で水位のピーク値が大きくなり、一部地点（湾奥東）においては、上昇側のみピーク値の増加が顕著に認められる。これらは、湾口から湾奥に向かう津波の伝搬先の水深が浅くなることによる水位の増幅、海面の固有振動による励起及び隅角部における反射の影響であり、これらの影響は津波の数値シミュレーションにおいて適切に再現されている。また、津波監視設備が設置されている取水槽内の水位変動は、取水口位置の水位変動を初期条件とした管路計算により算定していることから、励起の影響が考慮されている。

なお、湾奥東の地点のように、ピーク値の増加が顕著に認められる地点があり、海面の固有振動による励起の可能性が否定できないことから、入力津波の設定に当たっては、保守的な評価となるよう当該地点における最大の水位を一律に評価地点（施設護岸又は防波壁）の入力津波高さとして設定している。

発電所敷地について、その標高の分布と津波の遡上高さの分布を比較すると、防波壁等の津波防護施設がない場合は、遡上波が敷地に地上部から到達、流入する可能性がある。津波防護の設計に使用する入力津波は、敷地及びその周辺の遡上域、遡上経路の不確かさ及び施設の広がり等を考慮して設定するものとする。設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物

及び区画の設置された敷地への地上部からの到達及び流入の防止に係る設計又は評価に用いる入力津波高さは、施設護岸及び防波壁でE L. +11.9mとする。

なお、設計又は評価の対象となる施設等が設置される敷地は、日本海及び輪谷湾に面して、堅固な地盤上にE L. +15.0mの防波壁を設置しており、地震による沈下は想定されず、津波が敷地へ到達する可能性はない。一方、防波壁前面に存在する埋戻土は地震時に沈下する可能性があるため、防波壁前面（荷揚場）の地震による沈下を想定した数値シミュレーションを実施した。その結果、入力津波高さに影響がないことを確認したことから、防波壁前面（荷揚場）の地震による沈下を考慮しない。

#### d. 取水路・放水路等の経路からの流入に伴う入力津波

取水路・放水路等からの流入に伴う入力津波は、流入口となる港湾内における津波高さについては、上記a. 及びb. に示した事項を考慮し、上記c. に示した数値シミュレーションにより安全側の値を設定する。また、取水路及び放水路内における津波高さについては、各水路の特性を考慮した水位を適切に評価するため、開水路及び管路において非定常管路流の連続式及び運動方程式を使用し、上記の港湾内における津波高さの時刻歴波形を入力条件として管路解析を実施することにより算定する。その際、取水口から取水槽に至る系並びに放水口から放水槽に至る系をモデル化し、管路の形状、材質及び表面の状況に応じた損失を考慮するとともに、貝付着の有無及びポンプの稼働有無を不確かさとして考慮した計算条件とし、安全側の値を設定する。

なお、非常用海水ポンプの取水性を確保するため、発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合、循環水ポンプを停止する運用を定める。このため、日本海東縁部に想定される地震による津波の取水路の入力津波高さの設定に当たっては、水位の評価は循環水ポンプの停止を前提として実施する。

また、1号炉取水槽に流路縮小工を設置することから、1号炉循環水ポンプの停止を前提とする。

【別添資料1 (1.4~1.6)】

#### 1.5.1.2 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

津波防護の基本方針は、以下の(1)から(5)のとおりである。

- (1) 設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。下記(3)において同じ。）を内包する建物及び区画の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、取水路・放水路等の経路から流入させない設計とする。

【別添資料1 (2.2)】

- (2) 取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。

【別添資料 1 (2.3)】

- (3) 上記 2 方針のほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物及び区画については、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離可能な設計とする。

【別添資料 1 (2.4)】

- (4) 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。

【別添資料 1 (2.5)】

- (5) 津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。

【別添資料 1 (2.6)】

敷地の特性に応じた津波防護としては、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とするため、数値シミュレーションに基づき、外郭防護として防波壁及び防波壁通路防波扉を設置する。

また、取水路、放水路等の経路から津波を流入させない設計とするため、外郭防護として、1号炉取水槽に流路縮小工、屋外排水路に屋外排水路逆止弁、2号炉取水槽に防水壁、水密扉及び床ドレン逆止弁を設置する。また、取水槽及び屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の貫通部に対して止水処置を実施する。

設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画については、津波による影響等から隔離可能な設計とするため、内郭防護として、タービン建物（復水器を設置するエリア）と浸水防護重点化範囲との境界に防水壁、水密扉及び床ドレン逆止弁を設置し、貫通部止水処置を実施する。また、地震により損傷した場合に浸水防護重点化範囲へ津波が流入する可能性がある経路に対して、隔離弁を設置するとともに、バウンダリ機能を保持するポンプ及び配管を設置する。

地震発生後、津波が発生した場合に、その影響を俯瞰的に把握するため、津波監視設備として、取水槽に取水槽水位計を、2号炉排気筒及び3号炉北側の防波壁上部（東側・西側）に津波監視カメラを設置する。

津波防護対策の設備分類と設置目的を第1.5-2表に示す。また、敷地の特性に応じた津波防護の概要を第1.5-6図に示す。

【別添資料 1 (2.1)】

1.5.1.3 敷地への浸水防止（外郭防護 1）

- (1) 遡上波の地上部からの到達、流入の防止

設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する原子炉建物、制御室建物及び廃棄物処理建物はE L. +15.0mの敷地に設置している。また、タービン建物はE L. +8.5mの敷地に設置している。

屋外には、E L. +15.0mの敷地にB-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）を設置するエリア及び屋外配管ダクト（ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）を設置しており、E L. +8.5mの敷地にA-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）を設置するエリア、排気筒を設置するエリア及び屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒、タービン建物～放水槽）を設置している。また、E L. +8.5mの敷地地下の取水槽に非常用海水ポンプを設置している。

このため、高潮ハザードの再現期間100年に対する期待値を踏まえた潮位を考慮した上で、施設護岸又は防波壁における入力津波高さE L. +11.9mに対して、天端高さE L. +15.0mの防波壁及び防波壁通路防波扉を設置することにより、津波が到達、流入しない設計とする。

また、遡上波の地上部からの到達、流入の防止として、地山斜面を活用する。地山斜面は、防波壁の高さE L. +15.0m以上の安定した岩盤とし、地震時及び津波時においても津波防護機能を十分に保持する構造とする。

【別添資料1(2.2.1)】

## (2) 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止

敷地へ津波が流入する可能性のある経路としては、取水路、放水路及び屋外排水路が挙げられる。これらの経路を第1.5-3表、取水路及び放水路の縦断図を第1.5-7図に示す。

特定した流入経路から、津波が流入する可能性について検討を行い、取水路、放水路等の経路からの流入に伴う入力津波高さ及び高潮ハザードの再現期間100年に対する期待値を踏まえた潮位に対しても、十分に余裕のある設計とする。

特定した流入経路から、津波が流入することを防止するため、津波防護施設として、1号炉取水槽に流路縮小工を設置する。また、浸水防止設備として、屋外排水路に屋外排水路逆止弁、2号炉取水路の取水槽除じん機エリア天端開口部に防水壁及び水密扉を、2号炉取水槽床面開口部に床ドレン逆止弁を設置し、2号炉取水槽除じん機エリアと取水槽C/Cケーブルダクト及び2号炉取水槽除じん機エリアと2号炉取水槽海水ポンプエリア並びに2号炉放水槽と屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との貫通部に対して止水処置を実施する。また、2号炉の取水路及び放水路に接続する配管については、内包する流体に対するバウンダリが形成されており、津波の流入経路とならない。なお、1号炉及び3号炉の取水路及び放水路の天端開口高さは、入力津波高さ以上であり、津波の流入経路とならない。

これらの浸水対策の概要について、第1.5-8図～第1.5-10図に示す。

また、浸水対策の実施により、特定した流入経路からの津波の流入防止が可能

であることを確認した結果を第1.5-4表に示す。

上記のほか、1号炉放水連絡通路については、コンクリート及び埋戻土により埋め戻しを行うため、津波の流入経路とならない。

なお、2号炉放水路の循環水系配管の貫通部は、コンクリート巻立てによる密着構造となっていることから津波が流入することはない。

#### 【別添資料1 (2.2.2)】

#### 1.5.1.4 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）

##### (1) 漏水対策

取水・放水施設、地下部等における漏水の可能性を検討した結果、取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアには、床ドレン逆止弁を設置しており、入力津波高さが逆止弁を設置している床面の高さを上回り、当該部で漏水が継続する可能性がある。

取水槽海水ポンプエリアには重要な安全機能を有する非常用海水ポンプが設置されていることから、取水槽海水ポンプエリアを漏水が継続することによる浸水の範囲（以下1.4において「浸水想定範囲」という。）として想定する。

また、取水槽循環水ポンプエリアには重要な安全機能を有する非常用海水系の配管等が設置されていることから、浸水想定範囲として想定する。

取水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリア床面における漏水の可能性を検討した結果、床面における開口部等として挙げられる海水ポンプのグランド部及び雨水排水口について、グランド部に対しては、パッキンやボルトによるシール等の設計上の配慮を、雨水排水口については、床ドレン逆止弁を設置する設計上の配慮を施しており、漏水による浸水経路とならない。

なお、各海水ポンプのグランドドレンはグランドドレン配管を取水槽循環水ポンプエリア及び取水槽海水ポンプエリア内に開放し、床ドレン逆止弁を経由した排水とすることから、漏水による浸水経路とならない。

以上より、設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画への漏水による浸水の可能性はない。

#### 【別添資料1 (2.3(1))】

##### (2) 安全機能への影響確認

取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアには、重要な安全機能を有する屋外設備である非常用海水ポンプ及び非常用海水系の配管等が設置されているため、取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアを防水区画化する。なお、取水槽循環水ポンプエリア内に浸水により機能喪失する設備が無いことを確認した。

上記(1)より、設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除

く。)を内包する建物及び区画への漏水による浸水の可能性はないが、取水槽床ドレン逆止弁に津波が到達した場合に、漏水が発生することを考慮し、各浸水想定範囲における浸水を仮定する。その上で、重要な安全機能を有する非常用海水ポンプについて、漏水による取水槽海水ポンプエリアにおける浸水量を評価し、安全機能への影響がないことを確認する。浸水想定範囲ごとに防水区画化するエリアを整理した一覧を第1.5-5表に、浸水想定範囲を第1.5-11図に防水区画化の範囲を第1.5-12図に示す。

また、取水槽循環水ポンプエリアに隣接する取水槽海水ポンプエリアへの浸水の影響を評価し、安全機能への影響がないことを確認する。

【別添資料1 (2.3(2))】

### (3) 排水設備設置の検討

上記(2)において浸水想定範囲のうち重要な安全機能を有する非常用海水ポンプが設置されている取水槽海水ポンプエリアで長期間浸水することが想定される場合は、排水設備を設置する。

【別添資料1 (2.3(3))】

## 1.5.1.5 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物及び区画の隔離(内郭防護)

### (1) 浸水防護重点化範囲の設定

浸水防護重点化範囲として、原子炉建物、タービン建物(耐震Sクラスの設備を設置するエリア)、廃棄物処理建物(耐震Sクラスの設備を設置するエリア)、制御室建物(耐震Sクラスの設備を設置するエリア)、取水槽海水ポンプエリア、取水槽循環水ポンプエリア、屋外配管ダクト(ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物、タービン建物～排気筒及びタービン建物～放水槽)、A-非常用ディーゼル発電機(燃料移送系)、B-非常用ディーゼル発電機(燃料移送系)、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機(燃料移送系)及び排気筒を設置するエリアを設定する。

【別添資料1 (2.4.1)】

### (2) 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量については、地震による溢水の影響も含めて確認を行い、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口を特定し、浸水対策を実施する。

具体的には、タービン建物(復水器を設置するエリア)において発生する地震による循環水系配管等の損傷箇所からの津波の流入等が、浸水防護重点化範囲(タービン建物(耐震Sクラスの設備を設置するエリア)、原子炉建物、取水槽

循環水ポンプエリア)へ影響することを防止するため、浸水防護重点化範囲の境界に防水壁、水密扉及び床ドレン逆止弁を設置し、貫通部止水処置を実施する。また、地震時に損傷した場合に浸水防護重点化範囲へ津波が流入する可能性がある経路に対して、隔離弁を設置するとともに、バウンダリ機能を保持するポンプ及び配管を設置する。

なお、溢水の拡大防止対策として設置するインターロック（循環水ポンプの停止、循環水ポンプ出口弁の閉止及び復水器水室出入口弁の閉止）についても、影響評価において考慮する。

実施に当たっては、以下 a. から f. の影響を考慮する。

- a. 地震に起因するタービン建物（復水器を設置するエリア）に敷設する循環水系配管の伸縮継手を含む低耐震クラス機器及び配管の損傷により、保有水が溢水するとともに、津波が取水槽及び放水槽から循環水系配管等に流れ込み、循環水系配管等の損傷箇所を介して、タービン建物（復水器を設置するエリア）に流入することが考えられる。

このため、タービン建物（復水器を設置するエリア）内に流入した海水によるタービン建物（復水器を設置するエリア）に隣接する浸水防護重点化範囲（タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）、原子炉建物及び取水槽循環水ポンプエリア）への影響を評価する。

- b. 地震に起因するタービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）に敷設するタービン補機海水系配管を含む低耐震クラスの機器及び配管の損傷により、保有水が溢水するとともに、津波が取水槽及び放水槽からタービン補機海水系配管等の損傷箇所を介して、タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）に流入することが考えられる。

このため、タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）に流入した海水による浸水防護重点化範囲（タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）、原子炉建物及び取水槽循環水ポンプエリア）への影響を評価する。

- c. 地震に起因する取水槽循環水ポンプエリアの循環水系配管の伸縮継手を含む低耐震クラス機器及び配管の損傷により、保有水が溢水するとともに、津波が取水槽から循環水系配管等に流れ込み、循環水系配管等の損傷箇所を介して、取水槽循環水ポンプエリアに流入することが考えられる。

このため、取水槽循環水ポンプエリア内に流入した海水による浸水防護重点化範囲（取水槽循環水ポンプエリア、取水槽海水ポンプエリア及びタービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア））への影響を評価する。

- d. 地震に起因する取水槽海水ポンプエリアに敷設するタービン補機海水系配管



等を含む低耐震クラスの機器及び配管の損傷により、保有水が溢水するとともに、津波が取水槽海水ポンプエリアに流入することが考えられる。

このため、取水槽海水ポンプエリア内に流入した海水による浸水防護重点化範囲（取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリア）への影響を評価する。

e. 地下水については、地震時の地下水の流入が浸水防護重点化範囲へ与える影響について評価する。

f. 地震に起因する屋外タンク等の損傷による溢水が、浸水防護重点化範囲へ与える影響について評価する。

#### 【別添資料 1 (2.4.2)】

(3) 上記(2) a. から f. の浸水範囲及び浸水量については、以下のとおり安全側の想定を実施する。

a. タービン建物（復水器を設置するエリア）における機器・配管の損傷による津波、溢水等の事象想定

タービン建物（復水器を設置するエリア）における浸水については、循環水系配管伸縮継手の全円周状の破損を含む低耐震クラス機器及び配管の損傷を想定する。このため、インターロック（地震大による原子炉スクラム及びタービン建物の漏えい信号で作動）により循環水ポンプが停止し、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁が閉止するまでの間に生じる溢水量並びにタービン補機海水系を含む低耐震クラス機器及び配管の損傷による保有水の溢水量を合算した水量が、同エリアに滞留するものとして浸水水位を算出する。

なお、循環水系及びタービン補機海水系に設置するインターロックによって、津波の襲来前に循環水ポンプ出口弁、復水器水室出口弁及びタービン補機海水ポンプ出口弁を閉止することにより、津波の流入を防止できるため、津波の流入は考慮しない。

b. タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）における機器・配管の損傷による津波、溢水等の事象想定

タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）の低耐震クラスであるタービン補機海水系配管等の損傷により、津波が損傷箇所を介してタービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）に流入することを防止するため、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して配管のバウンダリ機能を保持する。また、タービン補機海水系配管（放水配管）及び液体廃棄物処理系配管に隔離弁（逆止弁）を設置することにより、津波の流入は考慮しない。

c. 取水槽循環水ポンプエリアにおける機器・配管の損傷による津波、溢水等の事象想定

取水槽循環水ポンプエリアの低耐震クラスである循環水系配管伸縮継手の全円周状の破損を含む低耐震クラスの機器及び配管の損傷により、津波が損傷箇所を介して取水槽循環水ポンプエリアに流入することを防止するため、基準地震動  $S_s$  による地震力に対してポンプ及び配管のバウンダリ機能を保持する。また、タービン補機海水ポンプ出口弁にインターロックによる弁閉止対策を実施する（電動弁）ことにより、津波の流入は考慮しない。

d. 取水槽海水ポンプエリアにおける機器・配管の損傷による津波、溢水等の事象想定

取水槽海水ポンプエリアの低耐震クラスであるタービン補機海水系配管等の損傷により、津波が損傷箇所を介して取水槽海水ポンプエリアに流入することを防止するため、基準地震動  $S_s$  による地震力に対してポンプ及び配管のバウンダリ機能を保持することから津波の流入は考慮しない。

e. 機器・配管の損傷による津波流入量の考慮

上記 a. における循環水系配管の損傷については、津波が襲来する前に循環水ポンプを停止し、循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出口弁を閉止するインターロックを設け、津波を流入させない設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。

また、タービン補機海水系配管の損傷については、津波が襲来する前にタービン補機海水ポンプ出口弁を閉止するインターロックを設け、津波を流入させない設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。

上記 b. におけるタービン補機海水系配管（放水配管）及び液体廃棄物処理系配管については、隔離弁（逆止弁）を設置し、隔離弁（逆止弁）から放水槽までの範囲は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対してバウンダリ機能を保持し、津波を流入させない設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。

また、原子炉補機海水系配管（放水配管）、高圧炉心スプレイ補機海水系配管（放水配管）については、基準地震動  $S_s$  による地震力に対してバウンダリ機能を保持し、津波を流入させない設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。

上記 c. における取水槽循環水ポンプエリアの循環水系配管（伸縮継手部含む）は基準地震動  $S_s$  による地震力に対してバウンダリ機能を保持し、津波を流入させない設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。また、タービン補機海水系配管の損傷については、津波が襲来する前にタービン補機海水ポンプ出口弁を閉止するインターロックを設け、津波を流入させない設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。

上記 d. における取水槽海水ポンプエリアのタービン補機海水系及び除じん系のポンプ及び配管は基準地震動  $S_s$  による地震力に対してバウンダリ機能を保持し、津波を流入させない設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。バウンダリ機能を保持する機器、配管及び隔離弁（電動弁、逆止弁）の設置箇所の概要を第 1.5-13 図に示す。

f. 機器・配管等の損傷による内部溢水の考慮

上記 a., b., c. 及び d. における機器・配管等の損傷による浸水範囲、浸水量については、内部溢水等の事象想定も考慮して算定する。

g. 地下水の流入量の考慮

地下水の流入については、別途実施する「1.7 溢水防護に関する基本方針」の影響評価において、地震時の地下水排水ポンプの停止により建物周囲の水位が地表面まで上昇することを想定し、建物外周部における貫通部止水処置等を実施して建物内への流入を防止する設計としている。このため、地下水による浸水防護重点化範囲への有意な影響はない。なお、地下水位低下設備については、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性を確保する設計とする。

地震による建物の地下階外壁の貫通部等からの流入については、浸水防護重点化範囲の評価に当たって、地下水の影響を安全側に考慮する。

h. 屋外タンク等の損傷による溢水等の事象想定

屋外タンクの損傷による溢水については、別途実施する「1.7 溢水防護に関する基本方針」の影響評価における、地震時の屋外タンクの溢水により建物周囲が浸水することを想定した場合に対し、原子炉建物、廃棄物処理建物及び B-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）を設置するエリアの各扉付近の開口部の下端高さが高い位置にあること、A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）及び排気筒を設置するエリアについては、防水壁及び水密扉を設置することにより、屋外の溢水による浸水防護重点化範囲への影響はない。

なお、タービン建物については、外壁にある扉付近の水位が扉の設置位置を超えるが、開口部下端高さを超える水位の継続時間が短く、流入する溢水は少量であり、タービン建物（耐震 S クラスの設備を設置するエリア）の溢水を貯留できる空間容積より十分小さいことから、屋外の溢水による浸水防護重点化範囲への影響はない。

i. 施設・設備施工上生じうる隙間部等についての考慮

津波及び溢水により浸水を想定するタービン建物と隣接する原子炉建物及び取水槽循環水ポンプエリアの地下部の境界において、施工上生じうる建物間等の隙間部には止水処置を行い、浸水防護重点化範囲への浸水を防止する設計

とする。

【別添資料1 (2.4.2)】

1.5.1.6 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

(1) 非常用海水ポンプの取水性

基準津波による水位の低下に対して、非常用海水ポンプが機能保持でき、かつ、冷却に必要な海水が確保できる設計とする。

基準津波による水位の低下に伴う取水路の特性を考慮した非常用海水ポンプ位置の評価水位を適切に算定するため、開水路及び管路において非定常管路流の連続式及び運動方程式を用いて管路解析を実施する。

その際、取水口から取水槽に至る経路をモデル化し、管路の形状、材質及び表面の状況に応じた摩擦損失、貝付着を考慮するとともに、防波堤の有無及び潮位のばらつきの加算により安全側に評価した値を用いる。

以上の解析から、基準津波による下降側水位をE L. -8.4m (E L. -8.31m)と評価した。この評価水位に対して非常用海水ポンプの取水可能水位は、原子炉補機海水ポンプはE L. -8.32m、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプはE L. -8.85mであり、余裕がないため、発電所を含む地域に大津波警報が発令された際には、津波到達予想時刻の5分前までに循環水ポンプを停止する運用を整備する。

以上の結果、基準津波による下降側水位はE L. -6.5mとなるため、非常用海水ポンプの取水機能を維持できる。

【別添資料1 (2.5.1)】

(2) 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認

基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積及び漂流物に対して、取水口、取水管及び取水槽の通水性が確保できる設計とする。

また、基準津波による水位変動に伴う浮遊砂等の混入に対して非常用海水ポンプは機能保持できる設計とする。

a. 砂移動・堆積の影響

取水口は、取水口呑口下端がE L. -12.5mであり、海底面E L. -18.0mより5.5m高い位置にある。

また、取水槽の底面の高さはE L. -9.8mであり、非常用海水ポンプの吸込み下端(E L. -9.3m)から取水槽底面までは0.5mの距離がある。

これに対して、砂移動解析を実施した結果、基準津波による砂移動に伴う取水口付近における砂の堆積厚さは0.02mであり、砂の堆積によって、取水口が閉塞することはない。また、取水槽における砂の堆積厚さは0.001m未満であり、非常用海水ポンプへの影響はなく機能は保持できる。

【別添資料1 (2.5.2(1))】

## b. 非常用海水ポンプへの浮遊砂の影響

非常用海水ポンプは、取水時に浮遊砂の一部が軸受潤滑水としてポンプ軸受に混入したとしても、非常用海水ポンプの軸受に設けられた異物逃がし溝（原子炉補機海水ポンプ：3.5mm，高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ：3.5mm）から排出される構造とする。

これに対して、発電所周辺の砂の粒径は0.3mm（全測定地点の平均粒径（50%通過質量百分率粒径）の最小値）であり、粒径数ミリメートル以上の砂はごくわずかであることに加えて、粒径数ミリメートル以上の砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂はほとんど混入しないと考えられ、砂混入に対して非常用海水ポンプの取水機能は保持できる。

【別添資料1（2.5.2(2)）】

## c. 漂流物の取水性への影響

### (a) 漂流物の抽出方法

漂流物となる可能性のある施設・設備を抽出するため、発電所敷地外については、基準津波の数値シミュレーション結果を踏まえ発電所周辺約5kmの範囲を、敷地内については、遡上域となる防波壁の外側を網羅的に調査する。

設置物については、地震で倒壊する可能性のあるものは倒壊させた上で、浮力計算により漂流するか否かの検討を行う（第1.5-14図）。

### (b) 抽出された漂流物となる可能性のある施設・設備の影響確認

基準津波の数値シミュレーション結果によると、日本海東縁部に想定される地震による津波については、防波壁の外側は遡上域となる。

このため、基準地震動 $S_s$ による液状化等に伴う敷地の変状、潮位のばらつき（0.14m）も考慮し、基準津波により漂流物となる可能性のある施設・設備が、非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼさないことを確認する。

この結果、発電所敷地内で漂流し、取水口に到達する可能性があるものとして、キャスク取扱収納庫、荷揚場詰所の壁材（ALC版）等が挙げられるが、取水口が深層取水方式であること及び取水口は十分な通水面積を有していることから、取水性への影響はない。

発電所敷地内で漂流し、取水口に到達する可能性があるものとして、上記漂流物のほかに港湾施設点検用等の作業船及び発電所の荷揚場に停泊する燃料等輸送船、貨物船等の船舶がある。

港湾施設点検用等の作業船は、津波警報等発令時には、緊急退避するため、日本海東縁部に想定される地震による津波が発生する場合は、漂流することはない、取水性への影響はない。

また、海域活断層から想定される地震による津波が発生する場合は、緊急退避できない可能性があるが、取水口が深層取水方式であること及び取水口は十分な通水面積を有していることから、取水性への影響はない。

発電所の荷揚場に停泊する燃料等輸送船、貨物船等の船舶については、津波警報等発令時には、緊急退避するため、日本海東縁部に想定される地震による津波が発生する場合は、漂流することはなく、取水性への影響はない。

また、停泊時には係留することとし、緊急退避が困難な到達の早い海域活断層から想定される地震による津波が発生する場合は、係留により漂流させない設計とすることから、取水性に影響はない。

発電所敷地外で漂流し、取水口に到達する可能性があるものは、発電所近傍で航行不能となった漁船、周辺漁港周辺の家屋、工場等が挙げられるが、発電所近傍で航行不能となった漁船については取水口が深層取水方式であること及び取水口は十分な通水面積を有していること、周辺漁港周辺の家屋、工場等については、設置位置及び流向を考慮した結果、取水口に到達しないと評価していることから、取水性への影響はない。

発電所近傍を通過する定期船に関しては、発電所から約6km離れた位置に観光遊覧船の航路があるが、半径5km以内の敷地前面海域にないことから発電所に対する漂流物とならない。

発電所の防波堤については、地震により損傷する可能性があるが、防波堤設置位置から2号炉の取水口まで約340mの距離があること及び防波堤の主たる構成要素は1t以上の質量があることから、2号炉の取水口に到達することはない。

なお、津波防護施設に対する衝突荷重として考慮する漂流物として、外海に面する津波防護施設に対しては作業船（総トン数10トン）及び漁船（総トン数10トン）を、輪谷湾内に面する津波防護施設に対しては、荷揚場設備（キャスク取扱収納庫約4.3t）、作業船（総トン数10トン）及び漁船（総トン数3トン）を選定する。また、上記漂流物のうち漁船については、操業区域及び航行の不確かさがあり、不確かさを考慮した漂流物として周辺漁港の最大の漁船（総トン数19トン）を考慮する。また、施設護岸から500m以遠で操業及び航行する漁船（最大：総トン数19トン）については、漂流物となった場合においても津波防護施設に到達する可能性は十分に小さいが、仮に500m以遠から津波防護施設に衝突する漂流物として考慮する。

衝突荷重が作用する位置は、津波防護施設全線において安全側に、入力津波高さに高潮ハザードの裕度を加えた高さを用いる。なお、海域活断層から想定される地震による津波においては、入力津波高さ以下の防波壁の部位においても漂流物が衝突するものとして考慮する。

除じん装置については、基準津波の流速に対し、十分な強度を有しているため、損傷することはなく漂流物とはならないことから、取水性に影響を及ぼさないことを確認している。

上記(a)、(b)については、継続的に発電所敷地内及び敷地外の人工構造物の設置状況の変化を確認し、漂流物の取水性への影響を確認する。

【別添資料1 (2.5.2(3))】

#### 1.5.1.7 津波監視

敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し、その影響を俯瞰的に把握するとともに、津波防護施設及び浸水防止設備の機能を確実に確保するために、津波監視設備を設置する。

津波監視設備として、津波監視カメラ及び取水槽水位計を設置する。

津波監視カメラは地震発生後、津波が発生した場合に、その影響を俯瞰的に把握するため、津波及び漂流物の影響を受けない2号炉排気筒及び3号炉北側の防波壁上部（東側・西側）に設置し、津波監視機能が十分に保持できる設計とする。

取水槽水位計は、非常用海水ポンプの取水性を確保するために、基準津波の下降側の取水槽水位の監視を目的に、津波及び漂流物の影響を受けにくい防波壁内側の取水槽海水ポンプエリアに設置し、津波監視機能が十分に保持できる設計とする。

また、津波監視設備は、基準地震動 $S_s$ に対して、機能を喪失しない設計とする。設計に当たっては、その他自然現象（風、積雪等）による荷重との組合せを適切に考慮する。

##### (1) 津波監視カメラ

津波監視カメラは、2号炉排気筒のE L. +64.0m及び3号炉北側の防波壁上部（東側・西側）E L. +15.0mに設置し、昼夜問わず監視できるよう赤外線撮像機能を有したカメラを用い、中央制御室から監視可能な設計とする。

##### (2) 取水槽水位計

取水槽水位計は、取水槽の高さE L. -9.3mに設置し、水位上昇側及び下降側の津波高さを計測できるよう、E L. +10.7m～E L. -9.3mを測定範囲とし、中央制御室から監視可能な設計とする。

【別添資料 1 (2.6)】

第 1.5-1 表(1) 島根原子力発電所の入力津波高さ一覧(日本海東縁部)

因子	設定位置	基準津波	地形変化(防波堤)	潮位変動		地震による地殻変動	管路状態		設定位置における評価値(EL. m)	(参考)許容津波高さ(EL. m)
				朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)		貝付着	ポンプ状態		
遡上域最高水位	施設護岸又は防波壁	1	無し	EL.+0.58	EL.+0.14	無し	管路解析対象外		+11.9	+15.0
水路内最高水位	1号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+7.0 <sup>※1</sup>	+8.8
	2号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+10.6	+11.3
	3号炉取水槽	1	無し				無し	停止	+7.8	+8.8
	3号炉取水路点検口	1	無し				無し	停止	+6.4	+9.5
	1号炉放水槽	1	有り				無し	停止	+4.8	+8.8
	1号炉冷却水排水槽	1	有り				無し	停止	+4.7	+8.5
	1号炉マンホール	1	有り				無し	停止	+4.8	+8.5
	1号炉放水接合槽	1	有り				無し	停止	+3.5	+9.0
	2号炉放水槽	1	有り				無し	停止	+7.9	+8.8
	2号炉放水接合槽	1	無し				無し	停止	+6.1	+8.0
	3号炉放水槽	5	無し				無し	停止	+7.3	+8.8
3号炉放水接合槽	5	無し	無し				無し	停止	+6.5	+8.5
取水口最低水位	2号炉取水口	6	無し	EL.-0.02	EL.-0.17	隆起0.34mを考慮	管路解析対象外		-6.5	-12.5
水路内最低水位	2号炉取水槽	6	無し				有り	運転	-8.4 [-8.31]	-8.3 [-8.32]
							無し	停止	-6.1 <sup>※2</sup>	

※1 流路縮小工を設置して評価している。なお、流路縮小工設置前の水位は、EL.+9.2mである。

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

第 1.5-1 表(2) 島根原子力発電所の入力津波高さ一覧(海域活断層)

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

※ 流路縮小工を設置して評価している。なお、流路縮小工設置前の水位は、EL.+3.8mである。



第1.5-2表 津波防護対策の設備分類と設置目的

津波防護対策		設備分類	設置目的
防波壁		津波防護施設	・津波が地上部から敷地へ到達，流入することを防止する。
防波壁通路防波扉			
屋外排水路逆止弁		浸水防止設備	・津波が屋外排水路から敷地へ到達，流入することを防止する。
取水槽	流路縮小工(1号炉)	津波防護施設	・津波が取水路から敷地へ到達，流入することを防止する。
	防水壁	浸水防止設備	
	水密扉		
	床ドレン逆止弁		・津波が取水路から取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアへ到達，流入することを防止する。
	貫通部止水処置		・津波が取水槽除じん機エリアから敷地へ到達，流入すること及び取水槽海水ポンプエリアへ流入することを防止する。
	隔離弁，機器及び配管		・地震による取水槽内の海水系機器の損傷箇所を介しての津波の流入に対して浸水防護重点化範囲への浸水を防止する。
タービン建物他	防水壁		
	水密扉		
	床ドレン逆止弁		
	貫通部止水処置		
	隔離弁，配管		
放水槽	貫通部止水処置		・津波が放水槽からタービン建物へ流入することを防止する。
津波監視カメラ		津波監視設備	・敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し，その影響を俯瞰的に把握する。
取水槽水位計			

【別添資料1（第2.1-1表）】

第 1.5-3 表 流入経路特定結果

流入経路		流入箇所	
取水路	2号炉	除じん機エリア天端開口部 (E L. +8.8m) 海水ポンプエリア貫通部 (E L. +8.8m) 取水槽C/Cケーブルダクト貫通部 (E L. +8.8m) 床面開口部 (E L. +1.1m)	
		循環水系	循環水系ポンプ (据付部含む) 及び配管 (E L. +1.1m)※ <sup>1</sup>
		海水系	原子炉補機海水系ポンプ (据付部含む) 及び配管 (E L. +1.1m)※ <sup>1</sup> 高圧炉心スプレイ補機海水系ポンプ (据付部含む) 及び配管 (E L. +1.1m)※ <sup>1</sup> タービン補機海水系ポンプ (据付部含む) 及び配管 (E L. +1.1m)※ <sup>1</sup> 除じんポンプ (据付部含む) 及び配管 (E L. +1.1m)※ <sup>1</sup>
	1号炉	取水槽天端開口部 (E L. +8.8m)	
	3号炉	取水槽天端開口部 (E L. +8.8m) 取水路点検口天端開口部 (E L. +9.5m)	
放水路	2号炉	放水槽天端開口部 (E L. +8.8m) 放水接合層天端開口部 (E L. +8.0m) 屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 貫通部 (E L. +2.0m)	
		循環水系	循環水系配管 (E L. -2.8m)※ <sup>2</sup>
		海水系	原子炉補機海水系配管 (E L. +2.3m)※ <sup>2</sup> タービン補機海水系配管 (E L. +3.3m)※ <sup>2</sup>
			排水管
	1号炉	放水槽天端開口部 (E L. +8.8m) 冷却水排水槽天端開口部 (E L. +8.5m) マンホール天端開口部 (E L. +8.5m) 放水接合層天端開口部 (E L. +9.0m)	
		3号炉	放水槽天端開口部 (E L. +8.8m) 放水接合層天端開口部 (E L. +8.5m)
	屋外排水路		屋外排水路 (E L. +2.7～+7.3m)

※<sup>1</sup> 施設, 設備を設置した床面高さを記載

※<sup>2</sup> 放水槽への接続高さを記載

【別添資料 1 (2.2.2)】

第 1.5-4 表(1) 各経路からの流入評価結果

流入経路	流入箇所	①入力津波 高さ (EL.)	②許容津波 高さ (EL.)	②-① 裕度	評価
2号炉	除じん機エリア天端開口部	10.6m	11.3m <sup>※1</sup>	0.7m <sup>※7</sup>	許容津波高さが入力津波高さを上回っており、津波は流入しない。
	海水ポンプエリア貫通部		15.0m <sup>※2</sup>	4.4m <sup>※7</sup>	
	取水槽C/Cケーブールドクト貫通部		15.0m <sup>※2</sup>	4.4m <sup>※7</sup>	
	床面開口部		15.0m <sup>※3</sup>	4.4m <sup>※7</sup>	
循環水系	循環水系ポンプ（据付部含む）及び配管	10.6m	—	—	内包流体に対するパウンダリが形成されており、津波は流入しない。
	原子炉補機海水系ポンプ（据付部含む）及び配管		—	—	
海水系	高圧炉心スプレイ補機海水系ポンプ（据付部含む）及び配管	10.6m	—	—	内包流体に対するパウンダリが形成されており、津波は流入しない。
	タービン補機海水系ポンプ（据付部含む）及び配管		—	—	
	除じんポンプ（据付部含む）及び配管		—	—	
1号炉	取水槽天端開口部	7.0m	8.8m <sup>※4</sup>	1.8m <sup>※7</sup>	許容津波高さが入力津波高さを上回っており、津波は流入しない。
3号炉	取水槽天端開口部	7.8m	8.8m <sup>※5</sup>	1.0m <sup>※7</sup>	許容津波高さが入力津波高さを上回っており、津波は流入しない。
	取水路点検口天端開口部	6.4m	9.5m <sup>※6</sup>	3.1m <sup>※7</sup>	

※1 取水槽除じん機エリア防水壁高さ ※5 3号炉取水槽の天端開口高さ

※2 貫通部止水処置の許容津波高さ ※6 3号炉取水路点検口の天端開口高さ

※3 床ドレン逆止弁の許容津波高さ ※7 参照する裕度 (0.64m) を考慮しても余裕がある

※4 1号炉取水槽の天端開口高さ

【別添資料 1 (2.2.2)】

第 1.5-4 表 (2) 各経路からの流入評価結果

流入経路	流入箇所	①入力津波 高さ (EL.)	②許容津波 高さ (EL.)	②-① 裕度	評価
2号炉	放水槽天端開口部	7.9m	8.8m <sup>※1</sup>	0.9m <sup>※11</sup>	許容津波高さが入力津波高さを上回っており、津波は流入しない。
	放水接合槽天端開口部	6.1m	8.0m <sup>※2</sup>	1.9m <sup>※11</sup>	
	屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽) 貫通部	7.9m	8.8m <sup>※3</sup>	0.9m <sup>※11</sup>	
放水路	循環水系配管	7.9m	-	-	内包流体に対するバウンダリが形成されおろり、津波は流入しない。
	海水系				
	原子炉補機海水系配管				
	タービン補機海水系配管				
1号炉	液体廃棄物処理系配管	4.8m	8.8m <sup>※4</sup>	4.0m <sup>※11</sup>	許容津波高さが入力津波高さを上回っており、津波は流入しない。
	放水槽天端開口部				
	冷却水排水槽天端開口部				
	マンホール天端開口部				
	放水接合槽天端開口部				
3号炉	放水槽天端開口部	3.5m	9.0m <sup>※7</sup>	5.5m <sup>※11</sup>	許容津波高さが入力津波高さを上回っており、津波は流入しない。
	放水接合槽天端開口部	7.3m	8.8m <sup>※8</sup>	1.5m <sup>※11</sup>	
	放水槽天端開口部	6.5m	8.5m <sup>※9</sup>	2.0m <sup>※11</sup>	
屋外排水路	屋外排水路	11.9m	15.0m <sup>※10</sup>	3.1m <sup>※11</sup>	

※1 2号炉放水槽の天端開口高さ ※7 1号炉放水接合槽の天端開口高さ

※2 2号炉放水接合槽の天端開口高さ ※8 3号炉放水槽の天端開口高さ

※3 貫通部止水処置の許容津波高さ ※9 3号炉放水接合槽の天端開口高さ

※4 1号炉放水槽の天端開口高さ ※10 屋外排水路逆止弁の許容津波高さ

※5 1号炉冷却水排水槽の天端開口高さ ※11 参照する裕度 (0.64m) を考慮しても余裕がある

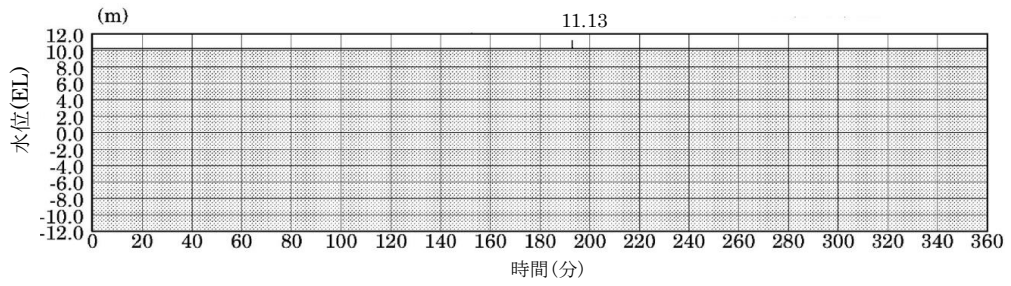
※6 1号炉マンホールの天端開口高さ

【別添資料1 (2.2.2)】

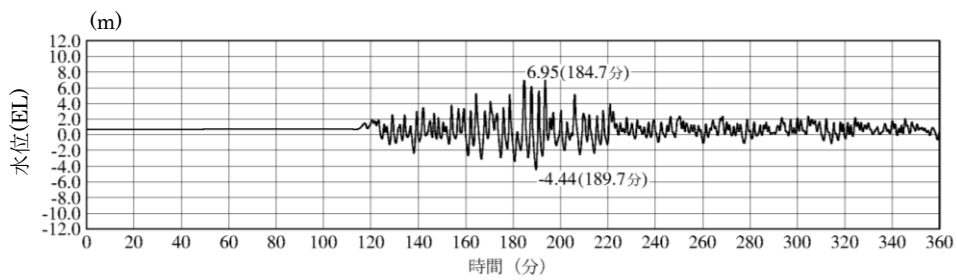
第1.5-5表 浸水想定範囲と防水区画化するエリア

浸水想定範囲	防水区画化するエリア
循環水ポンプを設置するエリア (取水槽循環水ポンプエリア)	原子炉補機海水ポンプ，高圧炉心 スプレイ補機海水ポンプを設置す るエリア (取水槽海水ポンプエリア)
原子炉補機海水ポンプ，高圧炉心スプレ イ補機海水ポンプを設置するエリア (取水槽海水ポンプエリア)	循環水ポンプを設置するエリア (取水槽循環水ポンプエリア)

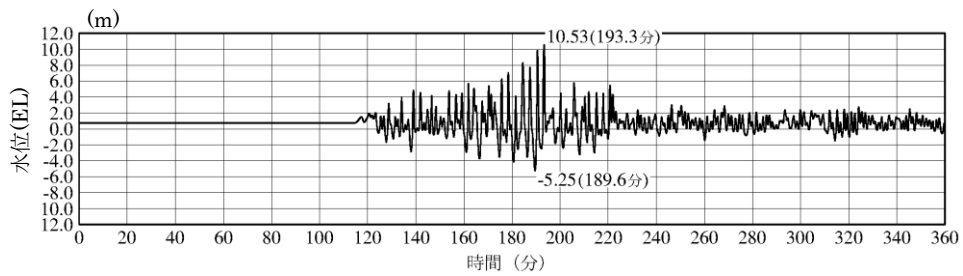
【別添資料1 (2.3)】



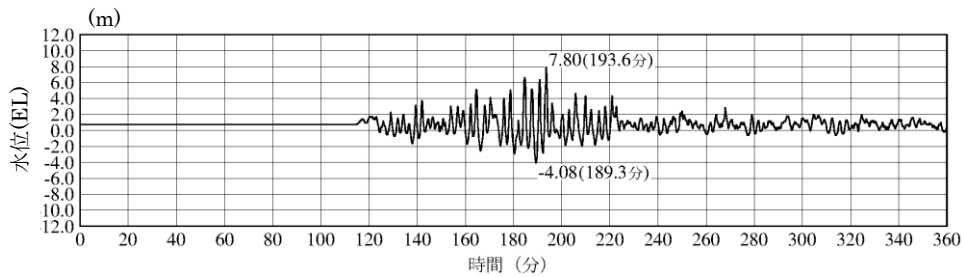
※最大水位上昇量 11.13m+朔望平均満潮位 0.58m+潮位のばらつき 0.14m≒EL+11.9m  
 施設護岸又は防波壁（入力津波1，防波堤無し）



1号炉取水槽（入力津波1，防波堤無し）

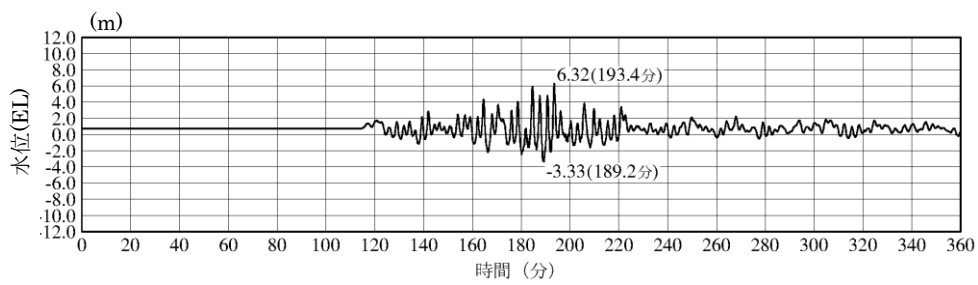


2号炉取水槽（入力津波1，防波堤無し）

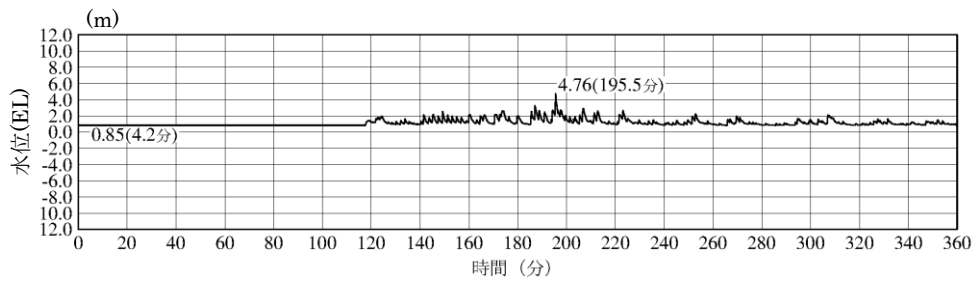


3号炉取水槽（入力津波1，防波堤無し）

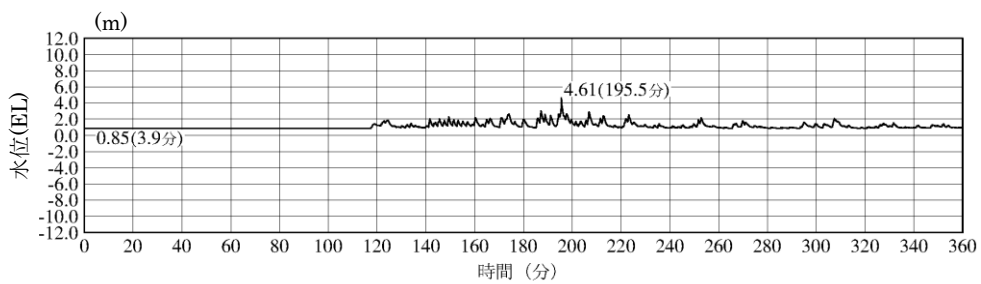
第 1.5-1 図(1) 入力津波の時刻歴波形（上昇側：日本海東縁部）



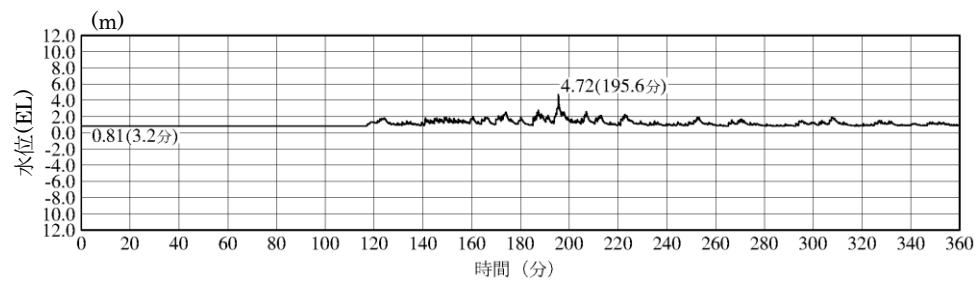
3号炉取水路点検口 (入力津波 1, 防波堤無し)



1号炉放水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

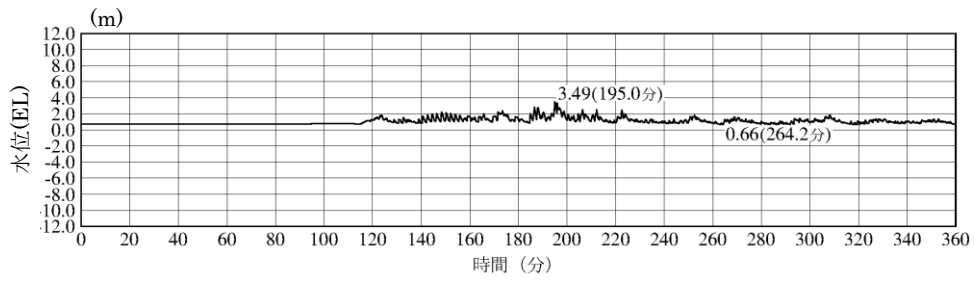


1号炉冷却水排水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

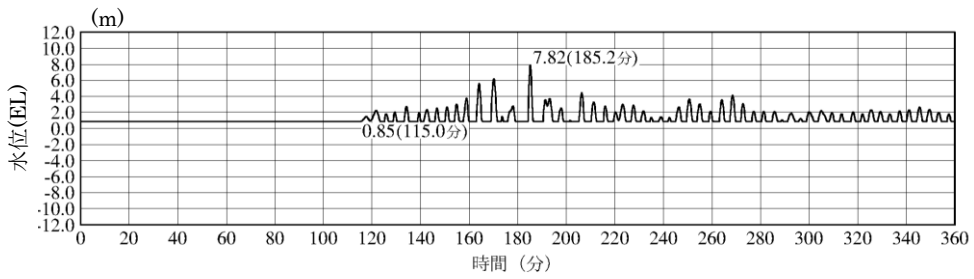


1号炉マンホール (入力津波 1, 防波堤有り)

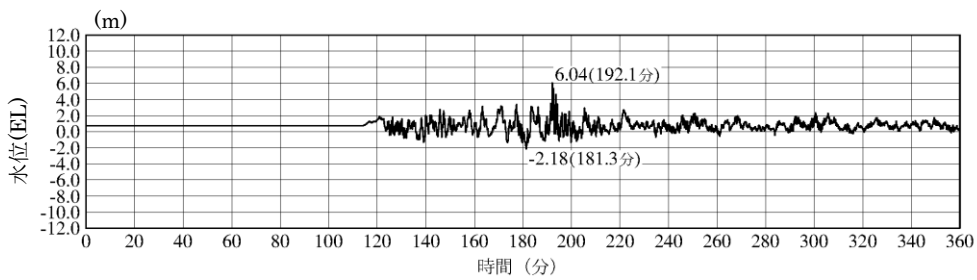
第 1.5-1 図(2) 入力津波の時刻歴波形 (上昇側：日本海東縁部)



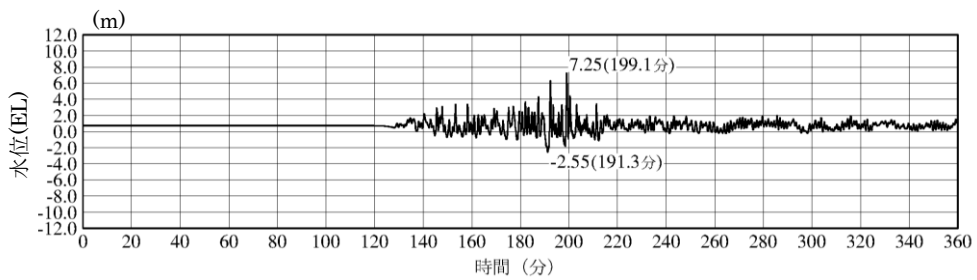
1号炉放水接合槽（入力津波 1，防波堤有り）



2号炉放水槽（入力津波 1，防波堤有り）



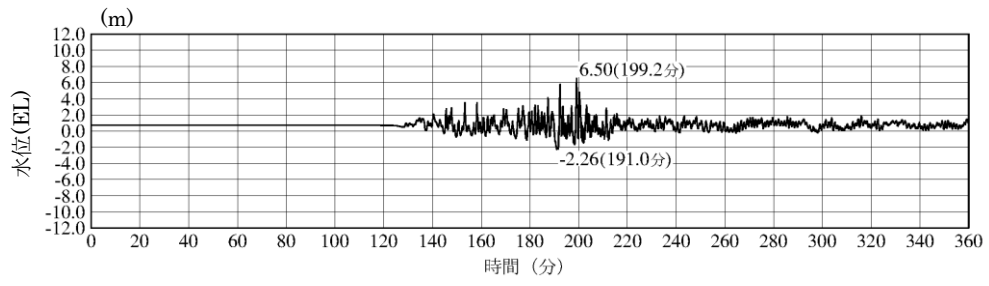
2号炉放水接合槽（入力津波 1，防波堤無し）



3号炉放水槽（入力津波 5，防波堤無し）

第 1.5-1 図(3) 入力津波の時刻歴波形（上昇側：日本海東縁部）

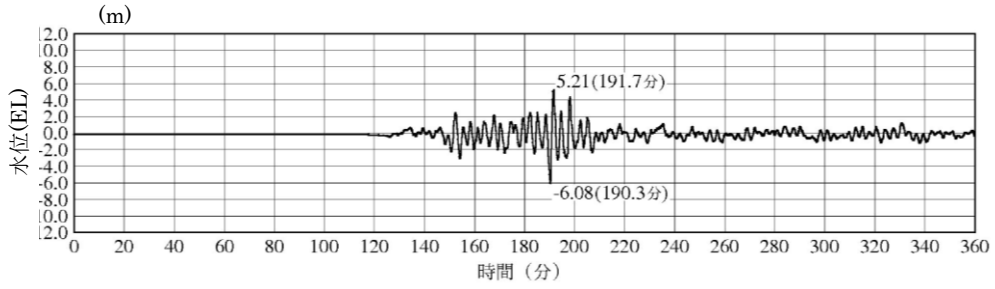




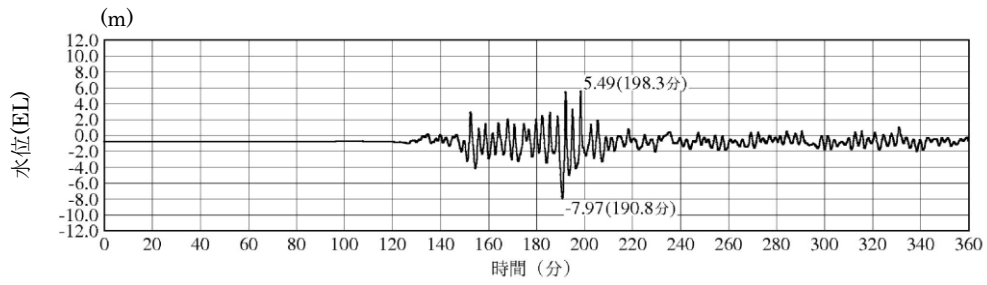
3号炉放水接合槽（入力津波5，防波堤無し）

第 1.5-1 図(4) 入力津波の時刻歴波形（上昇側：日本海東縁部）

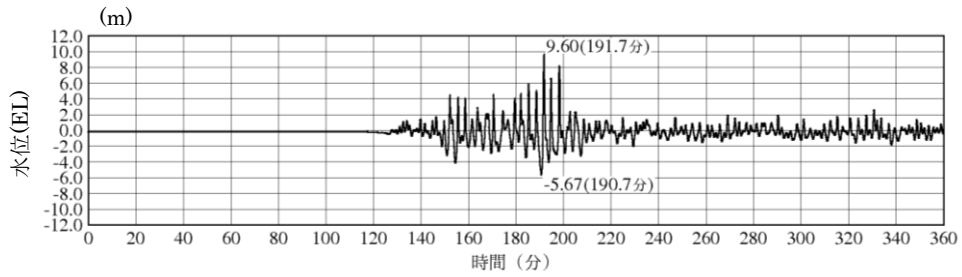
【別添資料 1（第 1.6-2-1 図）】



※最大水位下降量-6.08m-地殻変動量 0.34m $\div$ EL-6.5m  
 2号炉取水口（入力津波6，防波堤無し）※下降側

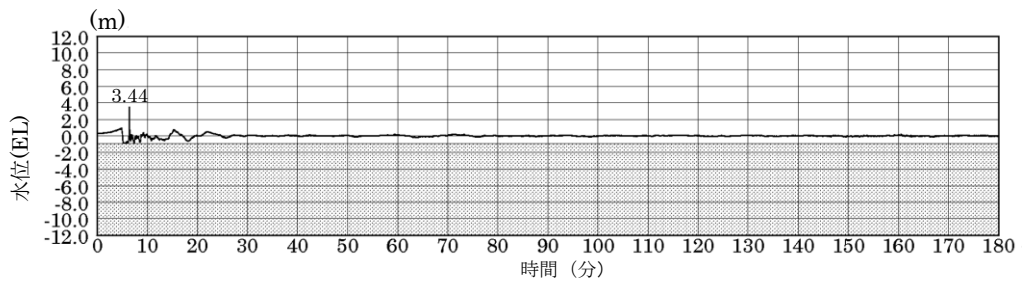


※最大水位下降量-7.97m-地殻変動量 0.34m $\div$ EL-8.4m  
 2号炉取水槽（入力津波6，防波堤無し）※下降側 ポンプ運転時

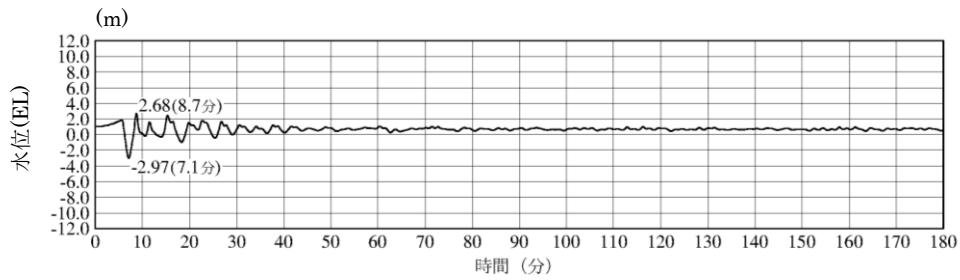


※最大水位下降量-5.67m-地殻変動量 0.34m $\div$ EL-6.1m  
 2号炉取水槽（入力津波6，防波堤無し）※下降側 ポンプ停止時

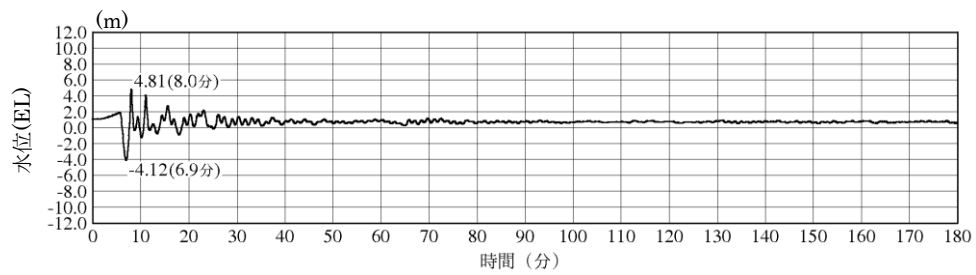
第 1.5-2 図 入力津波の時刻歴波形（下降側：日本海東縁部）  
 【別添資料 1（第 1.6-2-1 図）】



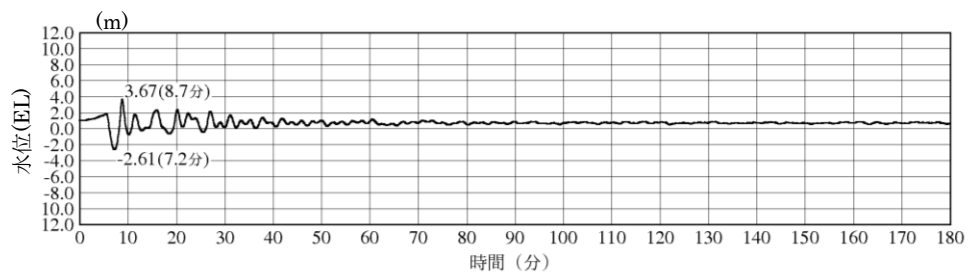
※最大水位上昇量 3.44m+朔望平均満潮位 0.58m+潮位のばらつき 0.14m $\div$ EL+4.2m  
 施設護岸又は防波壁（海域活断層上昇側最大ケース，防波堤有り）



1号炉取水槽（入力津波4，防波堤無し）

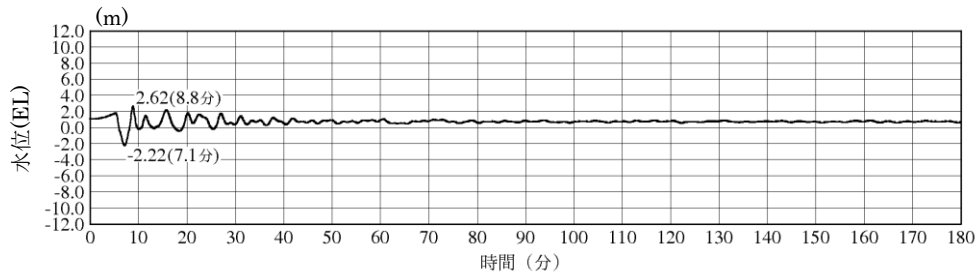


2号炉取水槽（入力津波4，防波堤無し）

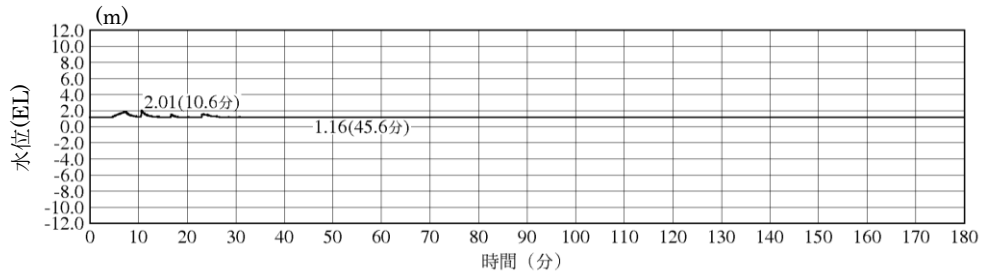


3号炉取水槽（入力津波4，防波堤有り）

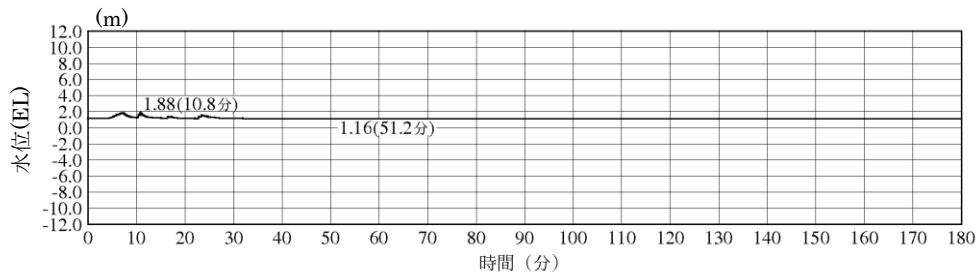
第 1.5-3 図(1) 入力津波の時刻歴波形（上昇側：海域活断層）



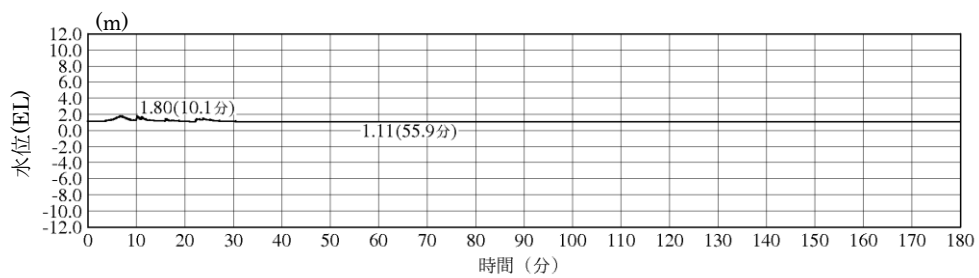
3号炉取水路点検口（入力津波4，防波堤有り）



1号炉放水槽（入力津波4，防波堤無し）

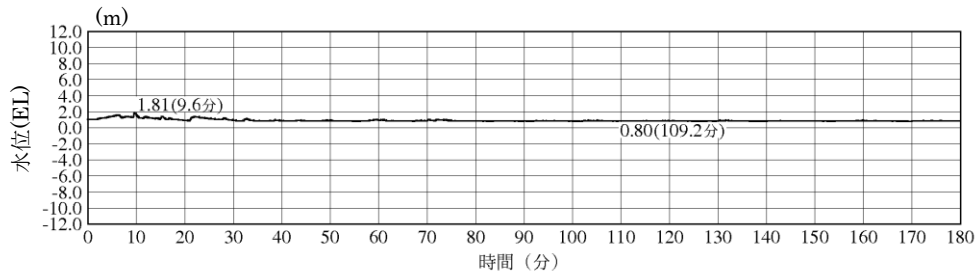


1号炉冷却水排水槽（入力津波4，防波堤無し）

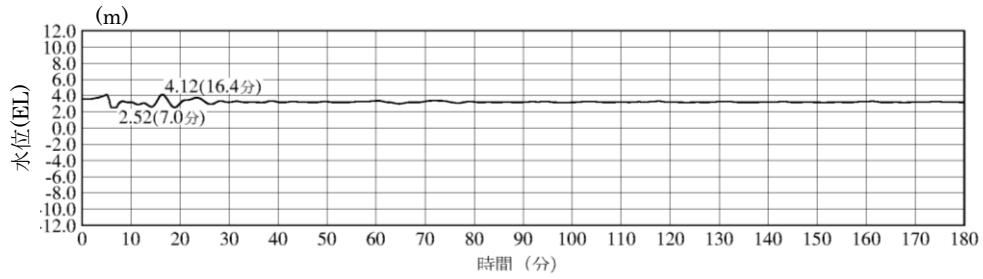


1号炉マンホール（入力津波4，防波堤無し）

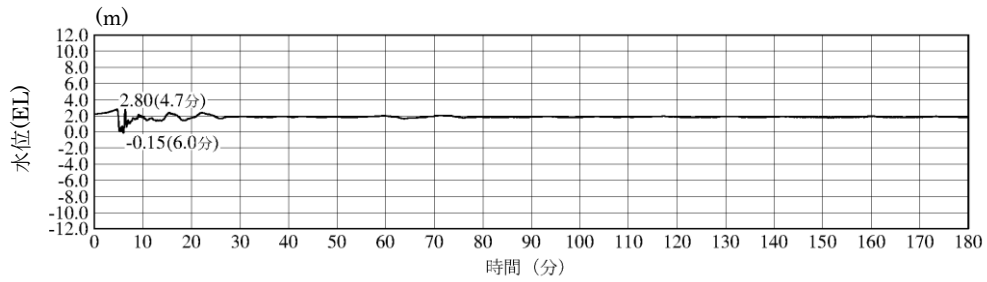
第 1.5-3 図(2) 入力津波の時刻歴波形（上昇側：海域活断層）



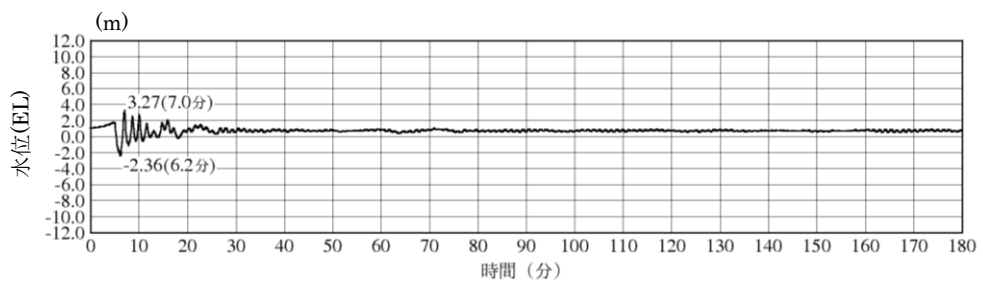
1号炉放水接合槽 (入力津波 4, 防波堤無し)



2号炉放水槽 (入力津波 4, 防波堤無し)

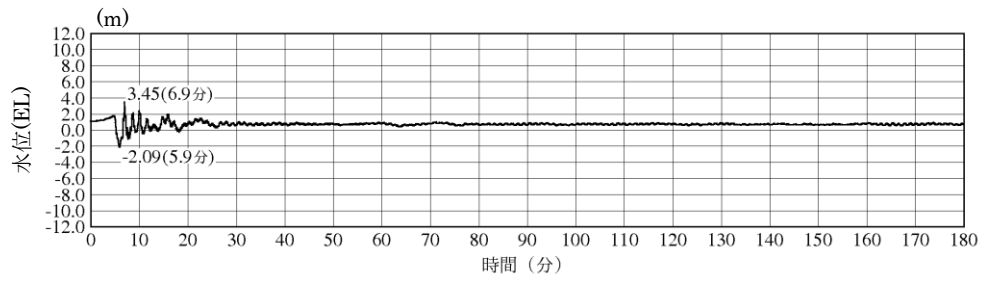


2号炉放水接合槽 (入力津波 4, 防波堤有り)



3号炉放水槽 (入力津波 4, 防波堤無し)

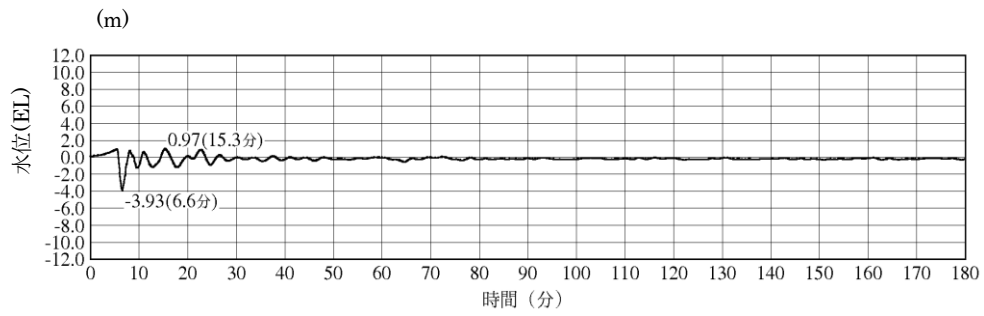
第 1.5-3 図(3) 入力津波の時刻歴波形 (上昇側: 海域活断層)



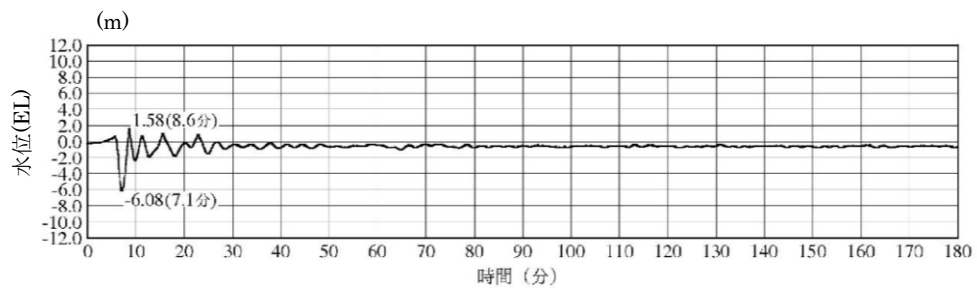
3号炉放水接合槽（入力津波4，防波堤有り）

第 1.5-3 図(4) 入力津波の時刻歴波形（上昇側：海域活断層）

【別添資料 1（第 1.6-2-2 図）】



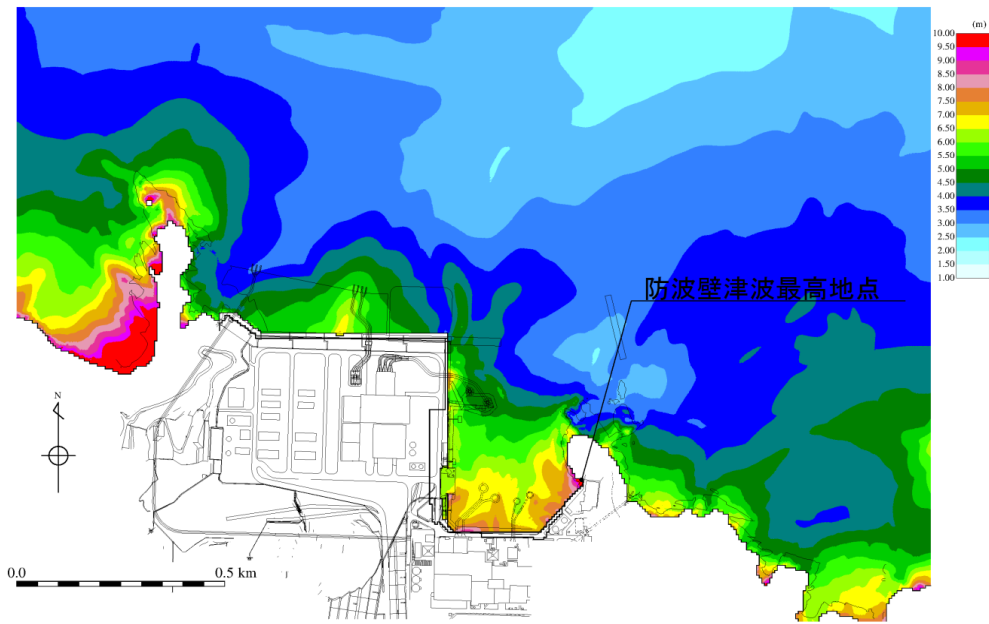
※最大水位下降量-3.93m—地盤変動量 0.34m⇔EL-4.3m  
2号炉取水口（入力津波4 防波堤無し）※下降側



※最大水位下降量-6.08m—地盤変動量 0.34m⇔EL-6.5m  
2号炉取水槽（入力津波4 防波堤無し）※下降側

第 1.5-4 図 入力津波の時刻歴波形（下降側：海域活断層）

【別添資料 1（第 1.6-2-2 図）】



※防波壁津波最高地点 E L. +11.13m + 朔望平均満潮位 +0.58m + 潮位のばらつき +0.14m ≒ E L. +11.9m

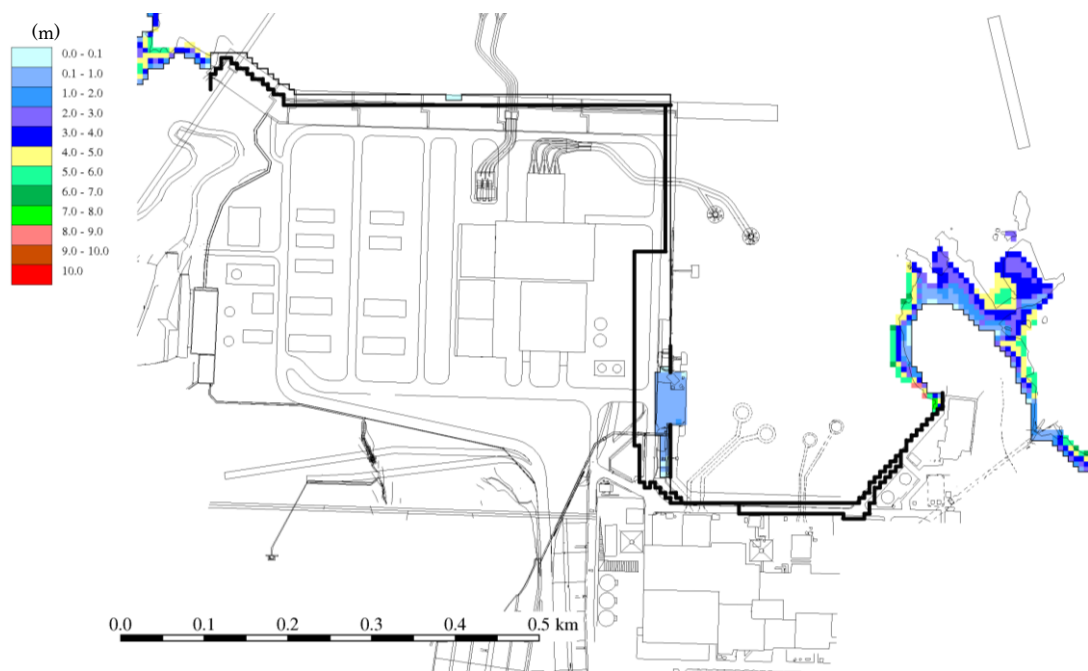
第1.5-5図(1) 基準津波の遡上波による最高水位分布  
(基準津波 1 : 防波堤無し)

【別添資料 1 (第2.2-1-1図)】



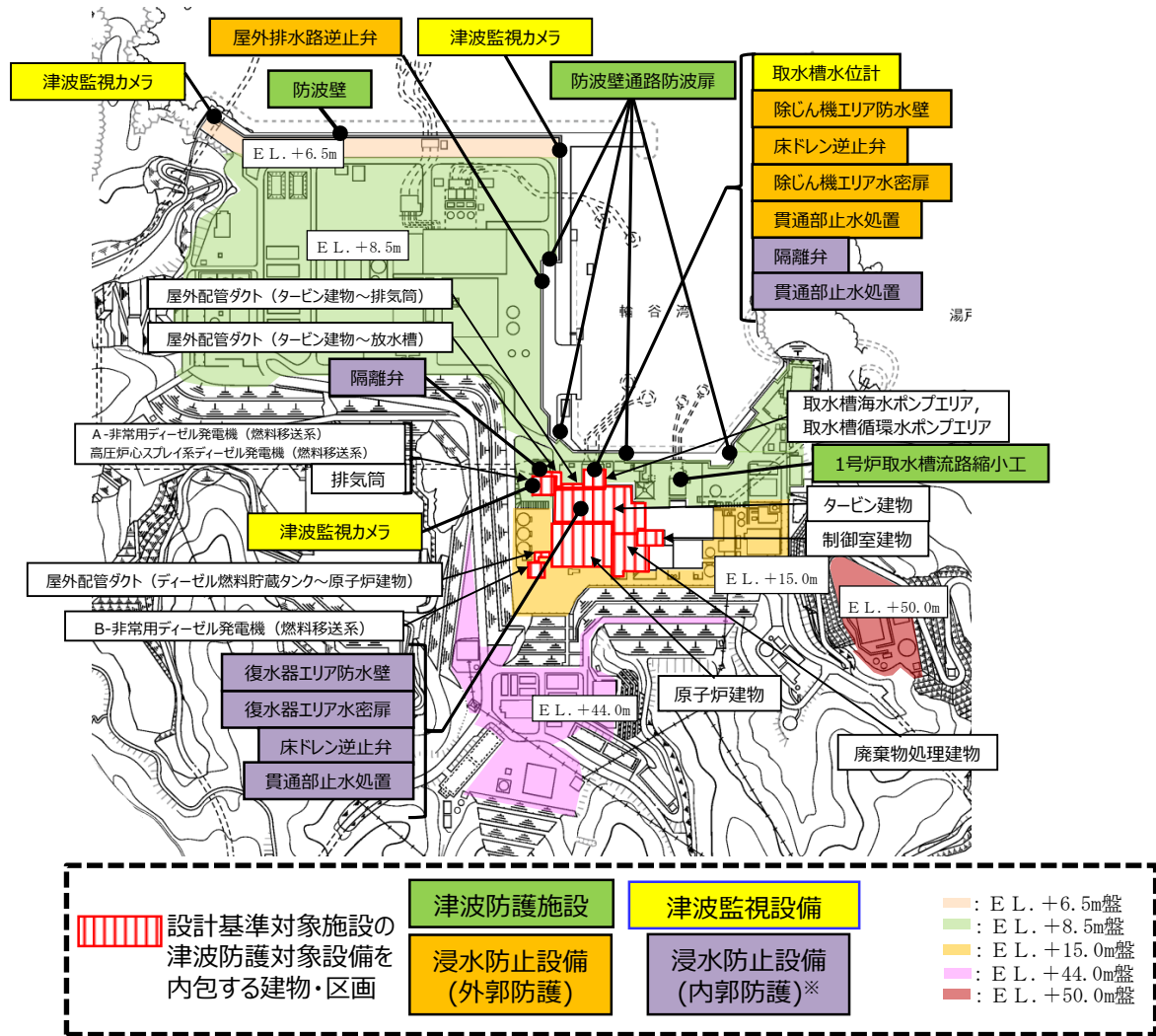


第1.5-5図(2) 海域活断層上昇側最大ケースの遡上波による最高水位分布  
(防波堤有り)



第1.5-5図(3) 基準津波の遡上波による最大浸水深分布  
(基準津波 1 : 防波堤無し)

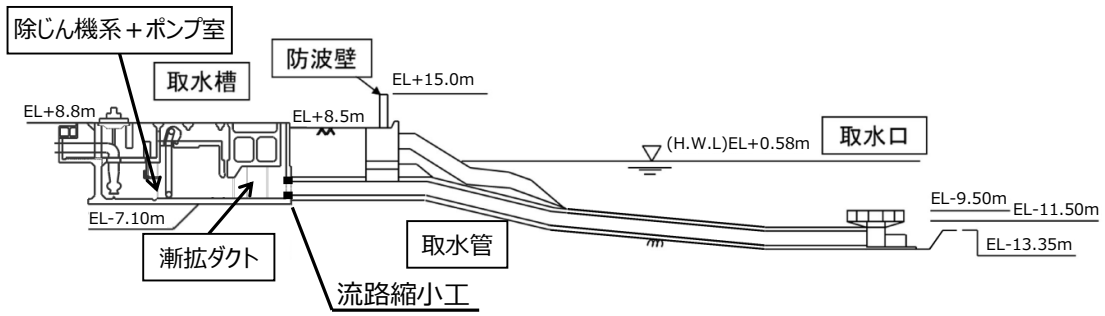
【別添資料 1 (第2.2-1-2図)】



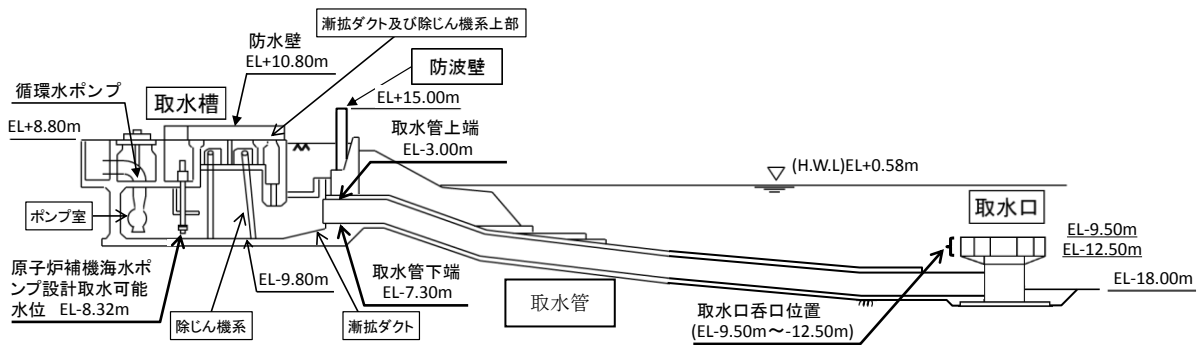
※ 基準地震動Ssによる地震力に対してバウンダリ機能保持のみを要求する機器・配管を除く

第1.5-6図 敷地の特性に応じた設計基準対象施設の津波防護の概要

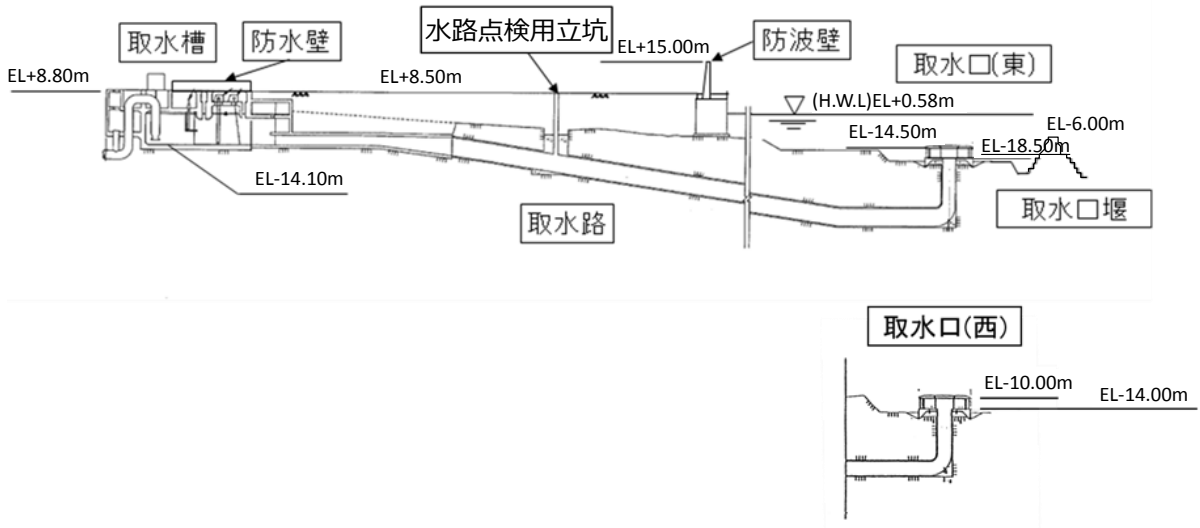
【別添資料1 (2.1)】



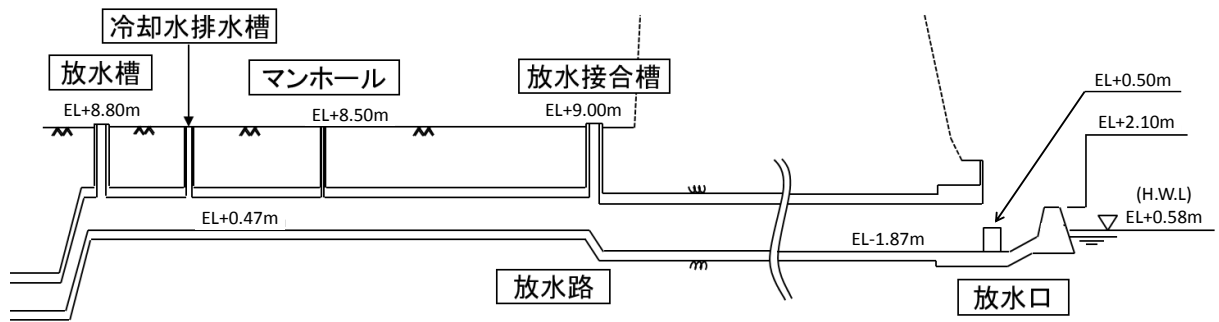
第 1.5-7 図(1) 取水路及び放水路の縦断図 (1号炉取水路)



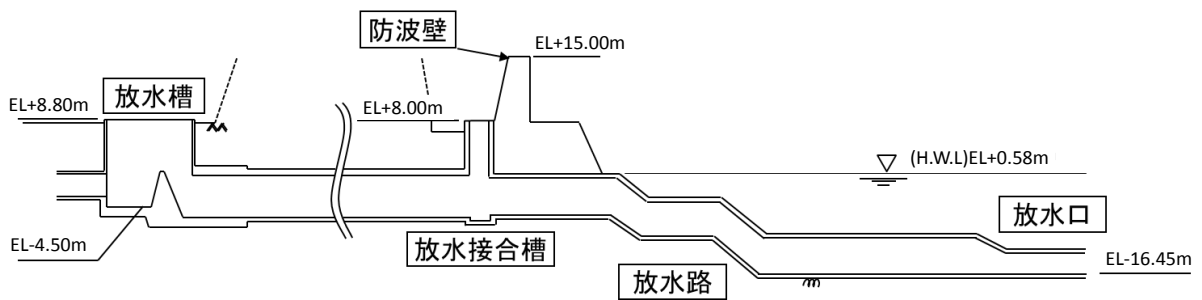
第 1.5-7 図(2) 取水路及び放水路の縦断図 (2号炉取水路)



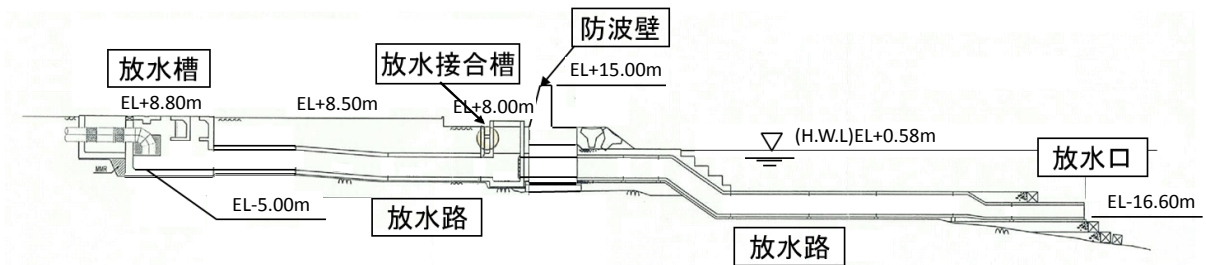
第 1.5-7 図(3) 取水路及び放水路の縦断図 (3号炉取水路)



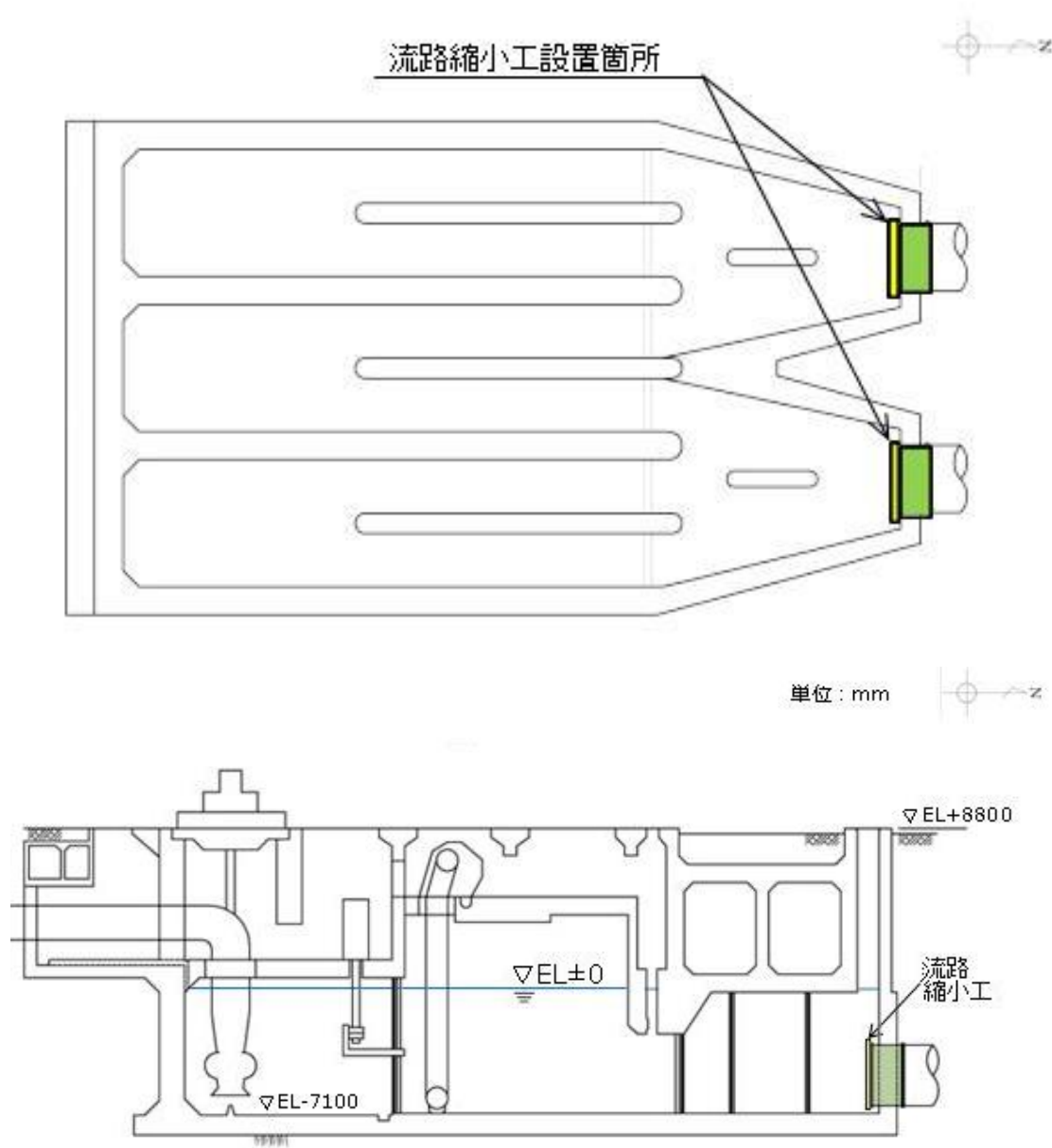
第 1.5-7 図(4) 取水路及び放水路の縦断図 (1号炉放水路)



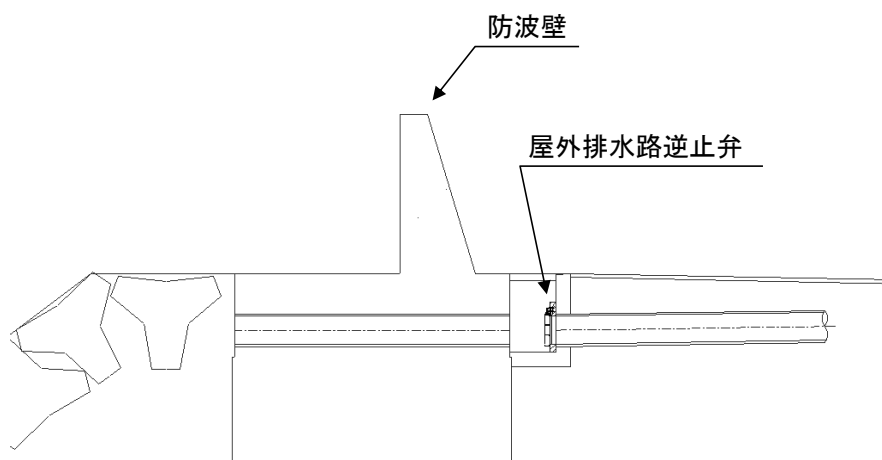
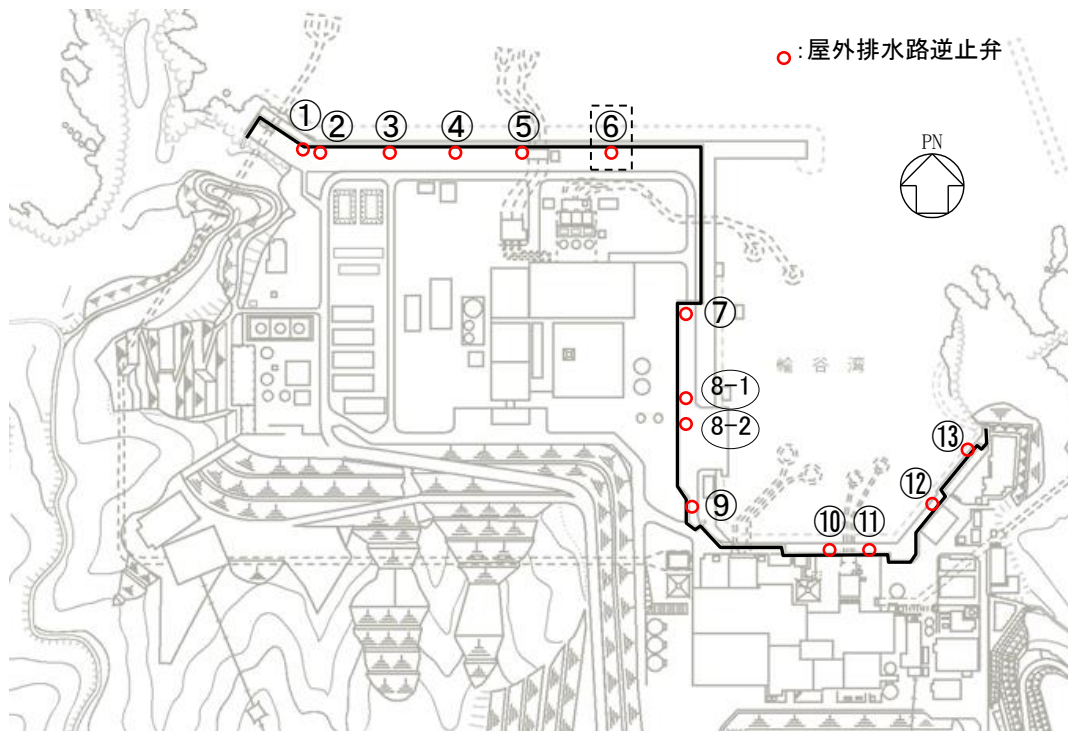
第 1.5-7 図(5) 取水路及び放水路の縦断図 (2号炉放水路)



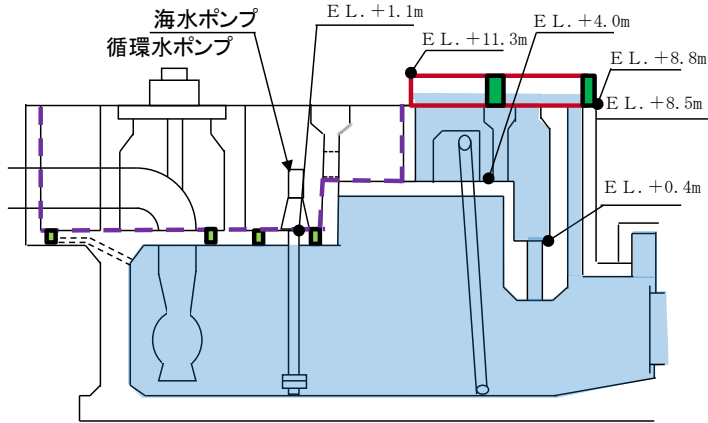
第 1.5-7 図(6) 取水路及び放水路の縦断図 (3号炉放水路)



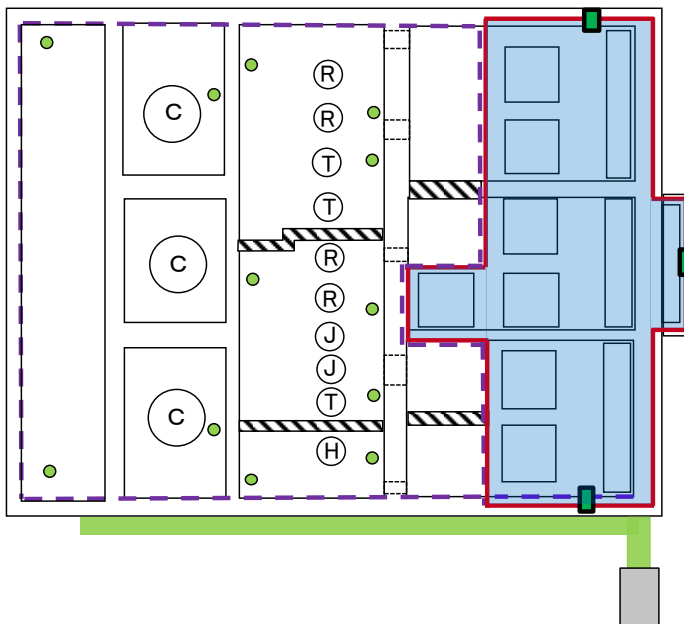
第 1.5-8 図 津波防護施設（1号炉取水槽流路縮小工）設置箇所の概要  
 【別添資料 1（4.1）】



第 1.5-9 図 浸水防止設備（屋外排水路逆止弁）設置箇所概要  
 【別添資料 1 (4.2)】



- : 津波の浸水範囲
- : 除じん機エリア防水壁
- : 除じん機エリア水密扉
- : 取水槽床ドレン逆止弁
- : 貫通部止水処置

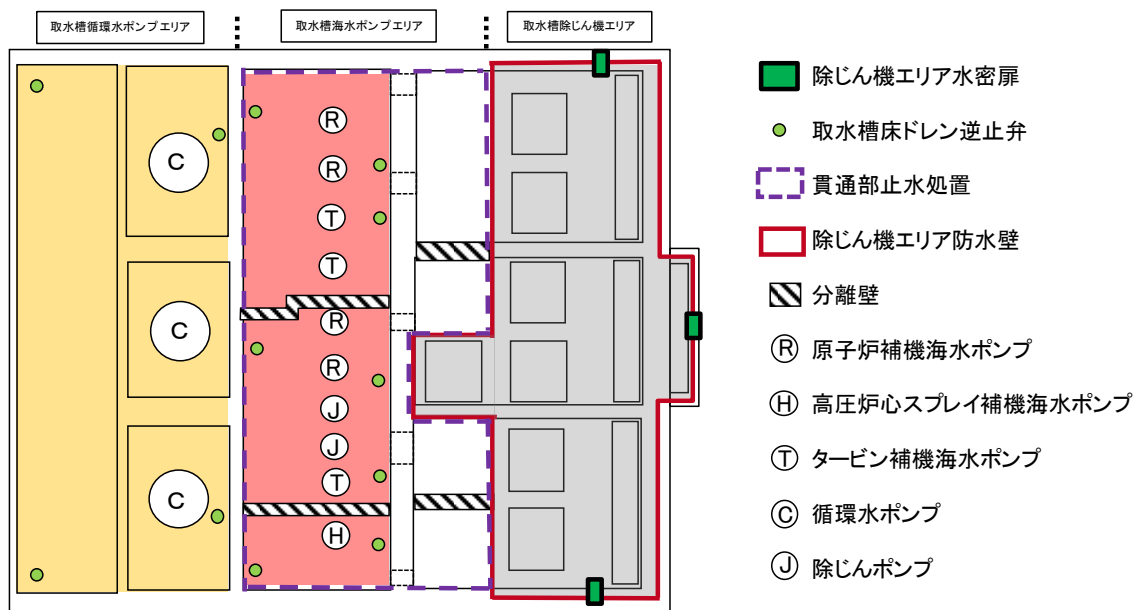
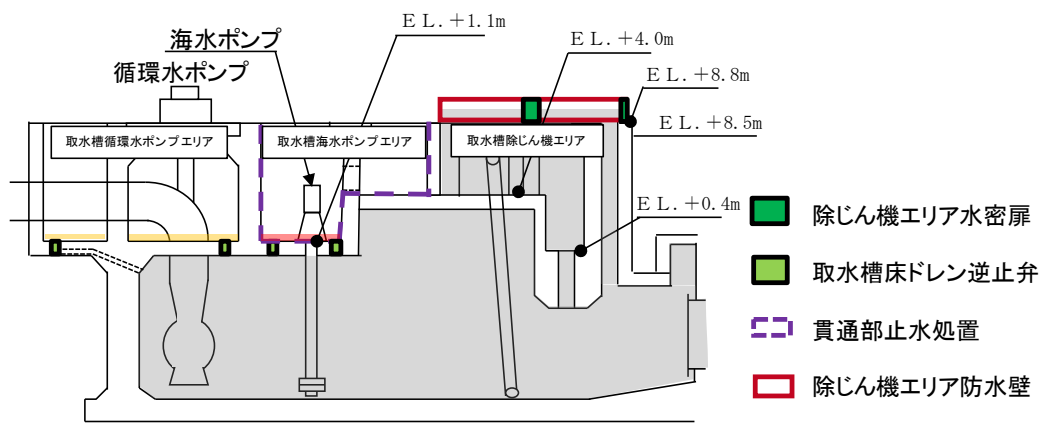


- : 津波の浸水範囲
- : 除じん機エリア防水壁
- : 除じん機エリア水密扉
- : 取水槽床ドレン逆止弁
- : 貫通部止水処置
- : 取水槽C/Cケーブルダクト
- : 分離壁
- (R) : 原子炉補機海水ポンプ
- (H) : 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ
- (T) : タービン補機海水ポンプ
- (C) : 循環水ポンプ
- (J) : 除じんポンプ

第1.5-10図 浸水防止設備（防水壁，水密扉，床ドレン逆止弁，貫通部止水処置）  
設置箇所の概要

【別添資料1 (2.2)】

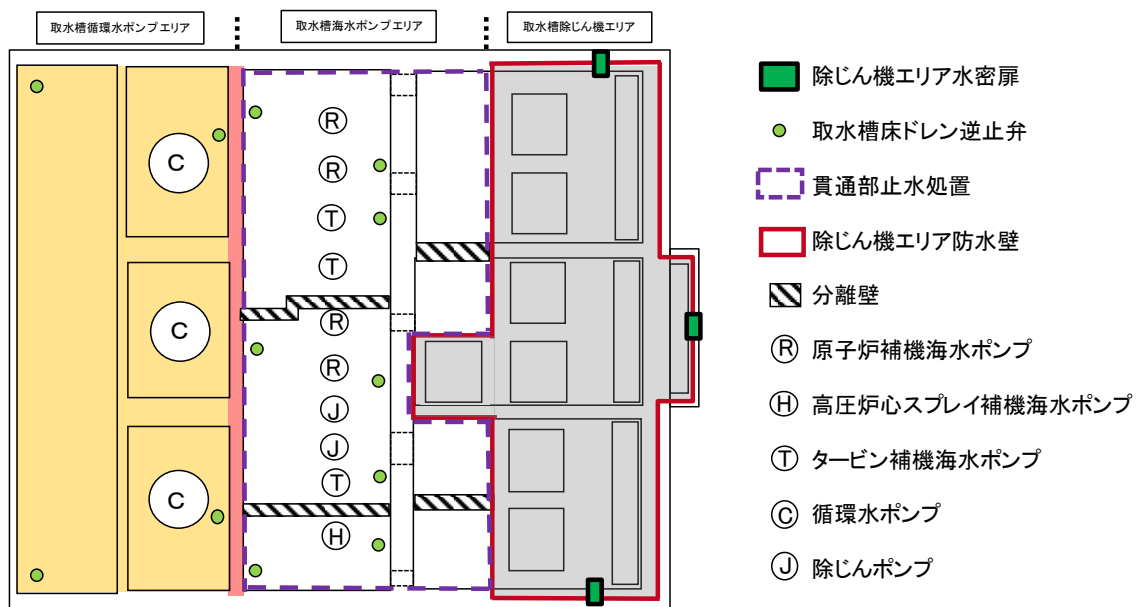
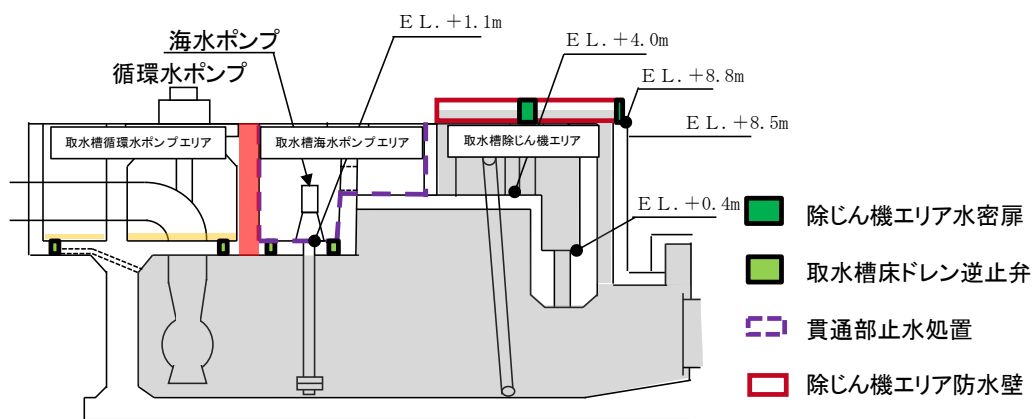




- 循環水ポンプを設置する床面で漏水が継続した場合の浸水想定範囲
- 原子炉補機海水ポンプ及びタービン補機海水ポンプを設置する床面で漏水が継続した場合の浸水想定範囲
- (  津波が到達する範囲)

第1.5-11図 浸水想定範囲

【別添資料1 (2.3)】



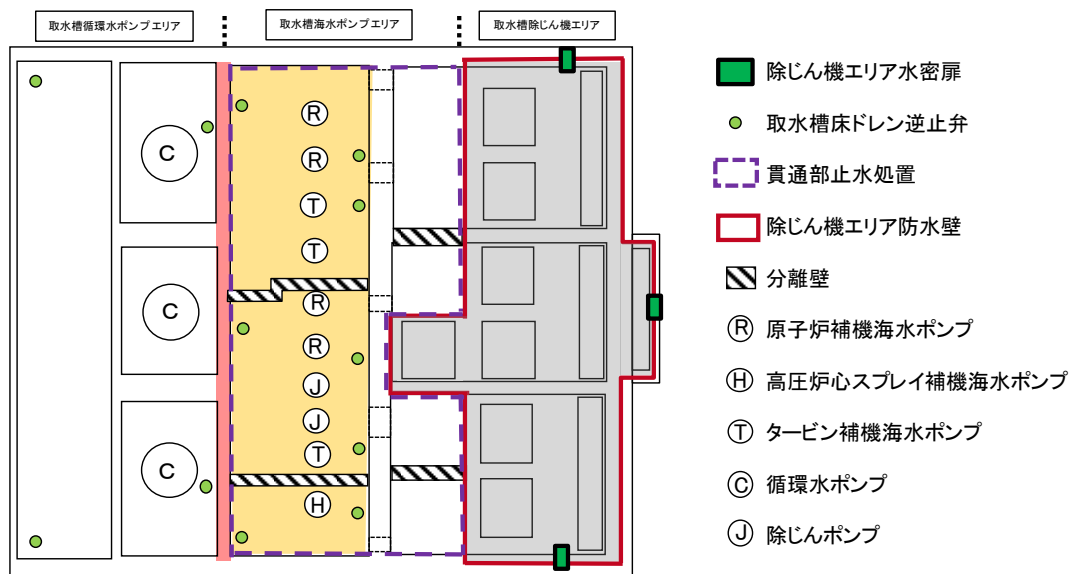
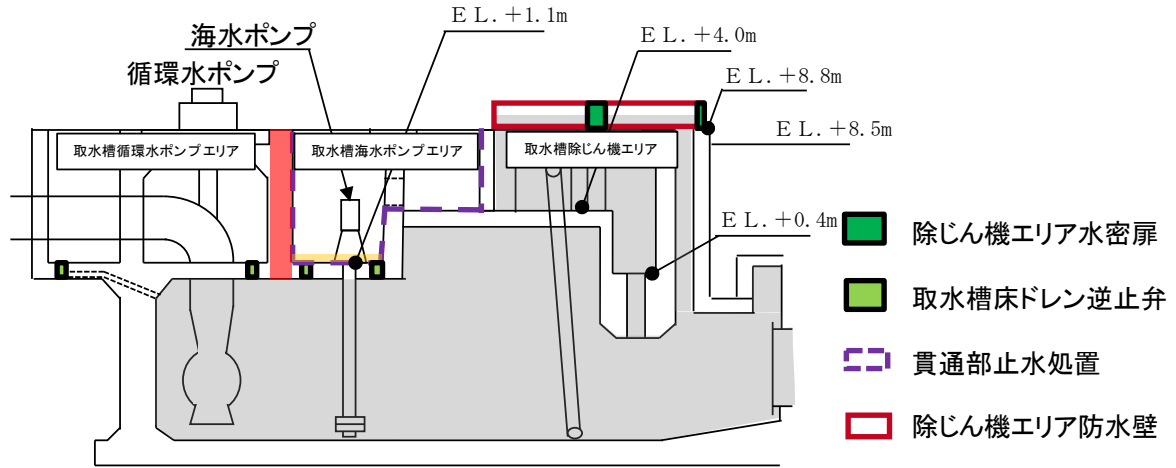
■ 循環水ポンプを設置する床面で漏水が継続した場合の浸水想定範囲

■ 防水区画境界

( ■ 津波が到達する範囲)

第1.5-12図(1) 浸水想定範囲（取水槽循環水ポンプエリア）に対する防水区画化範囲

【別添資料1 (2.3)】



原子炉補機海水ポンプ等を設置する床面で漏水が継続した場合の浸水想定範囲

防水区画境界

(津波が到達する範囲)

第 1.5-12 図(2) 浸水想定範囲 (取水槽海水ポンプエリア) に対する  
防水区画化範囲

【別添資料 1 (2.3)】





### (3) 適合性説明

#### 1.10 発電用原子炉設置変更許可申請に係る安全設計の方針

##### 1.10.1 発電用原子炉設置変更許可申請（平成25年12月25日申請）に係る実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則への適合

（津波による損傷の防止）

第五条 設計基準対象施設（兼用キャスク及びその周辺施設を除く。）は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波（以下「基準津波」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

適合のための設計方針

設計基準対象施設のうち津波防護対象設備は、基準津波に対して、その安全機能が損なわれることがないように次のとおり設計する。

#### (1) 津波の敷地への流入防止

津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を設置する敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、海と接続する取水路、放水路等の経路から、同敷地及び津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物に流入させない設計とする。

#### (2) 漏水による安全機能への影響防止

取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する設計とする。

#### (3) 津波防護の多重化

上記(1)及び(2)の方針のほか、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）は、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離する。そのため、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施す設計とする。

#### (4) 水位低下による安全機能への影響防止

水位変動に伴う取水位低下による重要な安全機能への影響を防止する。そのため、原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系（以下(4)(8)において「非

常用海水冷却系」という。)については、基準津波による水位の低下に対して、原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ(以下(4)において「非常用海水ポンプ」という。)が機能保持でき、かつ冷却に必要な海水が確保できる設計とする。また、基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して取水口、取水槽及び取水管の通水性が確保でき、かつ取水口からの砂の混入に対して非常用海水ポンプが機能保持できる設計とする。

(5) 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の機能保持

津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波(施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝播特性及び流入経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下同じ。)に対して津波防護機能及び浸水防止機能が保持できるように設計する。また、津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。

(6) 地震による敷地の隆起・沈降、地震による影響等

地震による敷地の隆起・沈降、地震(本震及び余震)による影響、津波の繰り返しによる影響、津波による二次的な影響(洗掘、砂移動、漂流物等)及びその他自然条件(風、積雪等)を考慮する。

(7) 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計における荷重の組み合わせ

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計における荷重の組み合わせを考慮する自然現象として、津波(漂流物を含む。)、地震(余震)及びその他自然現象(風、積雪等)を考慮し、これらの自然現象による荷重を適切に組み合わせる。漂流物の衝突荷重については、各施設・設備の設置場所及び構造等を考慮して、漂流物が衝突する可能性がある施設・設備に対する荷重として組み合わせる。その他自然現象による荷重(風荷重、積雪荷重等)については、各施設・設備の設置場所、構造等を考慮して、各荷重が作用する可能性のある施設・設備に対する荷重として組み合わせる。

(8) 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計並びに非常用海水冷却系の取水性の評価

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計並びに非常用海水冷却系の取水性の評価に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施する。なお、その他の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮する。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施する。

### 1.3 気象等

該当なし

### 1.4 設備等（手順等含む）

#### 10.5 津波及び内部溢水に対する浸水防護設備

##### 10.5.1 津波に対する防護設備

###### 10.5.1.1 設計基準対象施設

###### 10.5.1.1.1 概要

発電用原子炉施設の耐津波設計については、「設計基準対象施設は、基準津波に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。」ことを目的として、津波の敷地への流入防止、漏水による安全機能への影響防止、津波防護の多重化及び水位低下による安全機能への影響防止を考慮した津波防護対策を講じる。

津波から防護する設備は、クラス1及びクラス2設備並びに耐震Sクラスに属する設備（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）（以下10.5において「設計基準対象施設の津波防護対象設備」という。）とする。

津波の敷地への流入防止は、設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画の設置された敷地において、基準津波による遡上波の地上部からの到達及び流入の防止対策並びに取水路、放水路等の経路からの流入の防止対策を講じる。

漏水による安全機能への影響防止は、取水・放水施設、地下部等において、漏水の可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する対策を講じる。

津波防護の多重化として、上記2つの対策のほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画のうち、原子炉建物、タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）、廃棄物処理建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）、制御室建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）、取水槽海水ポンプエリア、取水槽循環水ポンプエリア、屋外配管ダクト（ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物、タービン建物～排気筒及びタービン建物～放水槽）、A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、B-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）及び排気筒を設置するエリアは浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離する対策を講じる。

水位低下による安全機能への影響防止は、水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止する対策を講じる。

###### 10.5.1.1.2 設計方針

設計基準対象施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。



耐津波設計に当たっては、以下の方針とする。

- (1) 設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、取水路、放水路等の経路から流入させない設計とする。具体的な設計内容を以下に示す。
  - a. 設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画は、基準津波による遡上波が到達する可能性があるため、津波防護施設を設置し、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。
  - b. 上記 a. の遡上波については、敷地及び敷地周辺の地形及びその標高、河川等の存在並びに地震による広域的な隆起・沈降を考慮して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する。また、地震による変状、繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形又は河川流路の変化等が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。
  - c. 取水路、放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、必要に応じ浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止する設計とする。また、1号炉取水槽に対しては、津波の流入を防止するため、流路縮小工を設置するが、1号炉に悪影響を及ぼさない設計とする。
- (2) 取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する設計とする。具体的な設計内容を以下に示す。
  - a. 取水・放水施設の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設、地下部等における漏水の可能性を検討した上で、漏水が継続することによる浸水範囲を想定（以下10.5において「浸水想定範囲」という。）するとともに、同範囲の境界において浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、浸水防止設備を設置することにより浸水範囲を限定する設計とする。
  - b. 浸水想定範囲及びその周辺に設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）がある場合は、防水区画化するとともに、必要に応じて浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認する。
  - c. 浸水想定範囲における長期間の浸水が想定される場合は、必要に応じ排水設備を設置する。

- (3) 上記(1)及び(2)に規定するもののほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建物及び区画については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離する。そのため、浸水防護重点化範囲を明確化するとともに、津波による溢水を考慮した浸水範囲及び浸水量を保守的に想定した上で、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路及び浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して必要に応じ浸水対策を施す設計とする。
- (4) 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止する。そのため、原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ（以下10.5において「非常用海水ポンプ」という。）については、基準津波による水位の低下に対して、非常用海水ポンプが機能保持でき、かつ、冷却に必要な海水が確保できる設計とする。また、基準津波による水位変動に伴う砂の移動・堆積及び漂流物に対して取水口、取水管及び取水槽の通水性が確保でき、かつ、取水口からの砂の混入に対して非常用海水ポンプが機能保持できる設計とする。
- (5) 津波防護施設及び浸水防止設備については、入力津波（施設の津波に対する設計を行うために、津波の伝播特性、浸水経路等を考慮して、それぞれの施設に対して設定するものをいう。以下10.5において同じ。）に対して津波防護機能及び浸水防止機能が保持できる設計とする。また、津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。具体的な設計内容を以下に示す。
- a. 「津波防護施設」は、防波壁、防波壁通路防波扉及び1号炉取水槽流路縮小工とする。「浸水防止設備」は、屋外排水路逆止弁、防水壁、水密扉、床ドレン逆止弁、隔離弁及びバウンダリ機能保持する機器・配管並びに貫通部止水処置とする。また、「津波監視設備」は、津波監視カメラ及び取水槽水位計とする。
- b. 入力津波については、数値シミュレーションにより、各施設・設備の設置位置において算定される時刻歴波形とする。数値シミュレーションに当たっては、敷地形状、敷地沿岸域の海底地形、津波の敷地への侵入角度、河川の有無、陸上の遡上・伝播の効果、伝播経路上の人工構造物等を考慮する。また、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮する。
- c. 津波防護施設については、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できる設計とする。

- d. 浸水防止設備については、浸水想定範囲等における浸水時及び浸水後の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して、浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。
  - e. 津波監視設備については、津波の影響（波力及び漂流物の衝突）に対して、影響を受けにくい位置への設置及び影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できる設計とする。
  - f. 津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物等が破損、倒壊及び漂流する可能性がある場合には、津波防護施設及び浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止措置又は津波防護施設及び浸水防止設備への影響の防止措置を施す設計とする。
  - g. 上記 c. , d. 及び f. の設計等においては、耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重（浸水高、波力・波圧、洗掘力、浮力等）について、入力津波による荷重から十分な余裕を考慮して設定する。また、余震の発生の可能性を検討した上で、必要に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮する。さらに、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰り返しの襲来による作用が津波防護機能及び浸水防止機能へ及ぼす影響について検討する。
- (6) 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に当たっては、地震による敷地の隆起・沈降、地震（本震及び余震）による影響、津波の繰り返しの襲来による影響、津波による二次的な影響（洗掘、砂移動、漂流物等）及びその他自然条件（風、積雪等）を考慮する。
- (7) 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計における荷重の組合せを考慮する自然現象として、津波（漂流物含む。）、地震（余震）及びその他自然現象（風、積雪等）を考慮し、これらの自然現象による荷重を適切に組み合わせる。漂流物の衝突荷重については、各施設・設備の設置場所及び構造等を考慮して、漂流物が衝突する可能性がある施設・設備に対する荷重として組み合わせる。その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、各施設・設備の設置場所、構造等を考慮して、各荷重が作用する可能性のある施設・設備に対する荷重として組み合わせる。
- (8) 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計並びに非常用海水ポンプの取水性の評価に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮

位を考慮して安全側の評価を実施する。なお、その他の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮する。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される、敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施する。

#### 10.5.1.1.3 主要設備

##### (1) 防波壁

津波による遡上波が津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に到達，流入することを防止し，津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため，日本海及び輪谷湾に面した敷地面に防波壁を設置する。

防波壁は，多重鋼管杭式擁壁，逆T擁壁及び波返重力擁壁で構成され，波返重力擁壁は，岩盤部と改良地盤部により分類される。

多重鋼管杭式擁壁は，鋼管を多重化して鋼管内をコンクリート又はモルタルで充填した多重鋼管による杭基礎構造とし，鋼管杭と鉄筋コンクリート造の被覆コンクリート壁による上部構造とする。鋼管杭は，岩盤に支持させる構造とする。また，施設護岸が損傷した際の津波の地盤中からの回り込みに対し，防波壁の背後に地盤改良を実施する。

逆T擁壁は，直接基礎構造とし，鉄筋コンクリート造の逆T擁壁による上部構造とする。逆T擁壁は，改良地盤を介して岩盤に支持させる構造とし，グラウンドアンカーにより改良地盤及び岩盤に押し付ける構造とする。

波返重力擁壁は，直接基礎構造とし，鉄筋コンクリート造の重力擁壁による上部構造とする。また，ケーソン等を介して岩盤に支持させる構造とする。なお，防波壁両端部については，堅硬な地山斜面に支持させる構造とする。

防波壁は，十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に設置するとともに，基準地震動  $S_s$  による地震力に対して津波防護機能が十分に保持できる設計とする。また，波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し，入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては，漂流物による荷重，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）及び地震（余震）との組合せを適切に考慮する。なお，主要な構造体の境界部には，想定される荷重の作用及び相対変位を考慮し，試験等にて止水性を確認した止水目地で止水処置を講じる設計とする。

なお，漂流物による荷重により，津波防護機能が保持できない場合には，津波防護施設の一部として漂流物対策を講じる。

##### (2) 防波壁通路防波扉

津波による遡上波が津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）の設置され

た敷地に到達，流入することを防止し，津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため，防波壁通路に防波壁通路防波扉を設置する。

防波壁通路防波扉は，鋼管杭又は改良地盤並びに基礎スラブによる基礎構造とし，鋼製の主桁，補助縦桁及びスキンプレート等により構成された防波扉からなる。防波扉の下部及び側部に試験等にて止水性を確認した水密ゴムを設置し，止水性を確保する構造とする。

防波壁通路防波扉は，十分な支持性能を有する岩盤又は改良地盤に設置するとともに，基準地震動  $S_s$  による地震力に対して津波防護機能が十分に保持できる設計とする。また，津波波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し，入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できる設計とする。

設計に当たっては，漂流物による荷重，その他自然現象による荷重（風荷重）との組合せを適切に考慮する。

なお，漂流物による荷重により，津波防護機能が保持できない場合には，津波防護施設の一部として漂流物対策を講じる。

### (3) 1号炉取水槽流路縮小工

津波が1号炉取水槽から津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に流入することを防止し，津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため，1号炉取水槽の取水管端部に鋼製の流路縮小工を設置する。

1号炉取水槽流路縮小工の設計においては，十分な支持性能を有する構造物に設置するとともに，基準地震動  $S_s$  による地震力に対して津波防護機能が十分に保持できる設計とする。また，津波波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性を評価し，構造境界部の止水に配慮した上で，入力津波（静水圧，流水圧及び流水の摩擦による推力）に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計する。設計に当たっては，地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

### (4) 屋外排水路逆止弁

津波が屋外排水路から津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に流入することを防止し，津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため，屋外排水路逆止弁を設置する。

屋外排水路逆止弁は，板材，補強材等の鋼製部材により構成され，敷地内への津波の流入を防止する設備である。

屋外排水路逆止弁は，十分な支持性能を有する構造物に設置するとともに，基準地震動  $S_s$  による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。また，入力津波に対する浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては，地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

## (5) 防水壁

### a. 除じん機エリア防水壁

津波が取水槽から津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に流入することを防止し、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため、除じん機エリアに防水壁を設置する。

除じん機エリア防水壁は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。また、浸水による静水圧に対する耐性を評価し、入力津波に対する浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては、その他自然現象による荷重（風荷重）との組合せを適切に考慮する。なお、主要な構造体の境界部には、想定される荷重の作用及び相対変位を考慮し、試験等にて止水性を確認した止水目地で止水処置を講じる設計とする。

### b. 復水器エリア防水壁

タービン建物（復水器を設置するエリア）から浸水防護重点化範囲への溢水の流入を防止し、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため、タービン建物（復水器を設置するエリア）に復水器エリア防水壁を設置する。

復水器エリア防水壁は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。また、溢水による静水圧として作用する荷重及び余震荷重を考慮した場合において、浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。

## (6) 水密扉

### a. 除じん機エリア水密扉

津波が取水槽から津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に流入することを防止し、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため、除じん機エリアに水密扉を設置する。

除じん機エリア水密扉は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。また、浸水による静水圧に対する耐性を評価し、入力津波に対する浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては、その他自然現象による荷重（風荷重）との組合せを適切に考慮する。

### b. 復水器エリア水密扉

タービン建物（復水器を設置するエリア）から浸水防護重点化範囲への溢水の流入を防止し、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため、タービン建物（復水器を設置するエリア）に復水器エリア水密扉を設置する。

復水器エリア水密扉は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。また、溢水による静水圧として作用する荷重及び

余震荷重を考慮した場合において、浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。

#### (7) 床ドレン逆止弁

##### a. 取水槽床ドレン逆止弁

津波が取水槽の床面開口部から取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアに流入することを防止することにより、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため、取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアに床ドレン逆止弁を設置する。

取水槽床ドレン逆止弁は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるように設計する。また、浸水時の波圧等に対する耐性を評価し、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては、その他自然現象による荷重（積雪荷重）及び地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

##### b. タービン建物床ドレン逆止弁

タービン建物（復水器を設置するエリア）から浸水防護重点化範囲への溢水の流入を防止し、津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため、タービン建物に床ドレン逆止弁を設置する。

タービン建物床ドレン逆止弁は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して浸水防止機能が保持できる設計とする。また、溢水による静水圧として作用する荷重及び余震荷重を考慮した場合において、浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。

#### (8) 隔離弁（電動弁，逆止弁）

##### a. 電動弁

海水系機器・配管等の損傷箇所を介した津波が浸水防護重点化範囲に流入することを防止するため、タービン補機海水ポンプの出口に隔離弁（電動弁）を設置する。

隔離弁（電動弁）は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるように設計する。また、弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力又は  $S$  クラスの施設に適用する静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。さらに、浸水時の波圧等に対する耐性を評価し、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては、地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

##### b. 逆止弁

海水系機器・配管等の損傷箇所を介した津波が浸水防護重点化範囲に流入することを防止するため、タービン補機海水系配管（放水配管）及び液体廃棄物処理系配管に隔離弁（逆止弁）を設置する。

隔離弁（逆止弁）は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して浸水防止機能が十

分に保持できるように設計する。また、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は $S$ クラスの施設に適用する静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。さらに、浸水時の波圧等に対する耐性を評価し、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては、地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

#### (9) ポンプ及び配管

地震により損傷した場合に津波が浸水防護重点化範囲に流入することを防止するため、バウンダリ機能を保持するポンプ及び配管を設置する。

ポンプ及び配管は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるように設計する。また、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は $S$ クラスの施設に適用する静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。さらに、浸水時の波圧等に対する耐性を評価し、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては、地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

以下にバウンダリ機能を保持するポンプ及び配管を示す。（【】内は設置エリアを示す。）

- ・タービン補機海水ポンプ【取水槽海水ポンプエリア】
- ・タービン補機海水系配管【取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリア】
- ・循環水ポンプ及び配管【取水槽循環水ポンプエリア】
- ・原子炉補機海水系配管（放水配管）及び高圧炉心スプレイ補機海水系配管（放水配管）【タービン建物（耐震 $S$ クラスの設備を設置するエリア）及び屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）】
- ・除じんポンプ及び配管【取水層海水ポンプエリア】

#### (10) 貫通部止水処置

津波が取水槽から津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を設置する敷地に流入することのない設計とするため、取水 $C/C$ ケーブルダクトとの境界に貫通部止水処置を実施する。

また、津波が取水槽除じん機エリア及び放水槽から流入することのない設計とするため、取水槽海水ポンプエリア及び屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）との境界に貫通部止水処置を実施する。

さらに、地震によるタービン建物（復水器を設置するエリア）の循環水系配管及び低耐震クラス機器の損傷に伴い溢水する保有水が浸水防護重点化範囲へ流入することを防止するため、タービン建物（復水器を設置するエリア）とタービン建物（耐震 $S$ クラスの設備を設置するエリア）、原子炉建物及び取水槽循環水ポンプエリアの境界に貫通部止水処置を実施する。

貫通部止水処置は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して浸水防止機能が十分



に保持できる設計とする。また、浸水時及び浸水後の水圧等に対する耐性等を評価し、入力津波に対する浸水防止機能が十分に保持できる設計とする。設計に当たっては、地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

上記(1)から(7)の各施設・設備における許容限界は、地震後及び津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、止水性の面も踏まえることにより、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、各施設・設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

上記(8)及び(9)の隔離弁、ポンプ及び配管の許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対しては、浸水防止機能に対する機能保持限界として、地震後の再使用性を考慮し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを基本とする。津波荷重（余震荷重含む）に対しては、浸水防止機能に対する機能保持限界として、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、止水性の面も踏まえることにより、当該設備全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、各施設・設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。また、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられることを確認する。なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

上記(10)の貫通部止水処置については、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、止水性の維持を考慮して、貫通部止水処置が健全性を維持することとする。

各施設・設備の設計及び評価に使用する津波荷重の設定については、入力津波が有する数値シミュレーション上の不確かさ及び各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重の算定過程に介在する不確かさを考慮する。

入力津波が有する数値シミュレーション上の不確かさの考慮に当たっては、各施設・設備の設置位置で算定された津波の高さを安全側に評価して入力津波を設定することで、不確かさを考慮する。

各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重の算定過程に介在する不確かさの考慮に当たっては、入力津波の荷重因子である浸水高、速度、津波波力等を安全側に評価することで、不確かさを考慮し、荷重設定に考慮している余裕の程度を検討する。

津波波力の算定においては、津波波力算定式等、幅広く知見を踏まえて、十分な余裕を考慮する。

漂流物の衝突による荷重の評価に際しては、津波の流速による衝突速度の設定における不確実性を考慮し、流速について十分な余裕を考慮する。

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計において、基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある地震（余震）についてそのハザードを評価

し、その活動に伴い発生する余震による荷重を設定する。

余震荷重については、基準津波の継続時間のうち最大水位変化を生起する時間帯を踏まえ過去の地震データを抽出・整理することにより余震の規模を想定し、余震としてのハザードを考慮した安全側の評価として、この余震規模から求めた地震動に対してすべての周期で上回る地震動を弾性設計用地震動の中から設定する。

主要設備の配置図を第10.5-1図に、また、概念図を第10.5-2図～第10.5-17図に示す。

#### 10.5.1.1.4 主要設備の仕様

浸水防護設備の主要仕様を第10.5-1表に示す。

#### 10.5.1.1.5 試験検査

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備は、健全性及び性能を確認するため、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査を実施する。

#### 10.5.1.1.6 手順等

津波に対する防護については、津波による影響評価を行い、設計基準対象施設の津波防護対象設備が基準津波によりその安全機能を損なわないよう手順を定める。

- (1) 防波壁通路防波扉については、原則閉運用とし、開放後の確実な閉止操作、中央制御室における閉止状態の確認、閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順を定める。
- (2) 引き波時の非常用海水ポンプの取水性確保を目的として、循環水ポンプについては、発電所を含む地域に大津波警報が発令された場合、停止する操作手順を定める。
- (3) 水密扉については、原則閉止運用とし、開放後の確実な閉止操作、中央制御室における閉止状態の確認、閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順を定める。
- (4) 燃料等輸送船に関し、入港する前までに、津波時に漂流物とならない係留方法を策定する手順を定める。また、津波警報等が発令された場合において、荷役作業を中断し、緊急離岸する船側と退避状況に関する情報連絡を行う手順を定める。さらに、陸側作業員及び輸送物に関し、津波警報等が発令された場合において、荷役作業を中断し、陸側作業員を退避させるとともに、輸送物の退避の可否判断を含めた退避の手順を定める。手順には、輸送物を退避できない場合において、輸送物を漂流物としないための措置も含める。なお、その他の作業船、貨物船等の港湾内に停泊する船舶に対しては、入港する前までに、津波時に漂流物とならない係留方法を策定する手順を定める。さらに、津波警報等が発表された場合において、作業を中断し、陸側作業員を退避させるととも

- に、緊急離岸する船側と退避状況に関する情報連絡を行う手順を定める。
- (5) 津波監視カメラ及び取水槽水位計による津波の襲来状況の監視に係る手順を定める。
  - (6) 漂流物調査範囲内の人工建造物の設置状況の変化を把握するため、定期的に設置状況を確認する手順を定める。さらに、従前の評価結果に包絡されない場合は、人工建造物が漂流物となる可能性、非常用海水ポンプの取水性並びに津波防護施設及び浸水防止設備の健全性への影響評価を行い、影響がある場合は漂流物対策を実施する。
  - (7) 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備については、各施設及び設備に要求される機能を維持するため、適切な保守管理を行うとともに、故障時においては補修を行う。
  - (8) 津波防護に係る手順に関する教育並びに津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の保守管理に関する教育を定期的実施する。10.5.1.1.6手順等津波に対する防護については、津波による影響評価を行い、設計基準対象施設の津波防護対象設備が基準津波により安全機能を損なわないよう手順を定める。

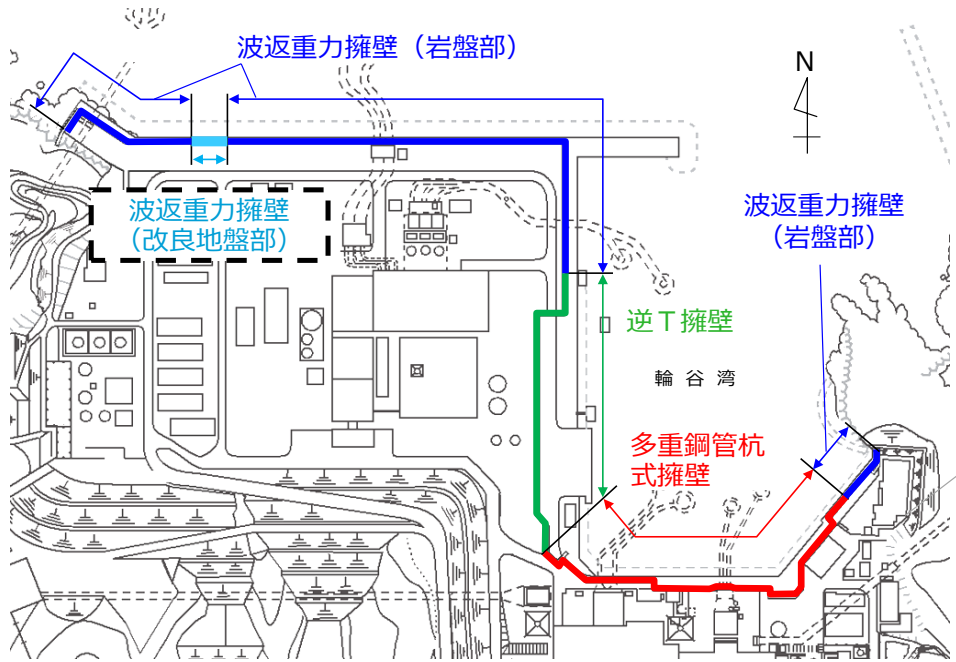
第10.5-1表 浸水防護設備の主要仕様

- |      |             |               |
|------|-------------|---------------|
| (1)  | 防波壁         |               |
|      | 種 類         | 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） |
|      | 個 数         | 1             |
| (2)  | 防波壁         |               |
|      | 種 類         | 防波壁（逆T擁壁）     |
|      | 個 数         | 1             |
| (3)  | 防波壁         |               |
|      | 種 類         | 防波壁（波返重力擁壁）   |
|      | 個 数         | 1             |
| (4)  | 防波壁通路防波扉    |               |
|      | 種 類         | 防波壁通路防波扉      |
|      | 個 数         | 4             |
| (5)  | 1号炉取水槽流路縮小工 |               |
|      | 種 類         | 流路縮小工         |
|      | 個 数         | 2             |
| (6)  | 屋外排水路逆止弁    |               |
|      | 種 類         | 逆止弁           |
|      | 個 数         | 14            |
| (7)  | 防水壁         |               |
|      | 種 類         | 防水壁           |
|      | 個 数         | 2             |
| (8)  | 水密扉         |               |
|      | 種 類         | 片開扉           |
|      | 個 数         | 一式            |
| (9)  | 床ドレン逆止弁     |               |
|      | 種 類         | 逆止弁           |
|      | 個 数         | 一式            |
| (10) | 隔離弁         |               |
|      | 種 類         | 電動弁，逆止弁       |
|      | 個 数         | 一式            |
| (11) | ポンプ及び配管     |               |
|      | 種 類         | ポンプ，配管        |
|      | 個 数         | 一式            |
| (12) | 貫通部止水処置     |               |
|      | 種 類         | 貫通部止水         |
|      | 個 数         | 一式            |

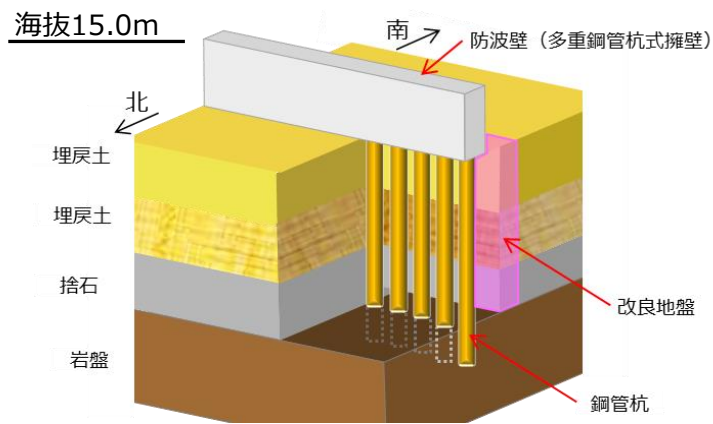


第10.5-1図 津波防護対象施設の配置図

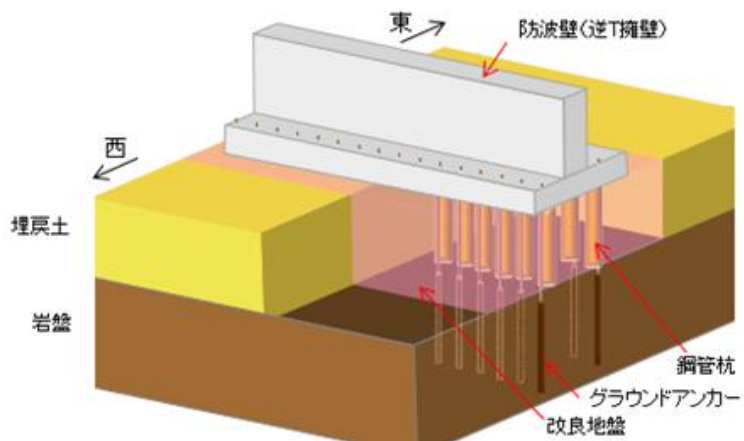
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



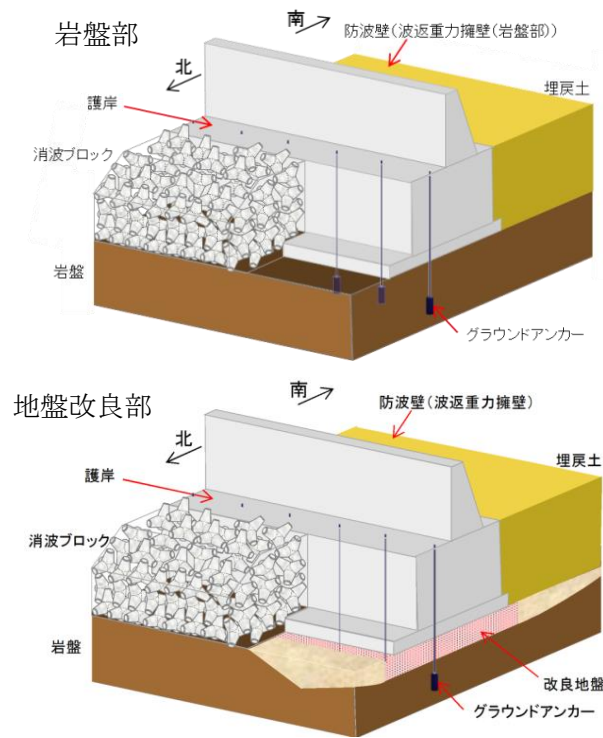
第10.5-2図 防波壁配置図



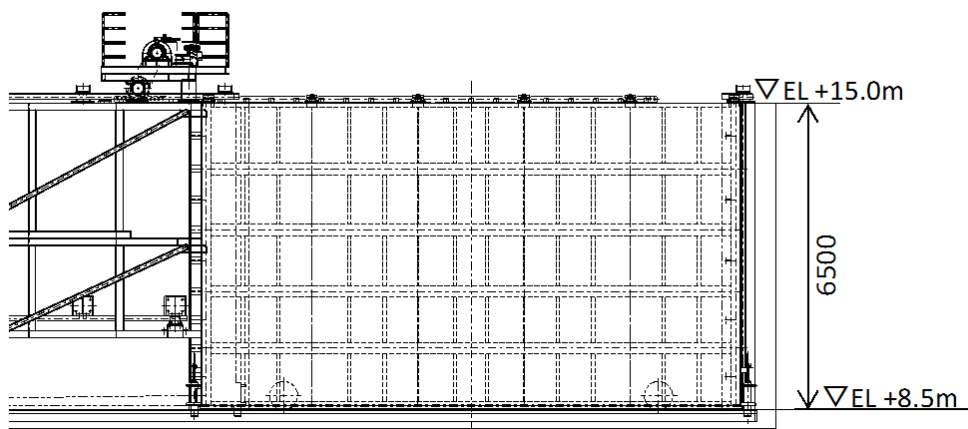
第10.5-3図 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) 概念図



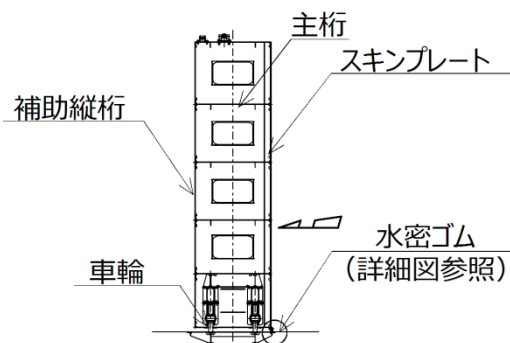
第10.5-4図 防波壁 (逆T擁壁) 概念図



第10.5-5図 防波壁（波返重力擁壁）概念図

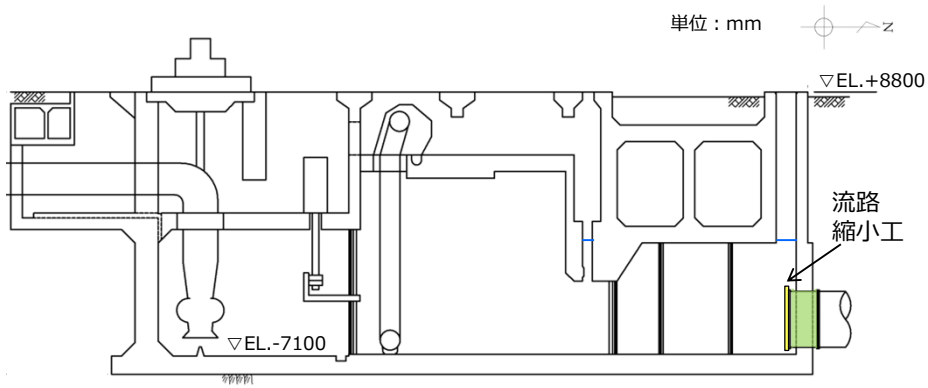


正面図

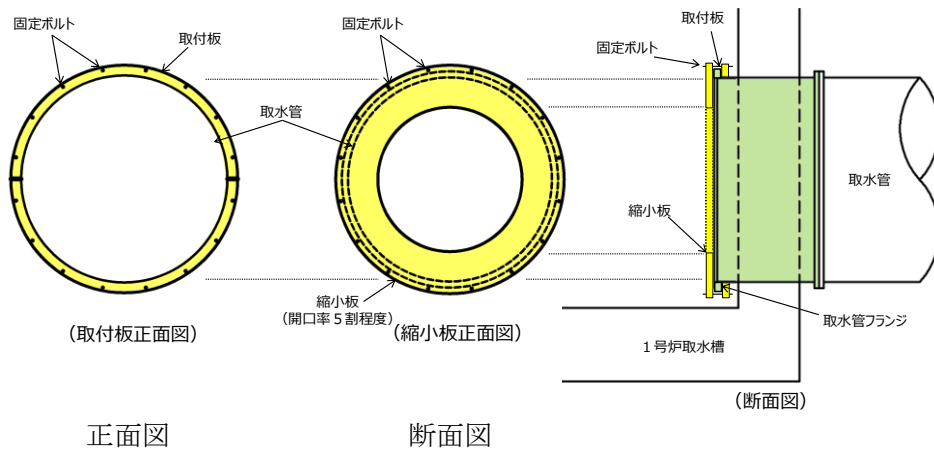


断面図

第10.5-6図 防波壁通路防波扉（3号炉東側）概念図



断面図

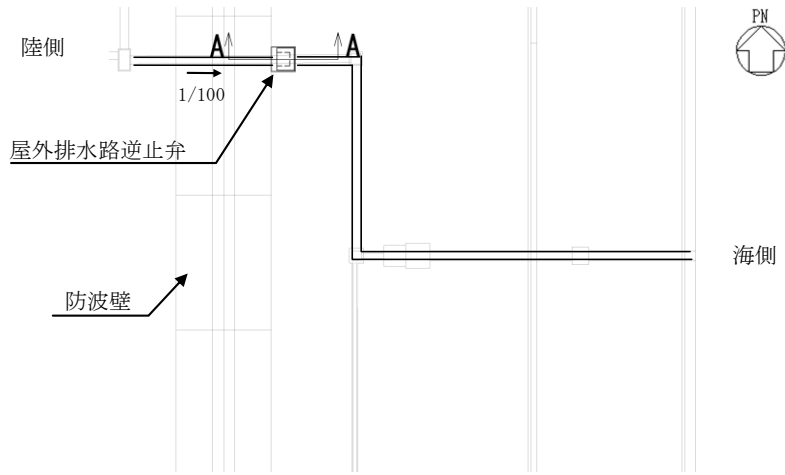


正面図

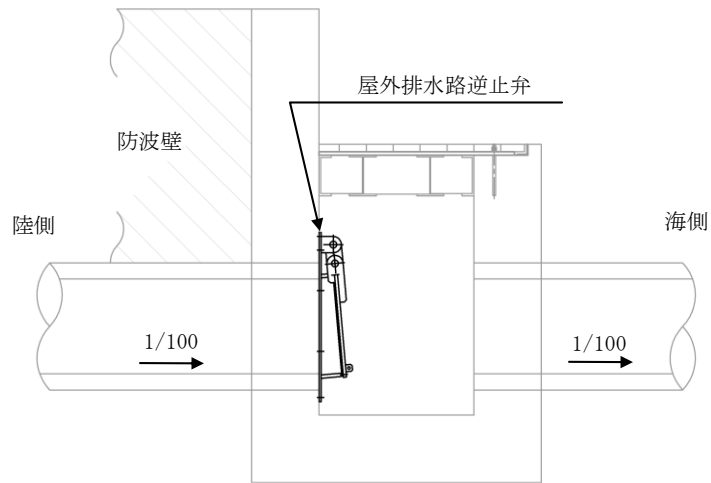
断面図

第10.5-7図 1号炉取水槽流路縮小工概念図

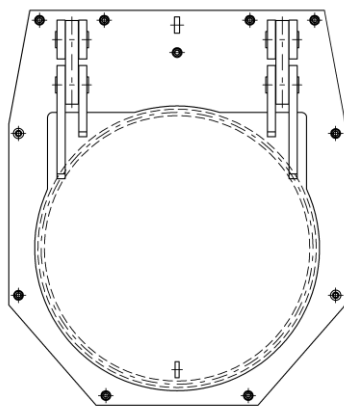




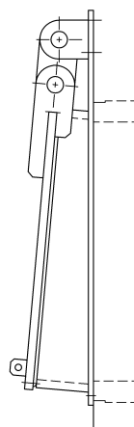
平面图



A-A断面图

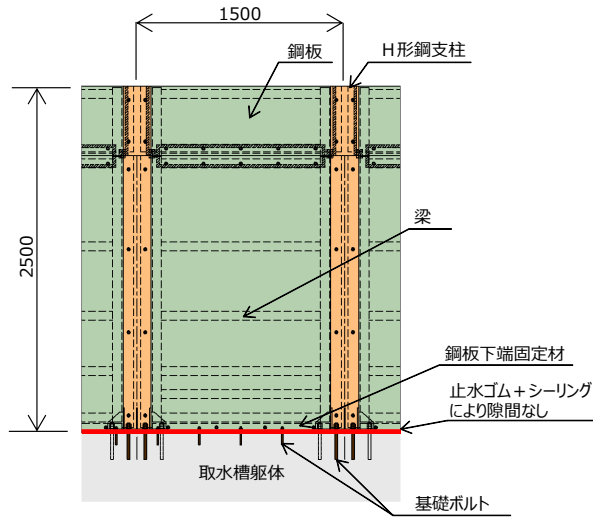


正面图

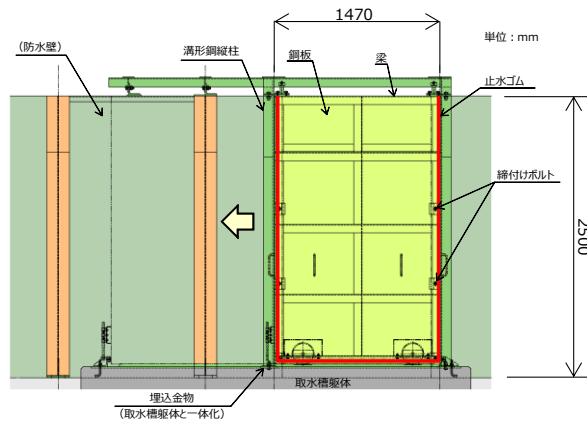


断面图

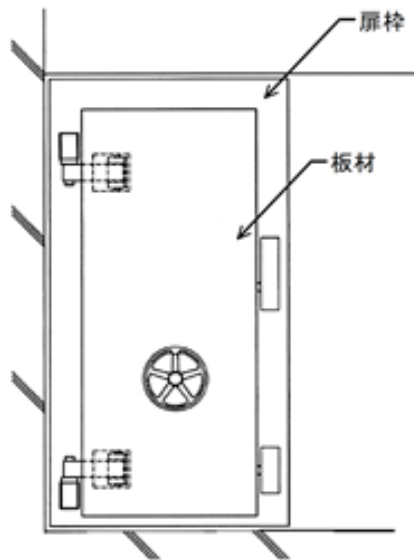
第10.5-8图 屋外排水路逆止弁概念图



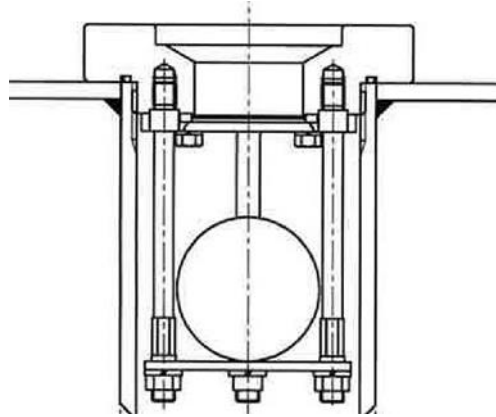
第10.5-9図 除じん機エリア防水壁概念図



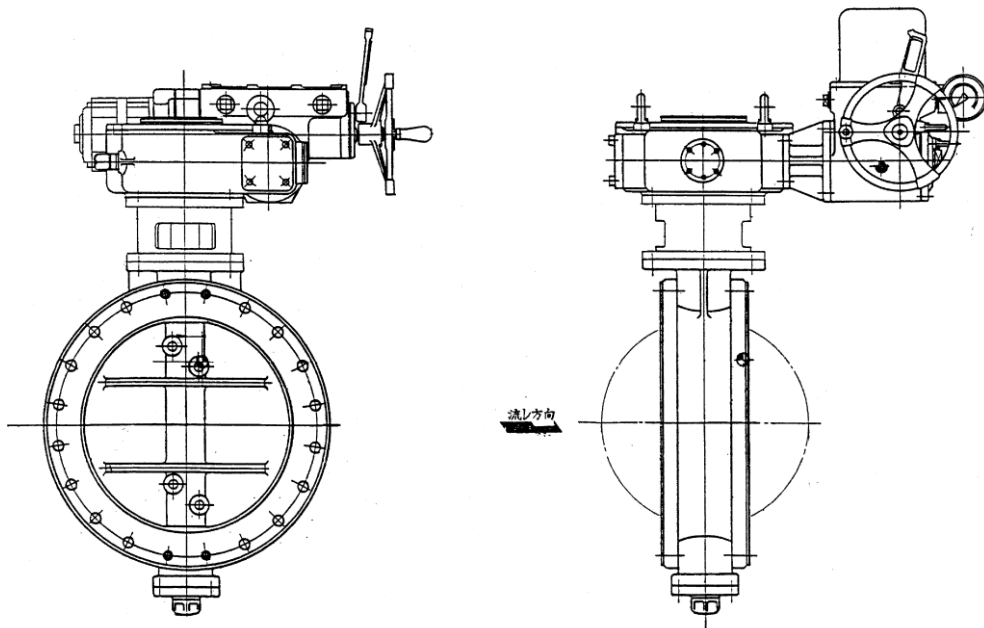
第10.5-10図 除じん機エリア水密扉概念図



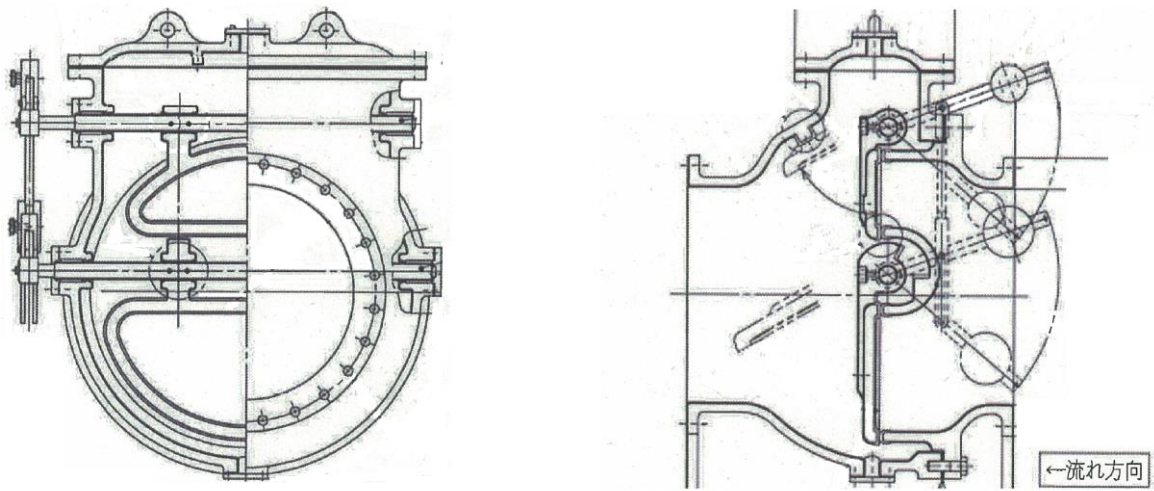
第10.5-11図 復水器エリア水密扉概念図



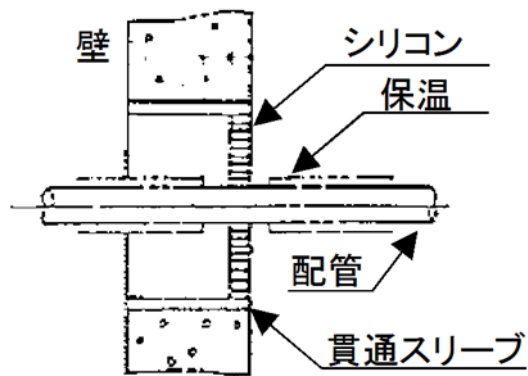
第10.5-12図 床ドレン逆止弁概念図



第10.5-13図 隔離弁（電動弁）概念図

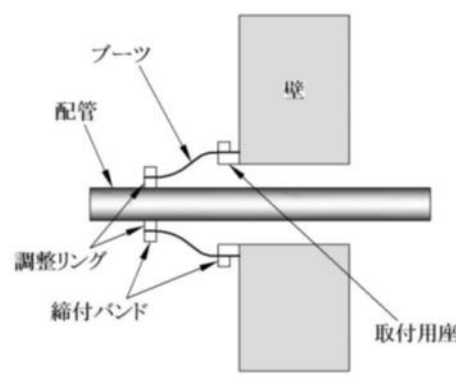


第10.5-14図 隔離弁（逆止弁）概念図



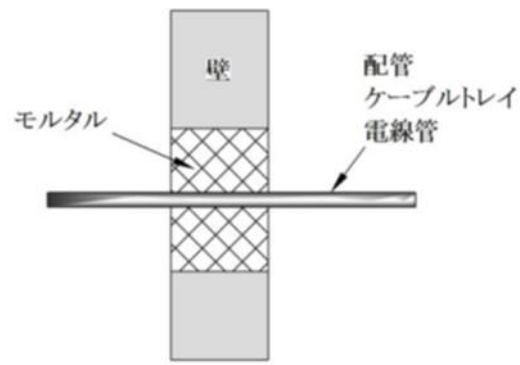
(シリコンシール)

第10.5-15図 貫通部止水処置の概念図



(ラバーブーツ)

第10.5-16図 貫通部止水処置の概念図



(モルタル)

第10.5-17図 貫通部止水処置の概念図

# 島根原子力発電所 2 号炉 耐津波設計方針について

## 目 次

### I. はじめに

### II. 耐津波設計方針

#### 1. 基本事項

- 1.1 津波防護対象の選定
- 1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
- 1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
- 1.4 入力津波の設定
- 1.5 水位変動，地殻変動の考慮
- 1.6 設計または評価に用いる入力津波

#### 2. 設計基準対象施設の津波防護方針

- 2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
- 2.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）
- 2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）
- 2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
- 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
- 2.6 津波監視

#### 3. 重大事故等対処施設の津波防護方針

- 3.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
- 3.2 敷地への浸水防止（外郭防護1）
- 3.3 漏水による重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止  
（外郭防護2）
- 3.4 重大事故等に対処するために必要な機能を有する施設の隔離（内郭防護）
- 3.5 水位変動に伴う取水性低下による重大事故等に対処するために必要な  
機能への影響防止
- 3.6 津波監視

#### 4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

- 4.1 津波防護施設の設計
- 4.2 浸水防止設備の設計
- 4.3 津波監視設備の設計
- 4.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

(添付資料)

1. 基準津波に対して機能を維持すべき設備とその配置
2. 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
3. 地震時の地形等の変化による津波遡上経路への影響について
4. 日本海東縁部に想定される地震による発電所敷地への影響について
5. 港湾内の局所的な海面の励起について
6. 管路計算の詳細について
7. 入力津波に用いる潮位条件について
8. 入力津波に対する水位分布について
9. 津波防護対策の設備の位置付けについて
10. 内郭防護において考慮する溢水の浸水範囲、浸水量について
11. 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策の設置位置、実施範囲及び施工例
12. 基準津波に伴う砂移動評価について
13. 島根原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について
14. 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
15. 津波漂流物の調査要領について
16. 燃料等輸送船の係留索の耐力について
17. 燃料等輸送船の喫水高さと津波高さとの関係について
18. 漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について
19. 津波監視設備の監視に関する考え方
20. 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
21. 基準類における衝突荷重算定式及び衝突荷重について
22. 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
23. 水密扉の運用管理について
24. 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）
25. 防波壁の設計方針及び構造成立性評価結果について
26. 防波壁及び防波壁通路防波扉の津波荷重の設定方針について
27. 浸水防護重点化範囲内に設置する海域と接続する低耐震クラス機器及び配管の津波流入防止対策について
28. タービン建物（耐震Sクラスの設備を設置するエリア）及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備に対する浸水影響について
29. 1号炉取水槽流路縮小工について
30. 取水槽除じん機エリア防水壁及び取水槽除じん機エリア水密扉の設計方針及び構造成立性の見通しについて
31. 施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速について
32. 海水ポンプの実機性能試験について
33. 海水ポンプの吸込流速が砂の沈降速度を上回る範囲について
34. 水位変動・流向ベクトルについて
35. 荷揚場作業に係る車両・資機材の漂流物評価について



36. 構外海域の漂流物が施設護岸及び取水口へ到達する可能性について
37. 津波発生時の運用対応について
38. 地震後の荷揚場の津波による影響評価について
39. 防波壁通路防波扉の設計及び運用対応について
40. 浸水防止設備のうち機器・配管系の基準地震動  $S_s$  に対する許容限界について
41. 1号炉放水連絡通路の閉塞について
42. 総トン数10トン以上のイカ釣り漁船の操業禁止区域について
43. 島根原子力発電所の周辺海域で操業する漁船について
44. 基礎底面の傾斜による防波壁の構造成立性について

(参考資料)

- － 1 島根原子力発電所における津波評価について
- － 2 島根原子力発電所2号炉内部溢水の影響評価について(別添資料1第9章)
- － 3 島根原子力発電所2号炉内部溢水の影響評価について(別添資料1第10章)
- － 4 島根原子力発電所2号炉内部溢水の影響評価について(別添資料1補足説明資料30)
- － 5 津波防護上の地山範囲における地質調査 柱状図及びコア写真集(第762回審査会合 机上配布資料, 第802回審査会合 机上配布資料, 第841回審査会合 机上配布資料)

下線は、今回の提出資料を示す。

#### 4.3 津波監視設備の設計

##### 【規制基準における要求事項等】

津波監視設備については、津波の影響（波力、漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。

##### 【検討方針】

津波監視設備については、津波の影響（波力、漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計する。

##### 【検討結果】

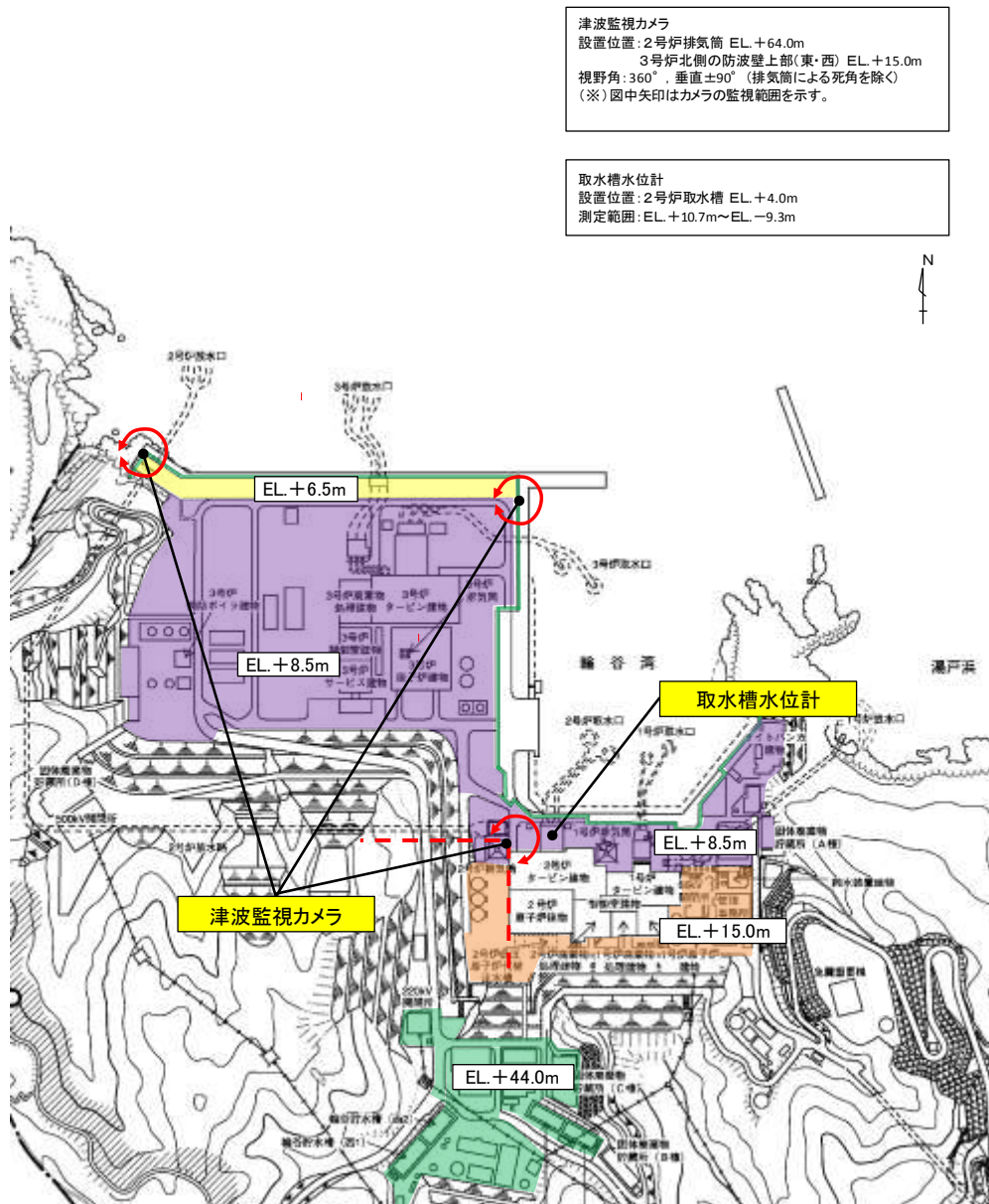
津波監視設備としては、津波監視カメラと取水槽水位計を設置する。

津波監視カメラは、耐震性、耐津波性を有し、敷地前面における津波襲来状況の監視が可能な場所として、2号炉排気筒のE L. +64.0m、3号炉北側の防波壁上部東側及び3号炉北側の防波壁上部西側のE L. +15.0mに設置する。

一方、取水槽水位計は2号炉の取水槽床面E L. +4.0mに設置するものであり当該部における入力津波高さよりも低位への設置となるが、「2. 設計基準対象施設の津波防護方針」に示したとおり、当該設置エリアは外郭防護と内郭防護により浸水の防止及び津波による影響からの隔離を図っている。このため、取水槽水位計についても津波の影響を受けることはない。

以上のとおり、津波監視設備は入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計としている。

津波監視設備の設置の概要を第4.3-1図に、また、設備ごとの設計方針の詳細を以下に示す。



第4.3-1図 津波監視設備の配置

※ 設計中であり，詳細設計段階にて変更する可能性がある。

(1) 津波監視カメラ

a. 仕様

津波監視カメラは，耐震性，耐津波性を有し，敷地前面における津波襲来状況の監視が可能な場所として，2号炉排気筒のEL. +64.0m，3号炉北側の防波壁上部東側及び3号炉北側の防波壁上部西側EL. +15.0mに設置する。なお，排気筒に設置する津波監視カメラの設置位置は高所であるが，本設のグレーチングフロア上であり，かつ同じフロアへは本設の階段が敷設されているため，施工や保守の作業，アクセスに当たり支障はない。

地震後や津波前後の主要位置における津波防護施設及び浸水防止設備の状況，並びに敷地前面における津波襲来状況をリアルタイムかつ継続的に把握

するため、視野角が広く（水平360°，垂直±90° 旋回可能），光学及び赤外線撮像機能を有するカメラを選定する。撮影した映像は2号炉の中央制御室に設置した監視設備に表示可能とし、本体及び監視設備は非常用電源設備及び代替交流電源設備から受電可能な設計とする。

津波監視カメラの仕様を第4.3-1表に、設置位置を第4.3-2図に、監視カメラの映像イメージを第4.3-3図に、監視カメラの視野範囲を第4.3-4図に示す。第4.3-4図に示すとおり、発電所敷地内に設置した3台の津波監視カメラにより、津波防護施設及び浸水防止設備の状態，並びに敷地前面の津波の襲来の状況を確認するための視野範囲は確保される。

また、津波監視カメラは基準地震動  $S_s$  による地震力に対して機能を保持する設計とするため、地震時に機能喪失することはないが、万一、独立事象である竜巻等の自然現象や機器の単一故障により機能喪失した場合においても、予備品を有しており、速やかに復旧（1日程度）することが可能であるため、復旧中に基準津波が発生する可能性は十分小さい。

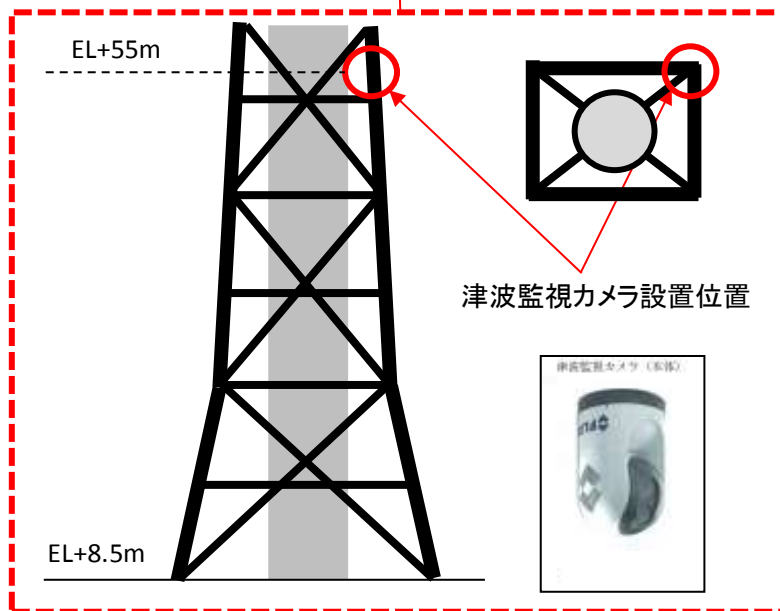
なお、津波監視カメラは津波監視設備であり、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に示される重要度の特に高い安全機能を有する施設に該当しないため、設置許可基準規則第12条の多重性又は多様性を要求される設備ではないが、仮に1台が機能喪失した場合においても、残り2台の津波監視カメラにより主要位置（発電所前面海域、輪谷湾及び防波壁<sup>※</sup>）における津波襲来時の状況を継続的に把握することが可能である。津波監視カメラが1台機能喪失した場合の視野範囲について第4.3-5図に示す。

敷地内の状況は、第4.3-6図に示すとおり「設置許可基準規則第26条（原子炉制御室等）」の要求に基づき中央制御室から外の状況を把握する設備として設置する構内監視カメラにより監視可能な設計とする。

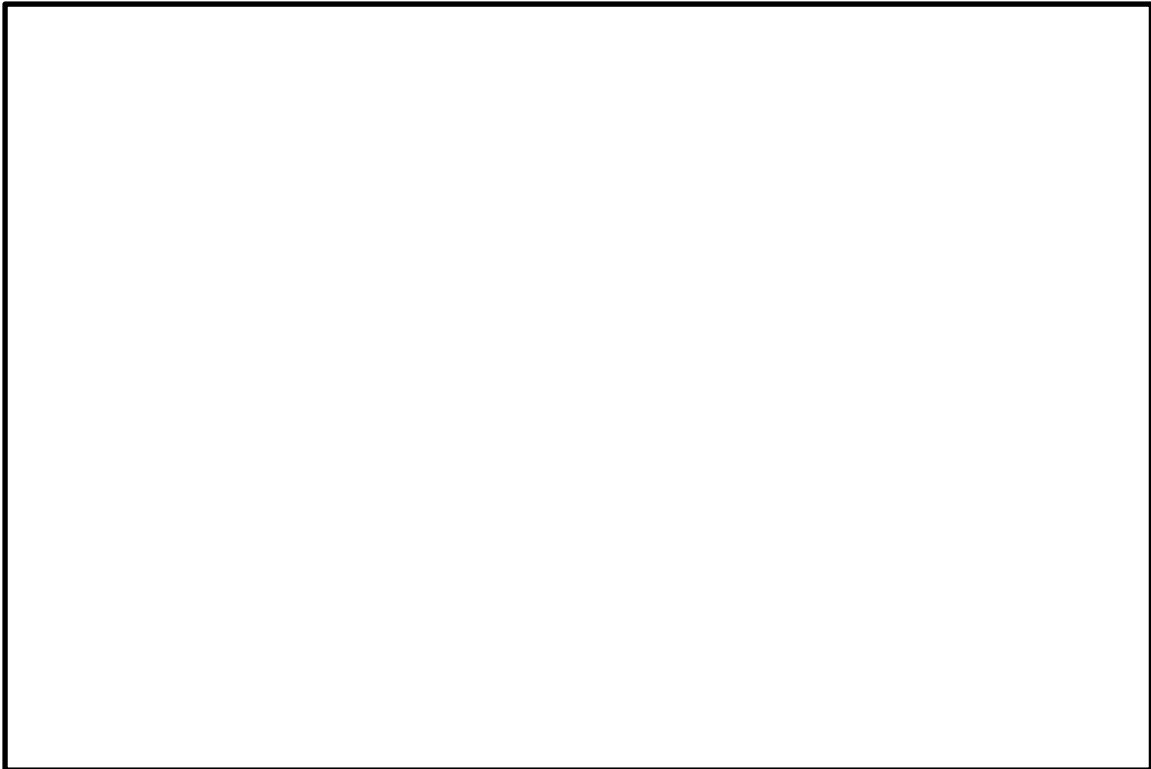
※ 防波壁付近の一部が監視不可範囲となる場合があるが、発電所前面海域及び輪谷湾は監視できており、津波襲来時の状況は確認できる。

第4.3-1表 津波監視カメラの仕様

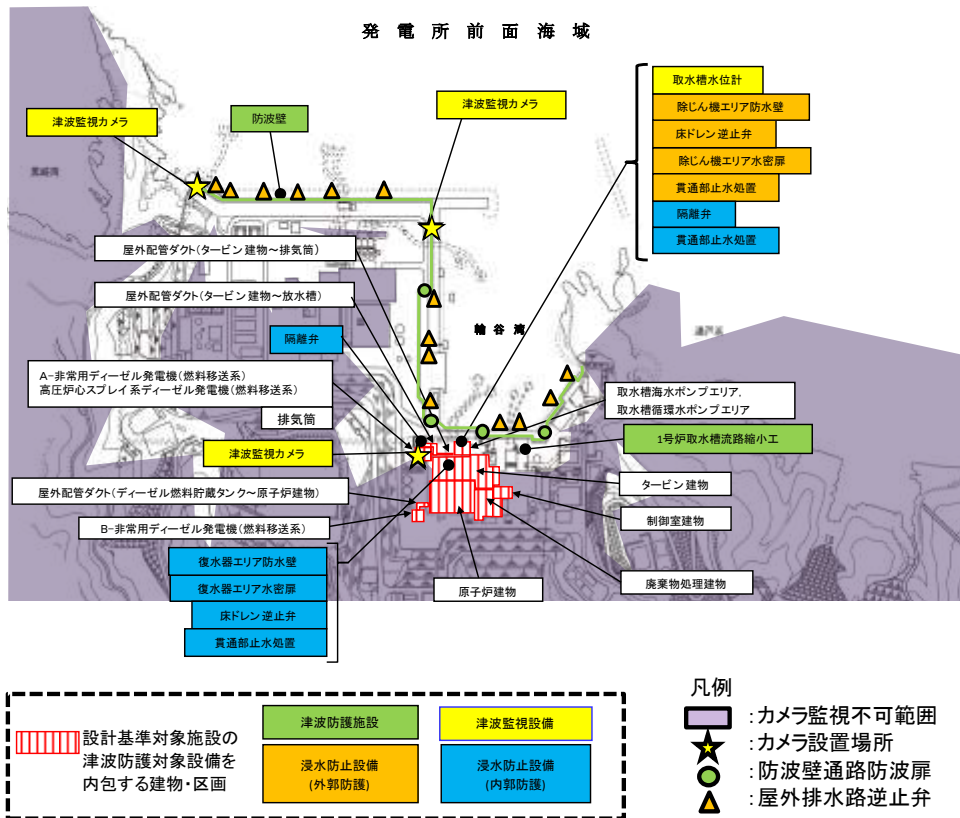
津波監視カメラ	
外観 (イメージ)	
カメラ構成	可視光と赤外線のデュアルカメラ
ズーム	赤外線カメラ：デジタルズーム2, 4倍
遠隔可動	水平可動：360° 上下可動：±90°
暗視機能	可能（赤外線カメラ）
耐震設計	Sクラス
供給電源	非常用電源（無停電交流電源） 代替交流電源設備
風荷重	風速（30m/s）による荷重を考慮
積雪荷重	積雪（100cm）による荷重を考慮
台数	2号炉排気筒 1台 3号炉北側防波壁上部（東） 1台 3号炉北側防波壁上部（西） 1台



第4.3-2図 津波監視カメラ設置位置

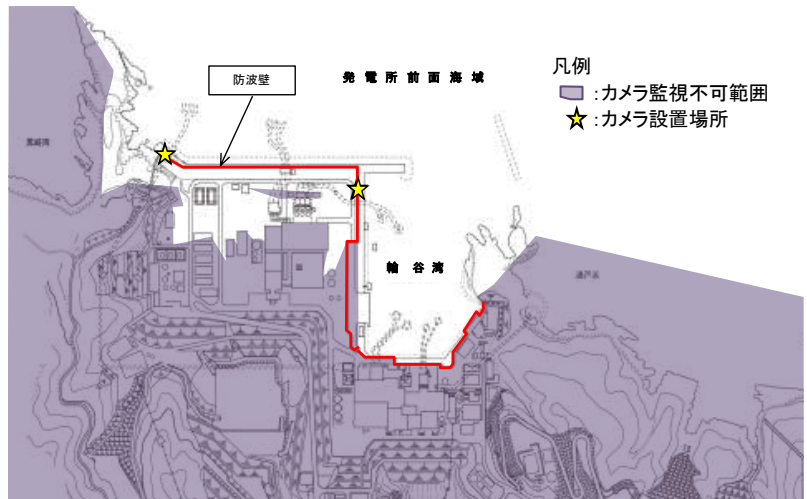


第4.3-3図 津波監視カメラ映像イメージ (排気筒 E L. +64.0m)

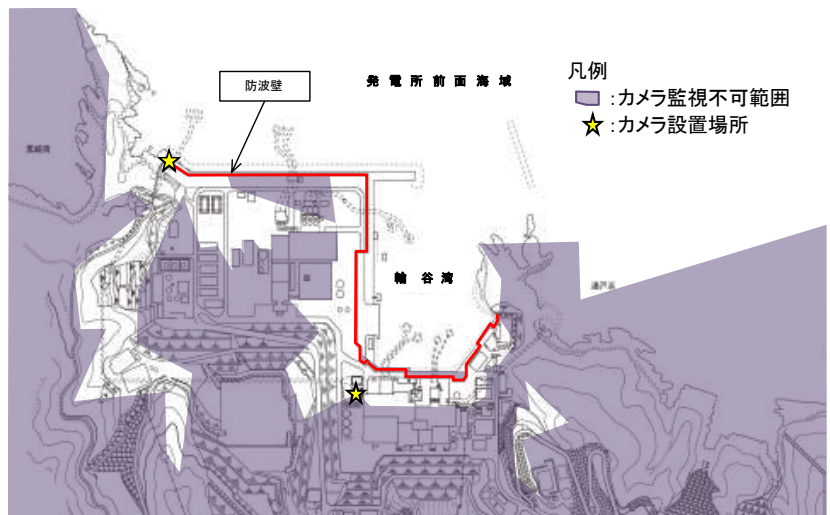


第4.3-4図 津波監視カメラの視野範囲

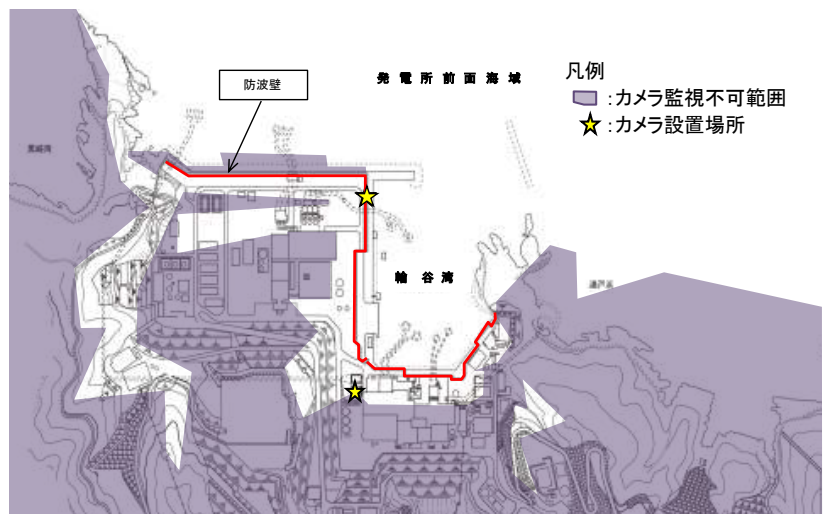
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第4.3-5-1図 津波監視カメラが1台機能喪失した場合の視野範囲  
(2号炉排気筒E.L.+64.0m位置が機能喪失した場合)



第4.3-5-2図 津波監視カメラが1台機能喪失した場合の視野範囲  
(3号炉北側の防波壁上部東側E.L.+15.0m位置が機能喪失した場合)



第4.3-5-3図 津波監視カメラが1台機能喪失した場合の視野範囲  
(3号炉北側の防波壁上部西側E.L.+15.0m位置が機能喪失した場合)

### 2.1.2 監視カメラについて

監視カメラは、津波監視カメラ及び構内監視カメラにて構成する。

津波監視カメラは、遠方からの津波の接近を適切に監視できる位置・方向に設置するとともに、取水口を設置する輪谷湾及び3号炉北側防波壁並びに放水口における津波の襲来状況を適切に監視できる位置・方向に設置している。また、津波監視カメラは基準津波の影響を受けない高所に3台（2号炉排気筒、3号炉北側防波壁上部(東)及び3号炉北側防波壁上部(西)）設置しており、監視に必要な要件を満足する仕様としている。表2.1-1に津波監視カメラの概要を示す。


また、構内監視カメラは、自然現象等の監視強化のため2号炉原子炉建物屋上、3号炉原子炉建物屋上、通信用無線鉄塔、固体廃棄物貯蔵所C棟屋上、一矢谷及びガスタービン発電機建物屋上に設置し、津波監視カメラの監視可能範囲を補足する。構内監視カメラの配置を図2.1-3に、表2.1-2及び表2.1-3に構内監視カメラの概要を示す。

津波監視カメラ及び構内監視カメラは、取付け部材、周辺の建物、設備等で死角となるエリアをカバーすることが出来るよう配慮し、配置する。ただし、一部死角となるエリアがあるが、監視可能な領域の監視により、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十分把握可能である。各々のカメラにて監視可能な発電用原子炉施設及び周辺の構内範囲について、図2.1-4に示す。また、監視カメラの取付概略図を図2.1-5及び図2.1-6に示す。

なお、可視光カメラによる監視が期待できない夜間の濃霧発生時や強雨時においては、赤外線カメラによる監視機能についても期待できない状況となることが考えられる。その場合は、監視カメラ以外で中央制御室にて監視可能なパラメータを監視することで外部状況の把握に努めつつ、気象等に関する公的機関からの情報も参考とし、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することとする。

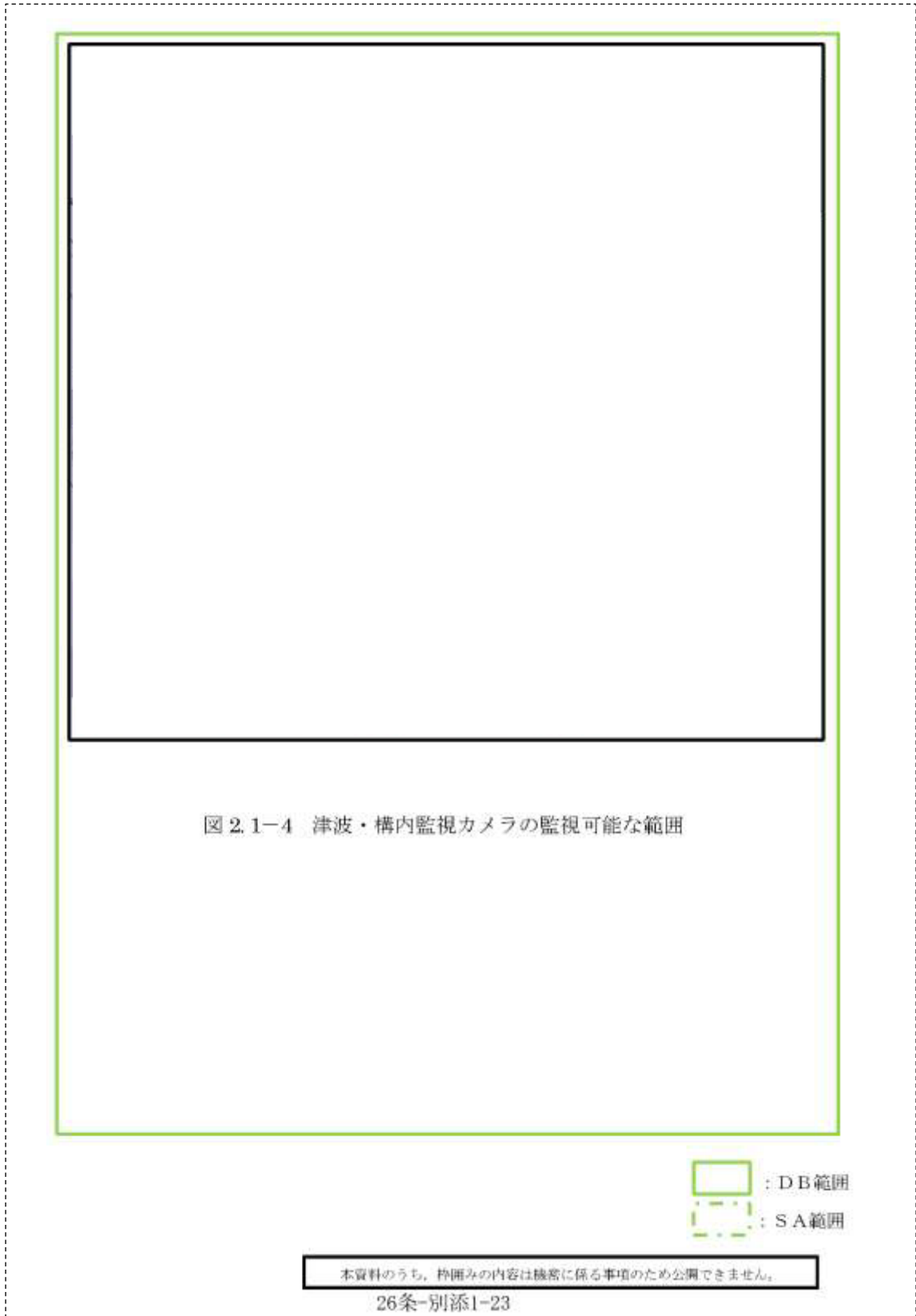
 : DB範囲  
 : SA範囲

26条-別添1-18

(注) 説明のため設置許可基準規則第26条「原子炉制御室等」の審査資料に  を追記。

第4.3-6図(1) 津波監視カメラ及び構内監視カメラの監視範囲について





第4.3-6図(2) 津波監視カメラ及び構内監視カメラの監視範囲について

b. 設備構成

津波監視カメラは、カメラ本体、カメラ取付用架台、通信ボックス、監視設備、電線管から構成されている。設備構成の概要を第4.3-7図に示す。



第4.3-7図 津波監視カメラ設備構成

c. 構造・強度評価及び機能維持評価

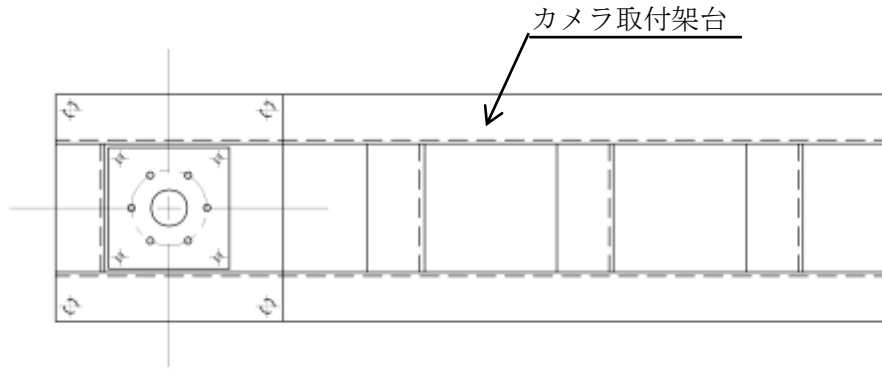
津波監視カメラが使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

当該設備は2号炉排気筒、3号炉北側の防波壁上部東側及び3号炉北側の防波壁上部西側に設置されるものであることから、想定される自然条件のうち設備に与える影響が大きいものとして地震と竜巻が考えられる。このうち、竜巻については「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において説明するものとし、ここでは使用条件及び地震に対する評価方針を示す。

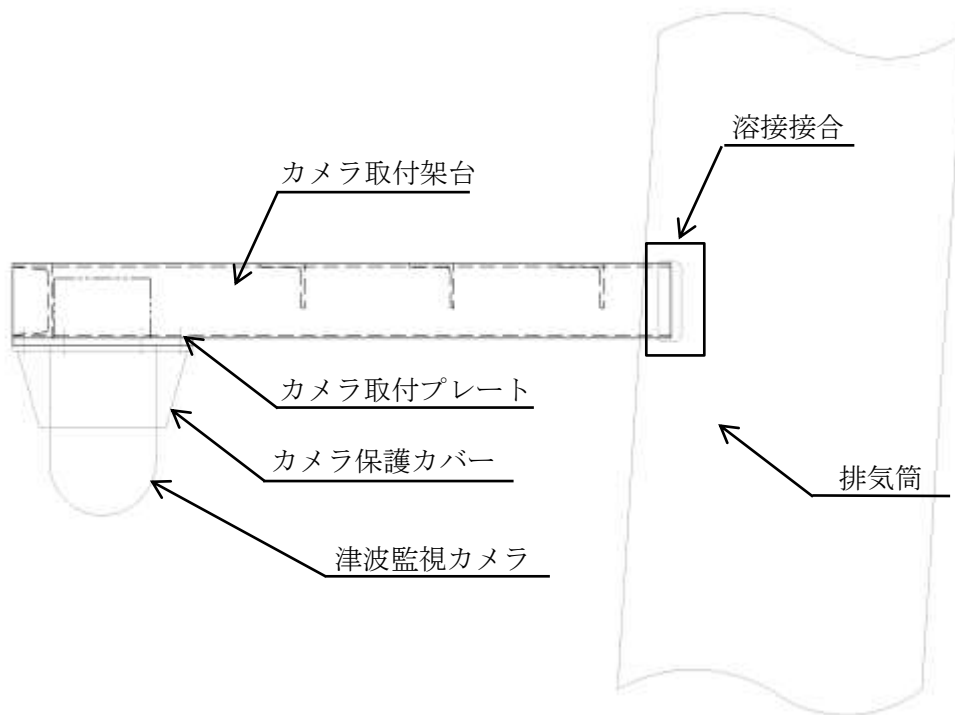
なお、自然現象のうち津波については、前述のとおり、その影響を受けることのない設計としているため、荷重組合せ等での考慮は要しない。

(a) 評価方針

津波監視カメラが基準地震動 $S_s$ に対して要求される機能を喪失しないことを確認するため、カメラ取付用架台及び電線管に対する構造強度評価を実施する。また、カメラ本体、通信ボックス、監視設備の機能維持評価を実施する。カメラ取付用架台の構造概略図を第4.3-8図に示す。



(平面図)



(断面図)

第4.3-8図 カメラ取付用架台の構造概略図（排気筒の例）※

※ 設計中であり，詳細設計段階にて変更する可能性がある。

(b) 荷重組合せ

津波監視カメラの設計においては以下のとおり，常時荷重，地震荷重の組合せを考慮する（添付資料20参照）。

- ・常時荷重＋地震荷重

また，設計に当たっては，その他自然現象との組合せを適切に考慮する。（添付資料20参照）

(c) 荷重の設定

津波監視カメラの設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

i 常時荷重

自重を考慮する。

ii 地震荷重

基準地震動 $S_s$ による地震力を考慮する。

iii 積雪荷重

屋外に設置される津波監視カメラ取付用架台及び電線管に対しては、堆積量35cmを考慮する。

iv 降雨荷重

降雨に対しては、津波監視カメラは防水性能IP66(あらゆる方向からのノズルによるジェット噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない)に適合する設計とする。

v 風荷重

基準風速30m/s相当の風荷重を受けた場合においても、津波監視カメラ設置用架台及び電線管は継続監視可能であることを確認する。

なお、竜巻については発生頻度が小さいことから他の自然現象による荷重との組合せの観点では考慮せず、竜巻に対する評価は上記のとおり「第六条外部からの衝撃による損傷の防止」において説明する。

d. 許容限界

津波監視機能に対する機能保持限界として、津波監視カメラが基準地震動 $S_s$ に対して機能維持することを確認する。

また、津波監視カメラを支持する2号炉排気筒、防波壁及びカメラ取付用架台については、それらを構成する部材が(b)にて考慮する荷重の組合せに対して、津波監視カメラの支持機能を維持することを確認する。

e. 防塵性能・防水性能

上記の荷重に関する評価に加えて、防塵性能および防水性能についても考慮する。

津波監視カメラは、保護等級「IP66」(日本工業規格JISC0920)相当のものを設置することで、防塵性能と防水性能(防塵性能については、粉塵が内部に入らない程度。防水性能については、あらゆる方向からの強い噴流水によっても、有害な影響がない程度。)が保証される。

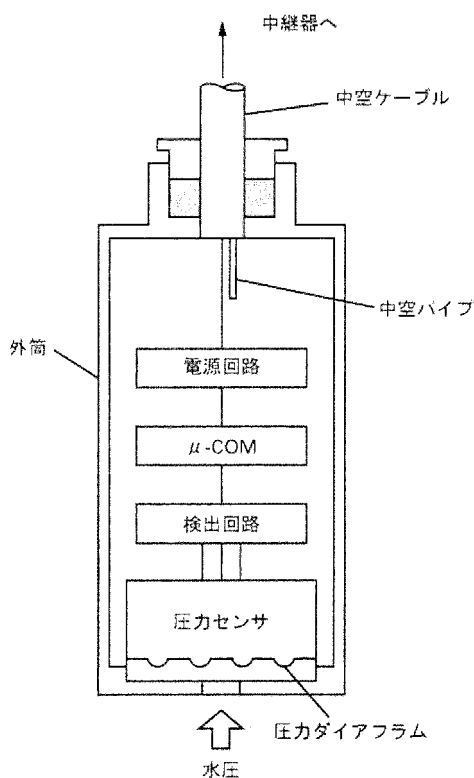
(2) 取水槽水位計

a. 仕様

取水槽水位計は、地震発生後に津波が発生した場合、津波の襲来を想定し、特にその水位変動の兆候を早期に把握するため、2号炉取水槽のE L. - 9.3mに設置する。なお、取水槽水位計設置位置は、砂の堆積高さ0.001m未満

を考慮しても影響がない（取水槽底面高さ E L. -9.8m）。取水槽水位計は、投げ込み式の水位計であり、検出器を水中に設置し、受圧ダイアフラムにかかる水頭圧を検出して水位を測定する。検出器の動作原理概要図を第4.3-9図に示す。

基準津波襲来時の取水槽水位（入力津波高さ）に関しては、第4.3-2表のとおり評価している。



第4.3-9図 検出器の動作原理概要図

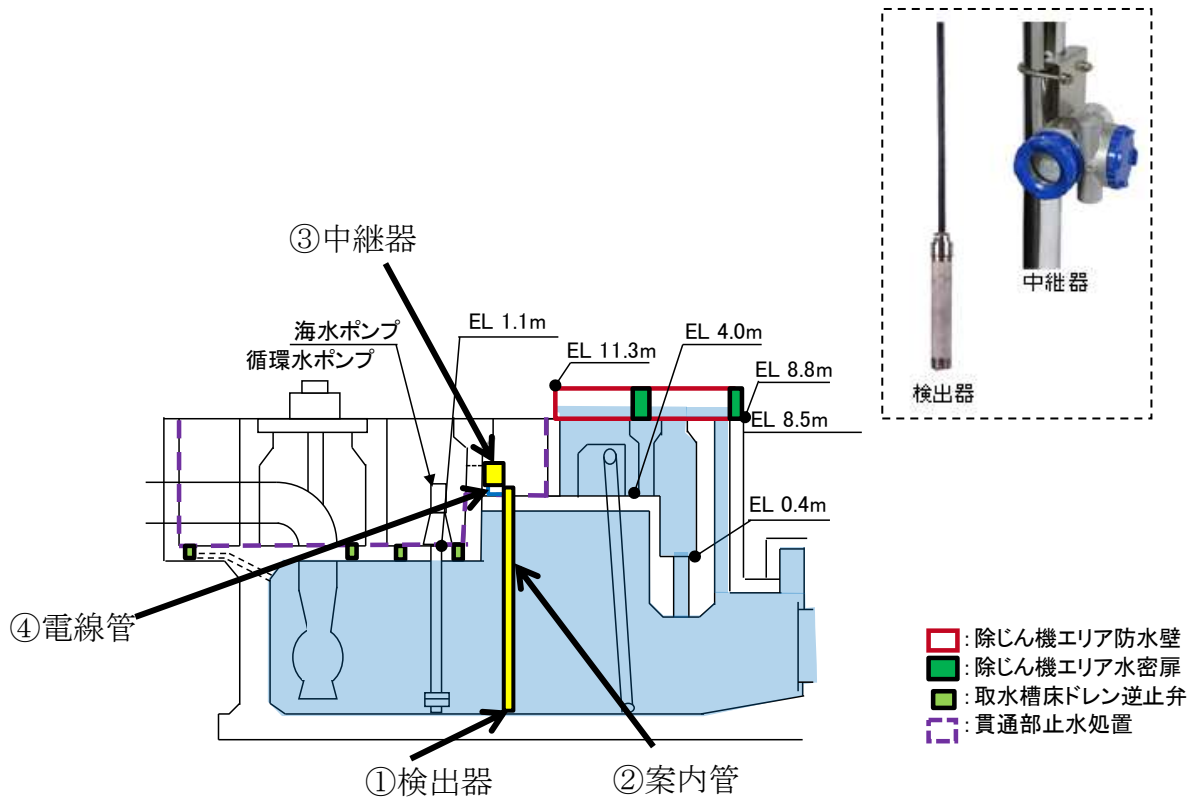
第4.3-2表 取水槽の入力津波高さ

		2号炉
		取水槽
水位上昇側	入力津波高さEL(m)	+10.6
水位下降側	入力津波高さEL(m)	-6.5

上記の取水槽水位を考慮し、測定範囲を E L. +10.7m～E L. -9.3mとした設計としている。また、取水槽水位計は非常用交流電源設備及び非常用直流電源設備から受電可能な設計とする。

b. 設備構成

取水槽水位計は、検出器、案内管、中継器、電線管及び中央制御室に設置された監視設備から構成されている。第4.3-10図に取水槽水位計の設置位置及び設備構成を示す。



第4.3-10図 取水槽水位計の設置位置及び設備構成

c. 構造・強度評価及び機能維持評価

取水槽水位計が使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

当該設備は屋外に設置されるものであり想定される自然条件のうち設備に与える影響が大きいものとしては、地震と竜巻が考えられる。このうち、竜巻については、「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において説明するものとし、ここでは使用条件及び地震に対する評価方針を示す。

(a) 評価方針

取水槽水位計が基準地震動 $S_s$ に対して要求される機能を喪失しないことを確認するため、水位計本体（案内管）に対する構造強度評価、検出器、中継器の機能維持評価、さらに監視設備については、構造強度評価及び機能維持評価の両者を実施する。

(b) 荷重組合せ

取水槽水位計の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重、余震荷重を考慮する。

また、取水槽水位計は、漂流物が衝突する恐れのない位置に設置することから、漂流物衝突荷重は考慮しない。

- ・ 常時荷重＋地震荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計においては、その他自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料20参照）。

(c) 荷重の設定

取水槽水位計の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

i 常時荷重

自重等を考慮する。

ii 地震荷重

基準地震動 $S_s$ による地震力を考慮する。

iii 津波荷重

潮位のばらつきを考慮した取水槽における入力津波高さ E L. +10.6mに参照する裕度である+0.64mも含めても、保守的な値である津波荷重水位 E L. +11.3m（許容津波高さ）を考慮する。

iv 余震荷重

余震による地震動について検討し、余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動 $S_d$ を適用し、これによる荷重を余震荷重として設定する。適用に当たっての考え方を添付資料22に示す。

d. 許容限界

津波監視機能に対する機能保持限界として、検出器、中継器、監視設備が基準地震動 $S_s$ に対して機能維持することを確認する。

また、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰り返し作用を想定し、水位計本体（案内管）、監視設備を構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。



## 基準類における衝突荷重算定式及び衝突荷重について

## 1. はじめに

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

## 2. 基準類における衝突荷重算定式について

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

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

## ○適用範囲・考え方：

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

## ○算定式：

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

ここに，P：衝突力（kN）

W：流送物の重量（kN）

v：表面流速（m/s）

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

## ○適用範囲・考え方：

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

○算定式：

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

(船の回転により衝突エネルギーが消費される (1/4 点衝突) 場合

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

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

W：仮想重量 (kN)

$W_0$ ：排水トン数 (kN)

$W'$ ：付加重量 (kN)

D：喫水 (m)

L：横付けの場合は船の長さ，縦付けの場合は船の幅 (m)

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

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

### 3. 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

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

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

表-1 各施設の許容漂流速度

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

#### 4. 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文

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

##### ○適用範囲・考え方：

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

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

○算定式(a) :

(a) 松富の評価式<sup>※2</sup>

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

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

ここに,  $F_m$  : 衝突力

$C_{MA}$  : 見かけの質量係数

(段波・サージでは 1.7, 定常流では 1.9)

$v_{A0}$  : 流木の衝突速度

$D$  : 流木の直径

$L$  : 流木の長さ

$\sigma_f$  : 流木の降伏応力

$\gamma$  : 流木の単位体積重量

$g$  : 重力加速度

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

○算定式(b) :

(b) 池野らの評価式<sup>※3</sup>

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

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

ここに,  $F_H$  : 漂流物の衝突力 (kN)

$S$  : 係数 (5.0)

$C_{MA}$  : 見かけの質量係数

(円柱横向き : 2.0 (2次元), 1.5 (3次元),

角柱横向き : 2.0~4.0 (2次元), 1.5 (3次元),

円柱縦向き : 2.0程度, 球 : 0.8程度)

$V_H$  : 段波速度 (m/s)

$D$  : 漂流物の代表高さ (m)

$L$  : 漂流物の代表長さ (m)

$M$  : 漂流物の質量 (t)

$g$  : 重力加速度

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

○算定式(c) :

(c) 水谷らの評価式<sup>※4</sup>

津波により漂流するコンテナの衝突力を次式のとおり提案している。

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

ここに,  $F_m$  : 漂流衝突力 (kN)

$dt$  : 衝突時間 (s)

$\eta_m$  : 最大遡上水位 (m)

$\rho_w$  : 水の密度 ( $t/m^3$ )

$B_c$  : コンテナ幅 (m)

$V_x$  : コンテナの漂流速度 (m/s)

$W$  : コンテナ重量 (kN)

$g$  : 重力加速度

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

○算定式(d) :

(d) 有川らの評価式<sup>※5</sup>

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

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

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

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

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

ここに,  $F$  : 衝突力

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

$E$  : ヤング率 (コンクリート板)

$\nu$  : ポアソン比

$m$  : 質量

$v$  : 衝突速度

$\gamma_p$  : 塑性によるエネルギー減衰効果 (0.25)

$m$  や  $k$  の添え字は衝突体と被衝突体を示す。

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

○算定式(e)：

(e) FEMA の評価式<sup>※6</sup>

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

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

ここに、 $F_i$ ：衝突力(kN)

$u_{\max}$ ：最大流速(m/s)

$m$ ：漂流物の質量

$c$ ：付加質量係数

$k$ ：漂流物の有効剛性(kN/m<sup>2</sup>)

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

## 5. 基準津波の特性(流向・流速)

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

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

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

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

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

表-2 最大流速発生時の流況

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

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

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

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

【基準津波1（防波堤あり）\_施設護岸港湾外防波堤前面】

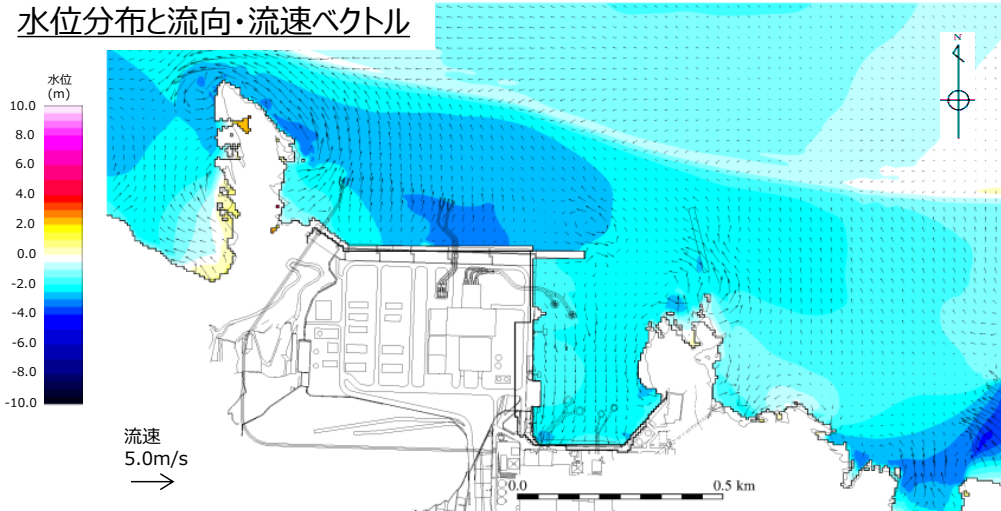


図-1 水位分布と流向・流速ベクトル(180分57.10秒：最大流速発生時刻-30秒)

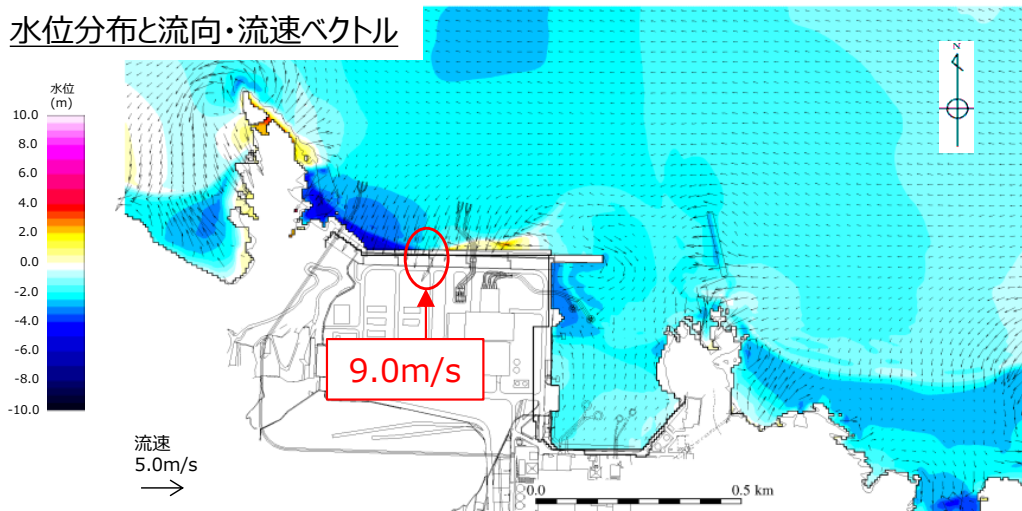


図-2 水位分布と流向・流速ベクトル(181分27.10秒：最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル

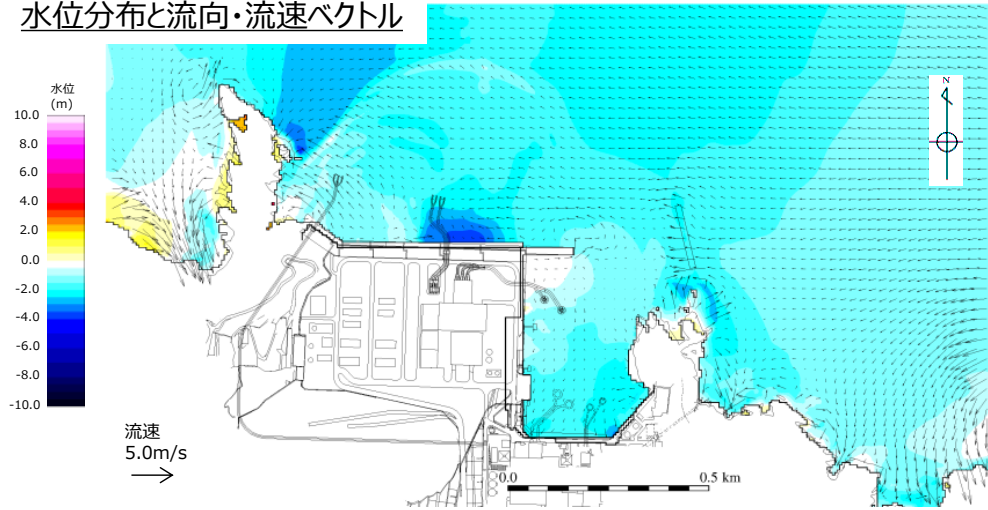


図-3 水位分布と流向・流速ベクトル(181分57.10秒：最大流速発生時刻+30秒)

流速分布

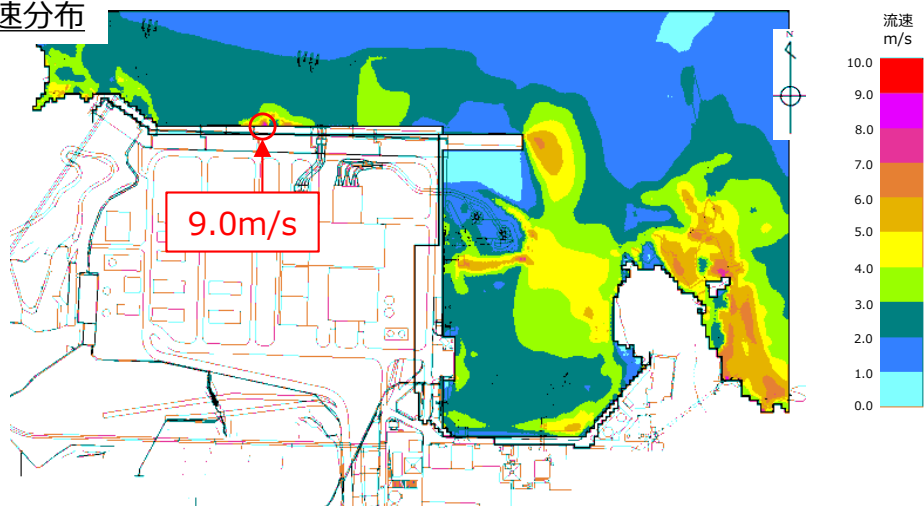


図-4 流速分布\_南方向(181分27.10秒：最大流速発生時刻)

【基準津波 1 (防波堤なし)\_施設護岸港湾内防波壁前面】

水位分布と流向・流速ベクトル

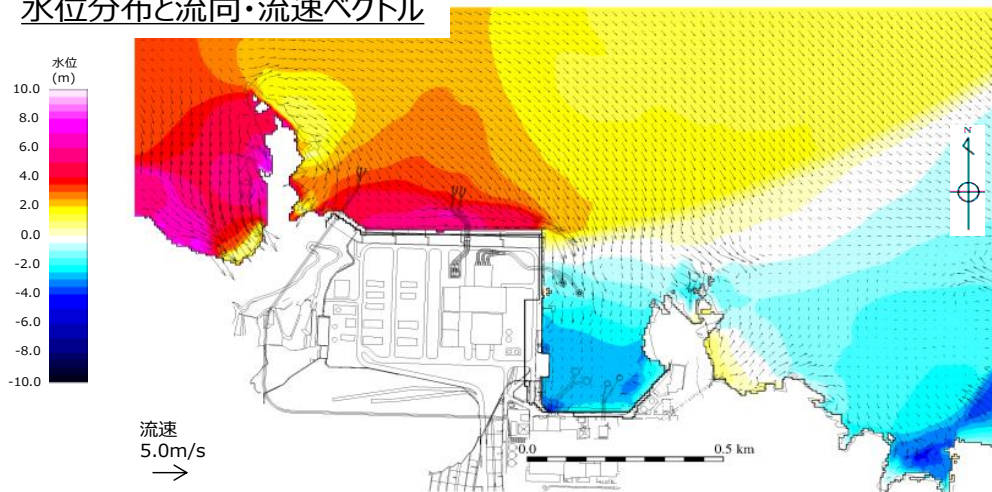


図-5 水位分布と流向・流速ベクトル(192分10.85秒：最大流速発生時刻-30秒)



### 水位分布と流向・流速ベクトル

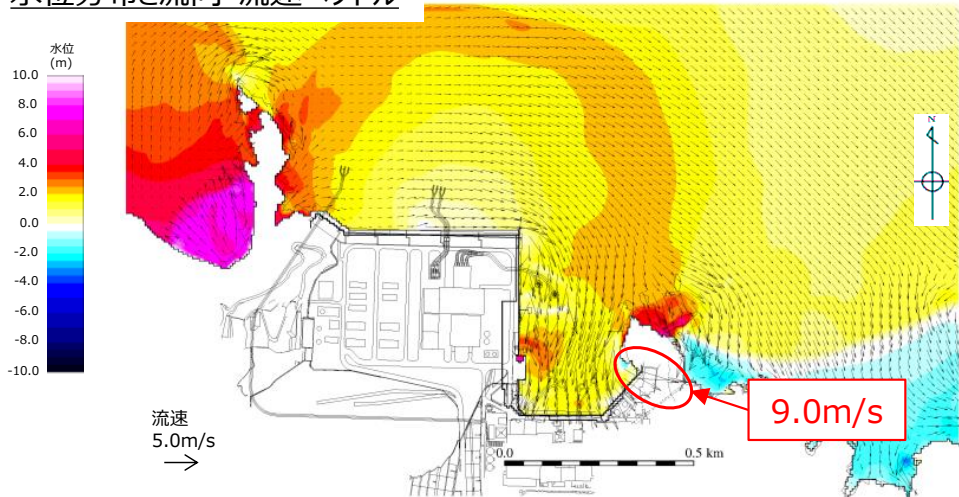


図-6 水位分布と流向・流速ベクトル(192分 40.85秒：最大流速発生時刻)

### 水位分布と流向・流速ベクトル

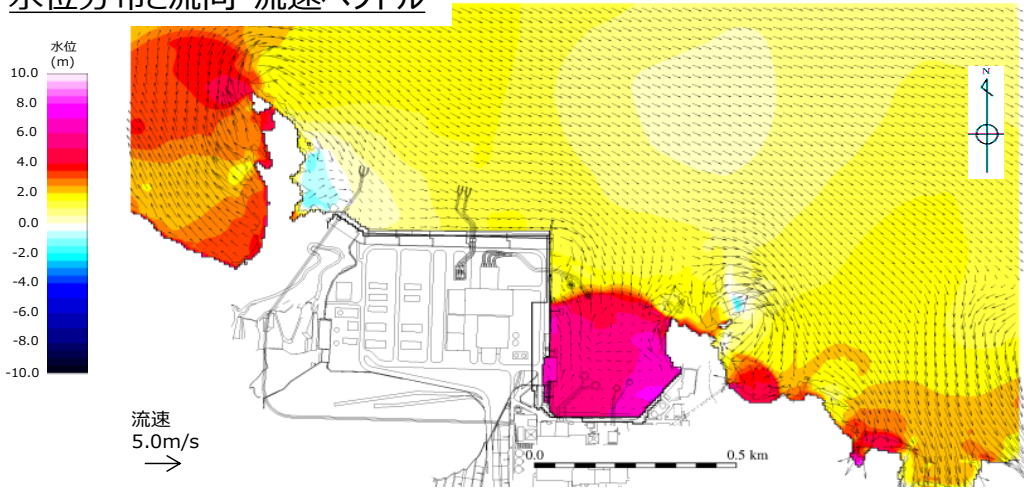


図-7 水位分布と流向・流速ベクトル(193分 10.85秒：最大流速発生時刻+30秒)

### 流速分布

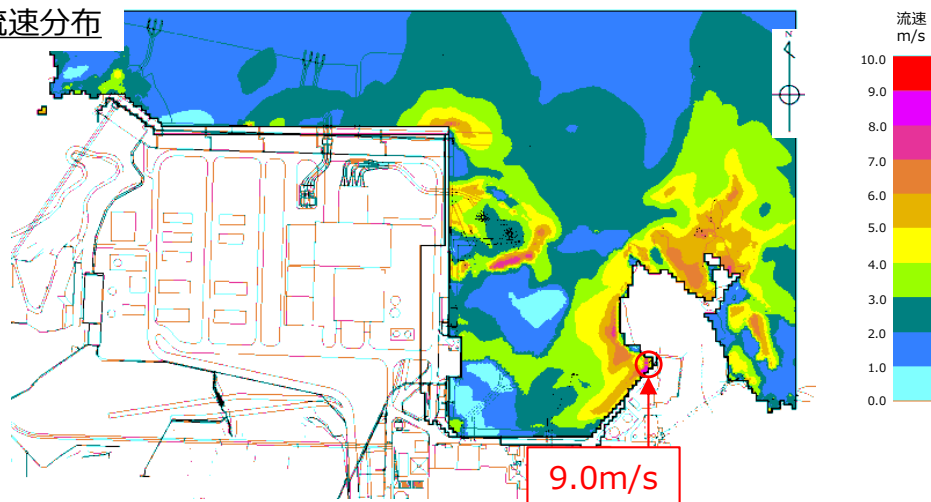


図-8 流速分布\_南東方向(192分 40.85秒：最大流速発生時刻)

【基準津波 4(防波堤あり)\_施設護岸港湾外防波壁前面】

水位分布と流向・流速ベクトル

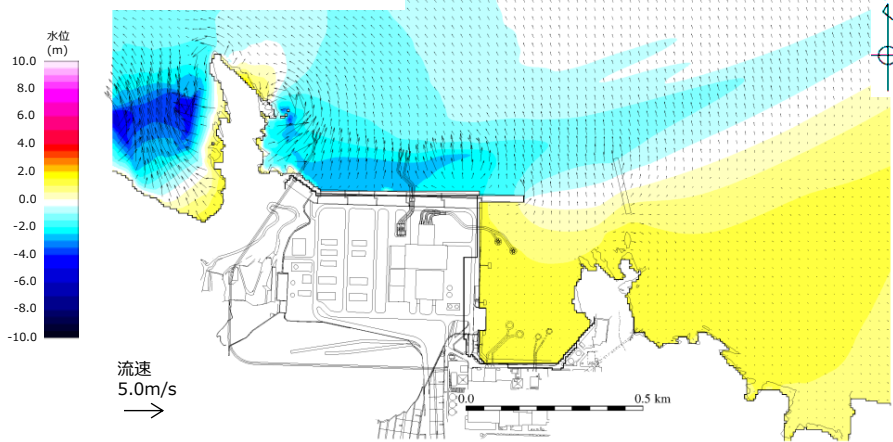


図-9 水位分布と流向・流速ベクトル(5分 17.25 秒：最大流速発生時刻-30 秒)

水位分布と流向・流速ベクトル

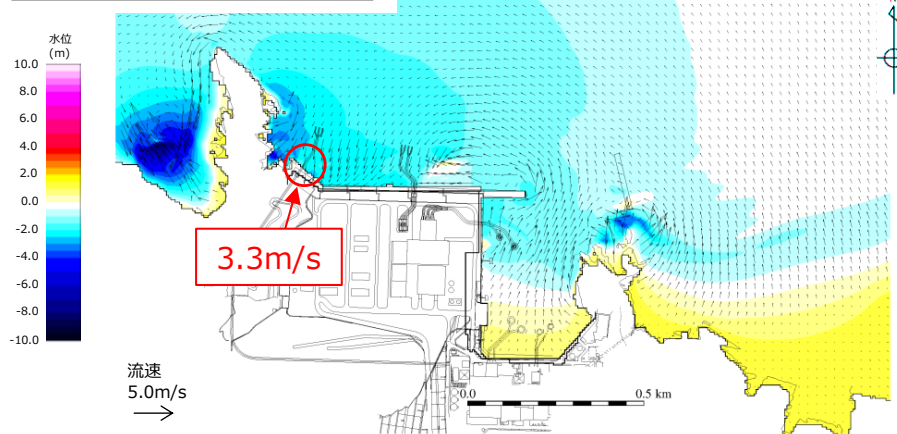


図-10 水位分布と流向・流速ベクトル(5分 47.25 秒：最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル

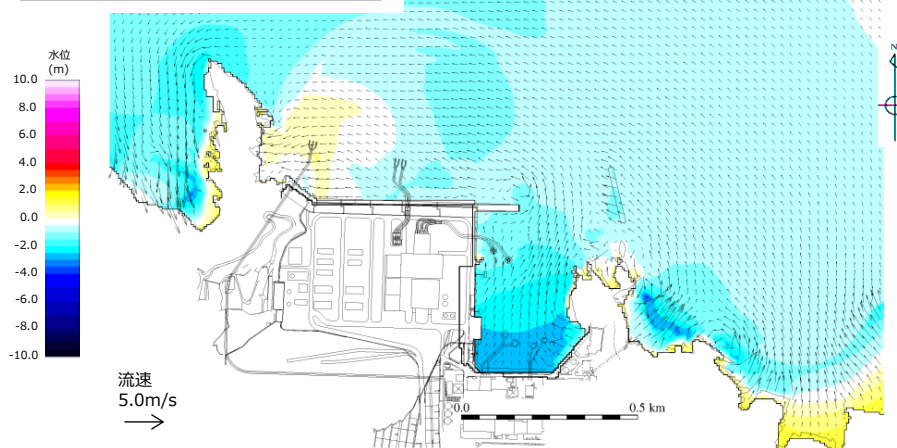
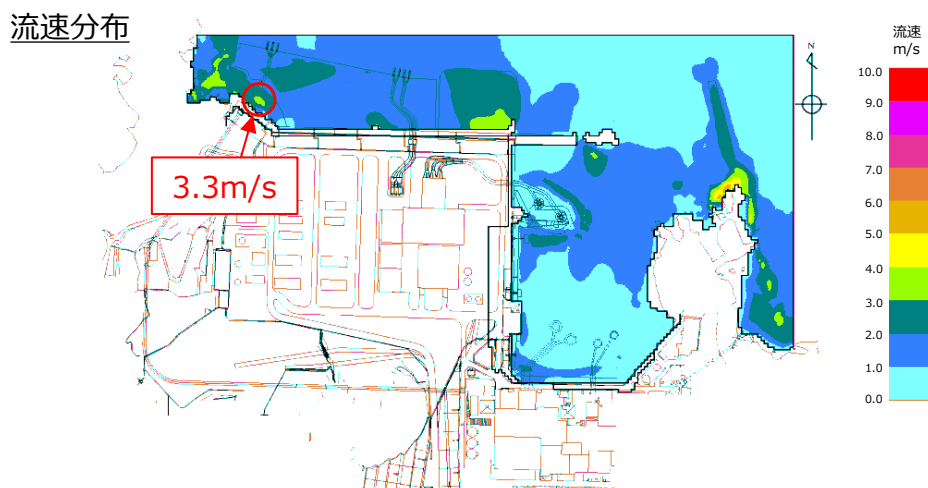
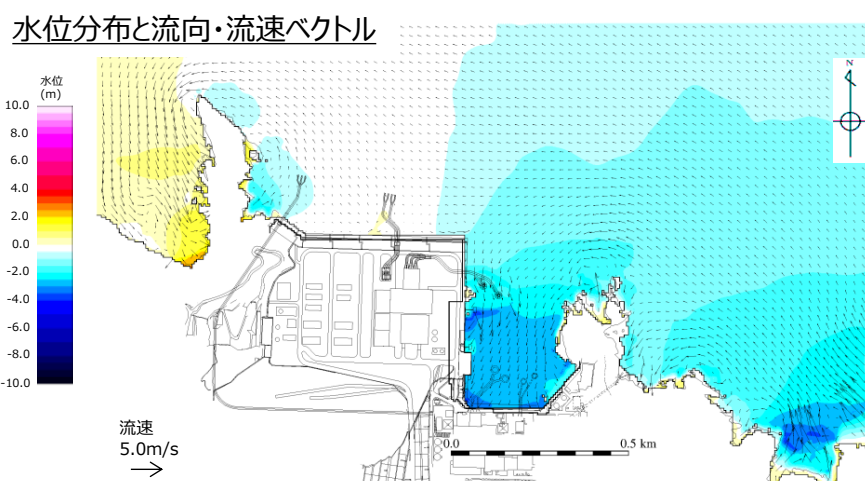


図-11 水位分布と流向・流速ベクトル(6分 17.25 秒：最大流速発生時刻+30 秒)

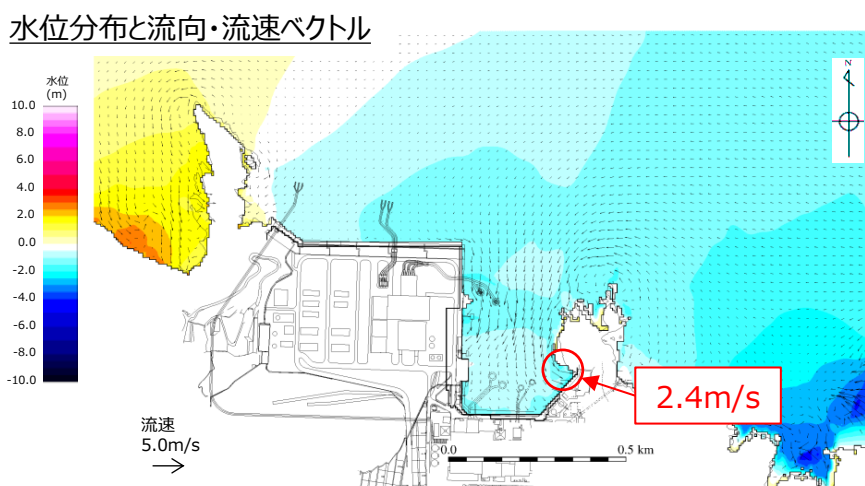


図一 1 2 流速分布\_南西方向(5分 47.25秒 : 最大流速発生時刻)

【基準津波 4(防波堤なし)\_施設護岸港湾内防波壁前面】

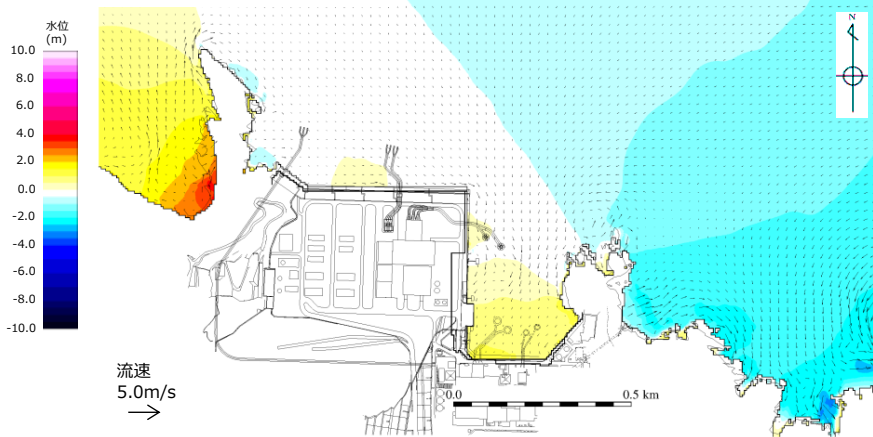


図一 1 3 水位分布と流向・流速ベクトル(6分 52.30秒 : 最大流速発生時刻-30秒)



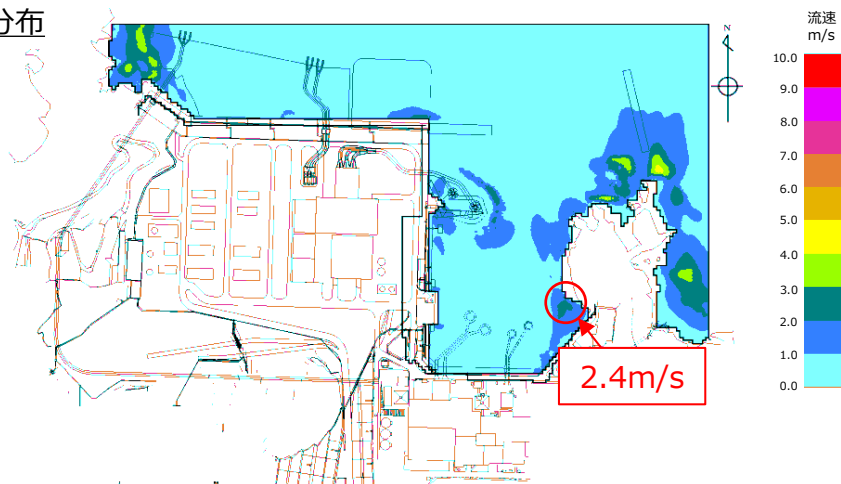
図一 1 4 水位分布と流向・流速ベクトル(7分 22.30秒 : 最大流速発生時刻)

水位分布と流向・流速ベクトル



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

流速分布

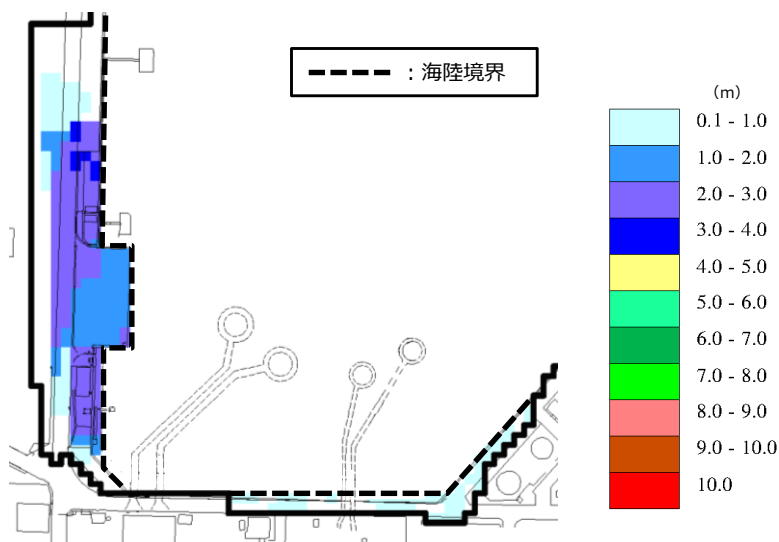


図一 1 6 流速分布\_東方向(7分 22.30 秒 : 最大流速発生時刻)

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

荷揚場周辺における流速評価結果を表-3に示しており、遡上域における最大流速を示す地点における8.0m/sを超える時間は極めて短い（1秒以下である）が、最大流速は11.9m/s\*が確認された。

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

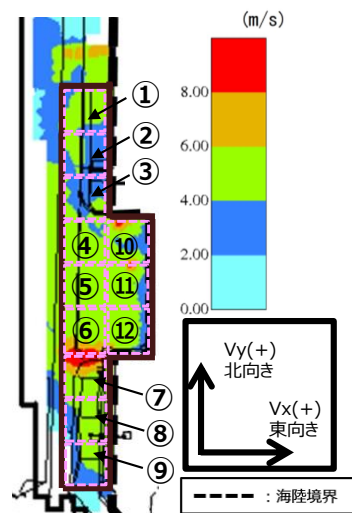


基準津波1（防波堤無し）

図-17 荷揚場付近の最大浸水深分布

表-3 荷揚場周辺における流速評価結果

地点	Vx方向 最大流速 (m/s)	Vy方向 最大流速 (m/s)	全方向最大流速(m/s)		
			Vx方向 流速	Vy方向 流速	全方向流速 ( $\sqrt{Vx^2+Vy^2}$ )
1	-4.2	2.1	-4.2	1.9	4.6
2	-4.0	2.5	-4.0	1.4	4.2
3	-6.7	2.1	-6.7	-0.8	6.8
4	-3.6	3.7	-3.2	3.4	4.6
5	-3.6	3.8	-3.6	3.7	5.1
6	-5.5	4.1	-5.5	2.7	6.1
7	-11.8	3.4	-11.8	1.1	11.9
8	-5.3	1.5	-5.3	1.3	5.4
9	-5.9	1.9	-5.9	1.6	6.1
10	4.8	-7.6	4.8	-7.6	9.0
11	-8.9	2.5	-8.9	-1.2	9.0
12	-2.7	5.1	-1.4	5.1	5.3



（切上げの関係で値があわない場合がある）

## 6. 対象漂流物の配置位置及び種類等

日本海東縁部に想定される地震による津波及び海域活断層から想定される地震による津波に対する津波防護施設の評価において、基本とする設計条件として設定する対象漂流物とその配置及び船舶の操業エリアを表-4、表-5、図-18及び図-19に示す。また、津波防護施設における漂流物配置を図-20に示す。

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

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

表-4 津波防護施設に考慮する漂流物について

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

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

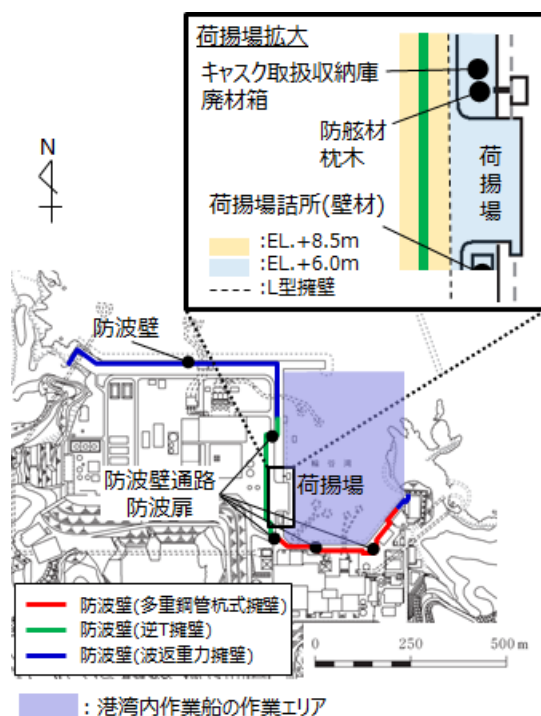


図-18 漂流物の配置（港湾内に面する津波防護施設に考慮する）

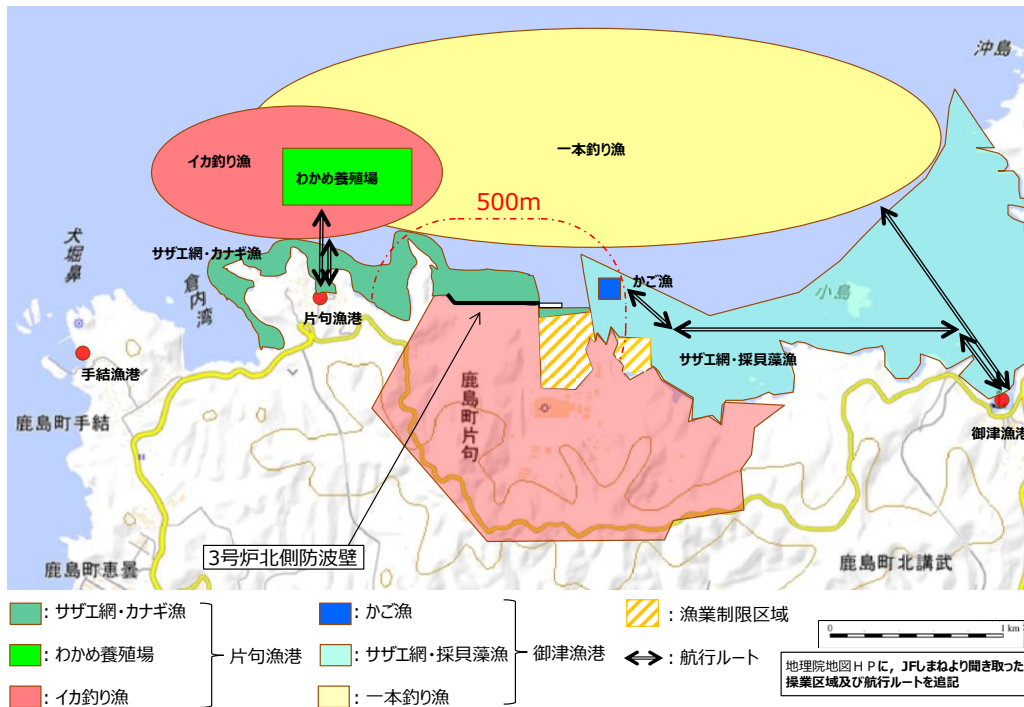
表－５（１） 発電所沿岸で操業する漁船<sup>※1</sup>

名称	施設護岸からの距離	目的	漁港	総トン数(質量)	数量(隻)
漁船	約500m以内 <sup>※3</sup>	サザエ網・カナギ漁 <sup>※2</sup>	片句漁港	1トン未満(3t未満)	13
		サザエ網・採貝藻漁	御津漁港	1トン未満(3t未満)	18
		一本釣り漁		2トン未満(6t未満)	6
		かご漁	1トン未満(3t未満)	13	
	約500m以遠 <sup>※3</sup>	わかめ養殖	片句漁港	3トン未満(9t未満)	1
		イカ釣り漁		1トン未満(3t未満)	7
				5トン未満(15t未満)	7
				8トン未満(24t未満)	3
10トン未満(30t未満)	3				

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

※2 輪谷湾内で総トン数0.4～0.7トンの漁船が年5回程度操業する。

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



図－１９（１） 発電所沿岸で操業する漁船の操業エリア

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

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

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

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

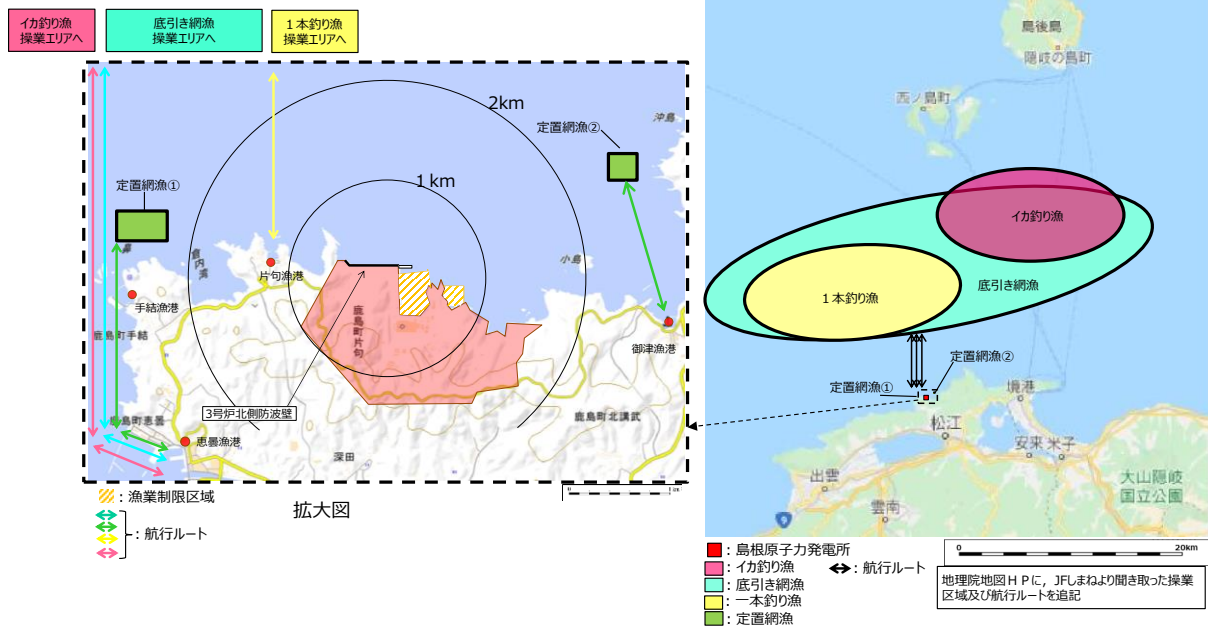
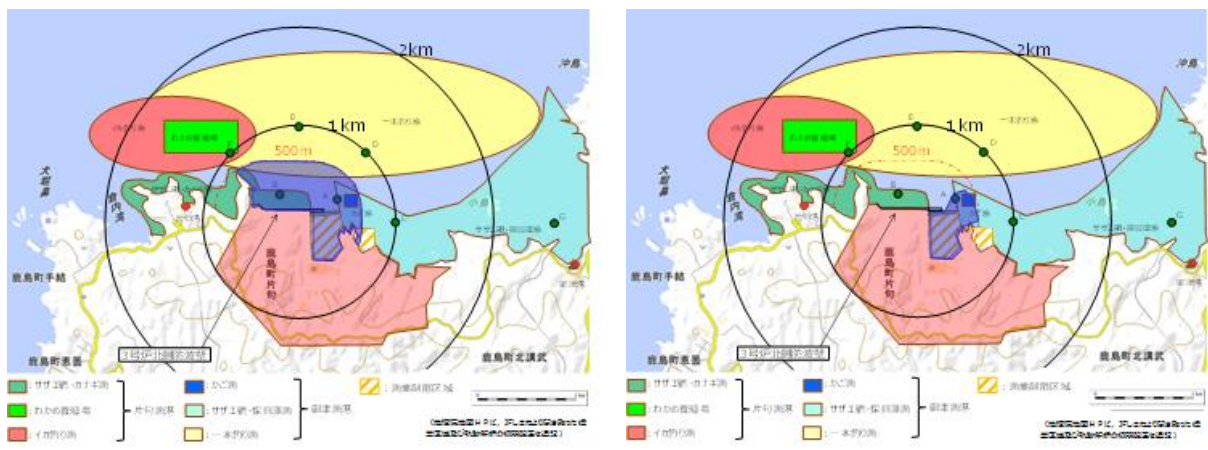
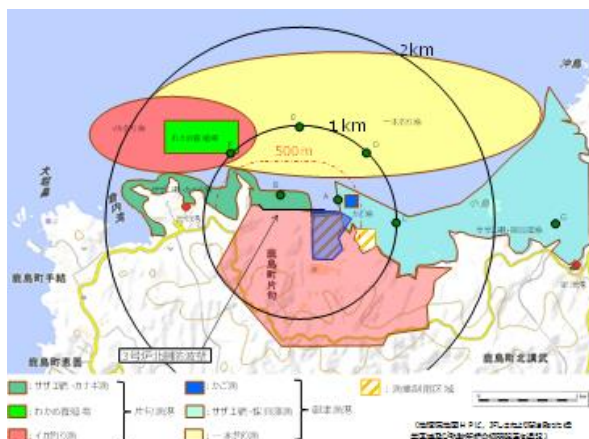


図-19 (2) 発電所沖合で操業する漁船(総トン数10トン以上)の操業エリア



防波壁(波返重力擁壁)

防波壁(逆T擁壁)



防波壁(多重鋼管杭式擁壁)

■ : 津波防護施設から500mの範囲

図-20 津波防護施設における漂流物配置



## 7. 既往の漂流物荷重算定式の整理

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

表－6 漂流物荷重算定式のまとめ

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

## 8. 詳細設計段階における漂流物衝突荷重の設定方針

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

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

表－7 詳細設計段階における設計上の考慮

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

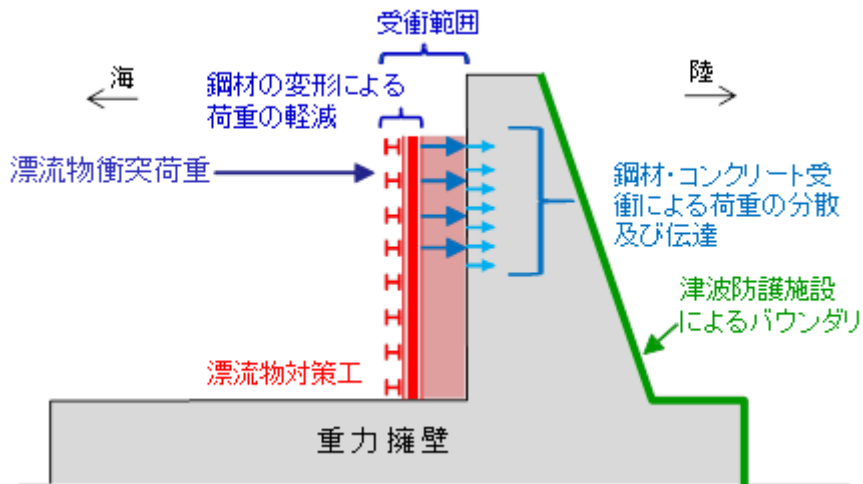
- ・施設護岸から500m以遠で操業及び航行する漁船については、漂流物となった場合においても施設護岸に到達する可能性は十分に小さいが、仮に500m以遠から津波防護施設に衝突する場合の影響について確認する。
- ・衝突荷重の影響を踏まえ、津波防護施設の各部位の照査の結果、津波防護施設本体の性能目標を維持することを確認し、維持できない場合は漂流物対策を講じる。

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

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

表－8 漂流物対策工に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズム

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



図－２１ 防波壁（波返重力擁壁）の漂流物対策工における荷重図（例）

漂流物対策工の役割及び設計方針概要を以下に示す。

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

表－９ 漂流物対策工の検討ケース

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

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

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

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

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

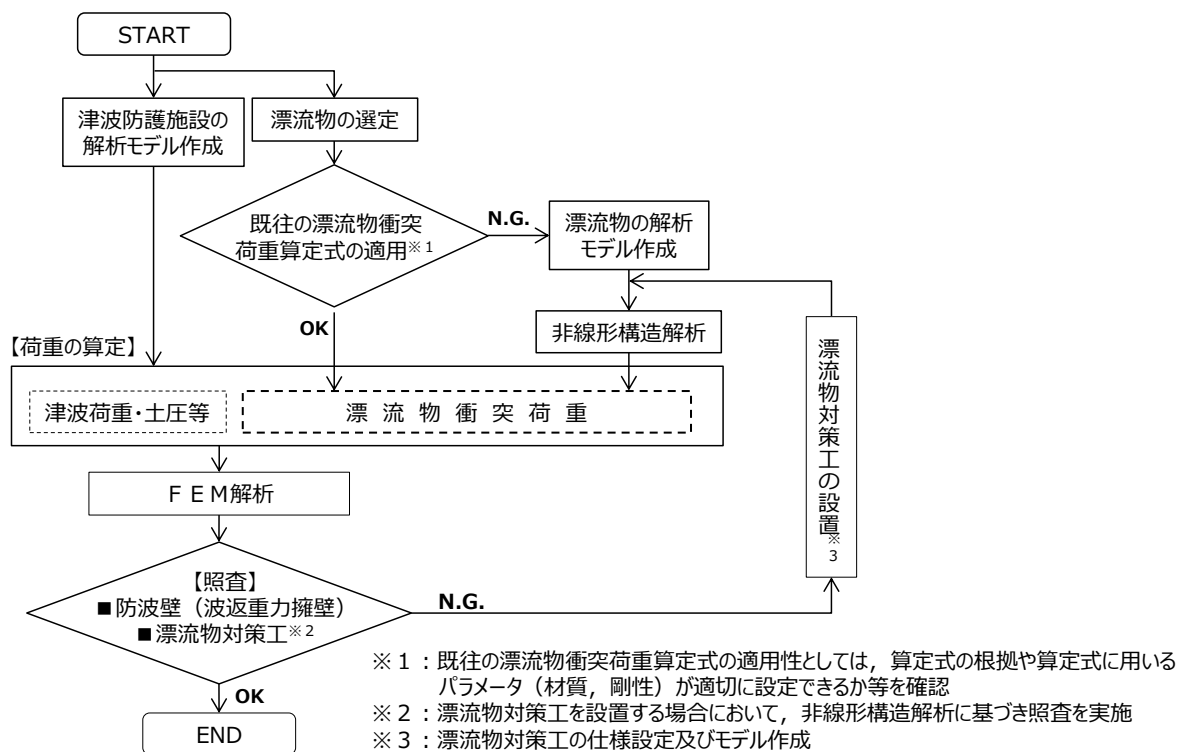
表-10 先行サイトとの比較結果

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

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

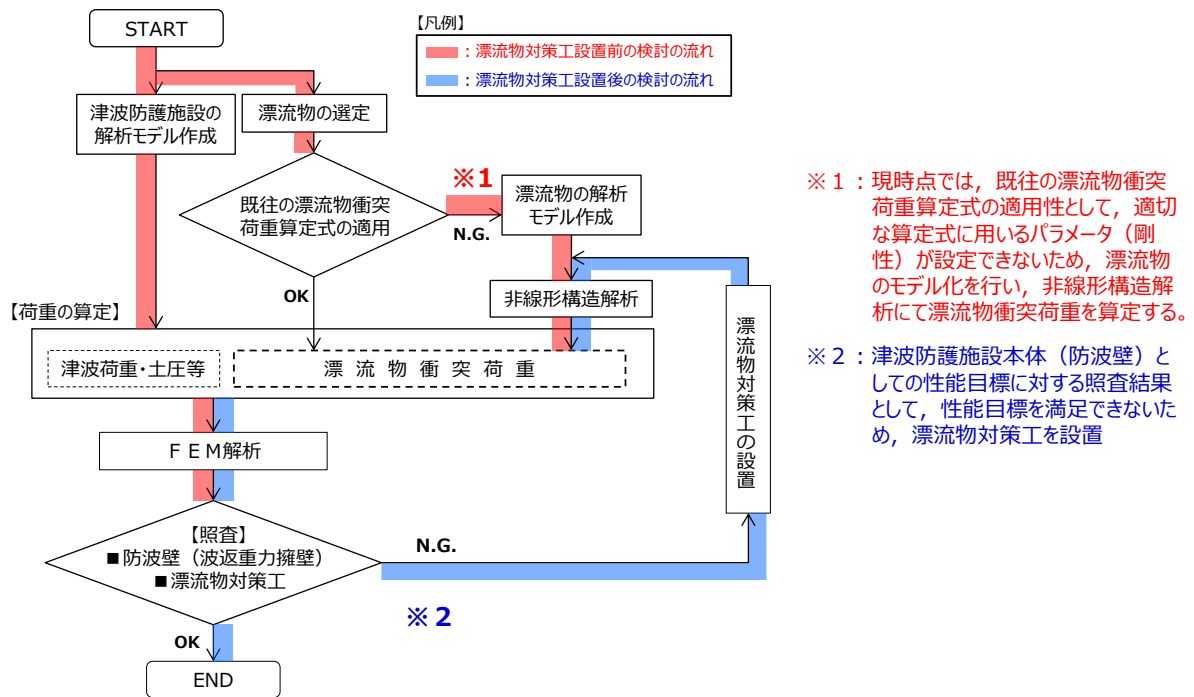
漂流物衝突荷重は、対象となる漂流物の位置・仕様及び必要に応じ対策等を踏まえて、既往の漂流物衝突荷重の算定式、又は非線形構造解析を適切に選定して算出し、津波時における静的解析により津波防護施設の照査を実施する。津波防護施設（防波壁：波返重力擁壁）における津波時の検討フロー（例）を図－22に示す。

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



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

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



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

## 9. 漂流物衝突荷重の設定方針のまとめ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 漂流物対策工の構造形式の検討について

## 1. はじめに

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

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

## 2. 漂流物対策工（分離型構造）の検討経緯及び理由

## (1) 漂流物対策工（分離型構造）の検討経緯

漂流物対策工（分離型構造）の検討経緯を以下に示す。

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

## (2) 漂流物対策工（分離型構造）の検討理由

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

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



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

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

図-1 漂流物対策工の仕様（例）

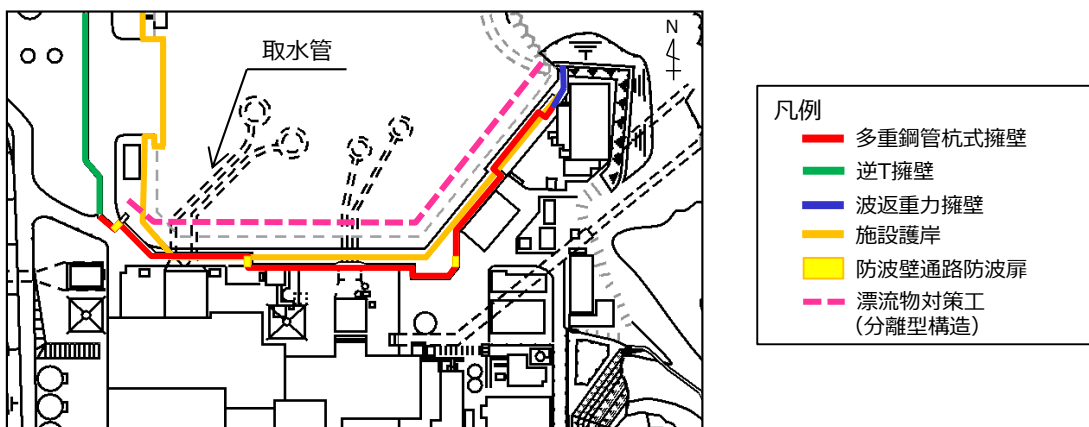


図-2 漂流物対策工（分離型構造）の配置イメージ（例）

表－1 漂流物対策工の構造形式比較結果（一体型構造及び分離型構造）

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

### 3. 漂流物対策工（分離型構造）の設計方針概要

#### (1) 漂流物対策工（分離型構造）の設計方針

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

漂流物対策工（分離型構造）の設計方針を以下に示す。

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

#### (2) 漂流物対策工（分離型構造）の効果等

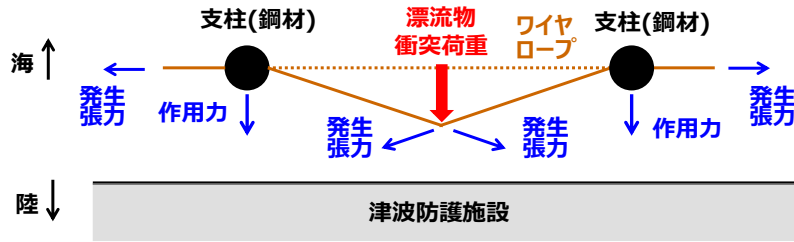
漂流物対策工（分離型構造）に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムを表-2に、漂流物対策工（分離型構造）における漂流物衝突荷重の荷重伝達イメージ（例）を図-3に示す。

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

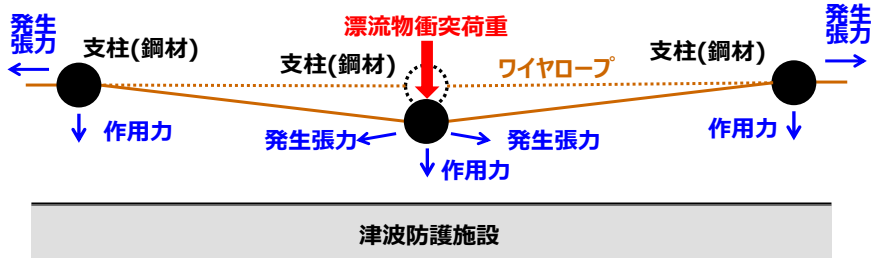
表-2 期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズム

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

【漂流物がワイヤロープに衝突する場合】



【漂流物が支柱に衝突する場合】



図－3 漂流物衝突荷重の荷重伝達イメージ（例）

(3) 漂流物対策工（分離型構造）における荷重の組合せ

漂流物対策工（分離型構造）における荷重の組合せを表－3に示す。

表－3 漂流物対策工（分離型構造）における荷重の組合せ

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

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

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

##### (1) 設置許可基準規則への適合性の確認方法

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

##### (2) 設置許可基準規則への適合性の確認結果

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

#### 【実績例1】 えりも港の漂流物対策工

えりも港：漂流物対策工の設計条件

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



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

えりも港：漂流物対策工の設置状況

#### 【実績例2】 釧路港の漂流物対策工

釧路港：漂流物対策工の設計条件

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



出典：津波漂流物対策施設設計ガイドライン(平成26年3月)

釧路港：漂流物対策工の設置状況

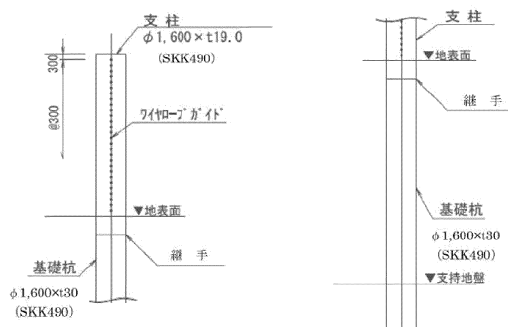
※適用事例に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に整理したものです。

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

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

津波漂流物防護柵の設計条件

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



漂流物防護柵の標準構造

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

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

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

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

## 5. 漂流物対策工（一体型構造）における構造成立性の見通しについて

### （1）構造成立性の検討内容

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

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

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

### （2）構造成立性の検討方針

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

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

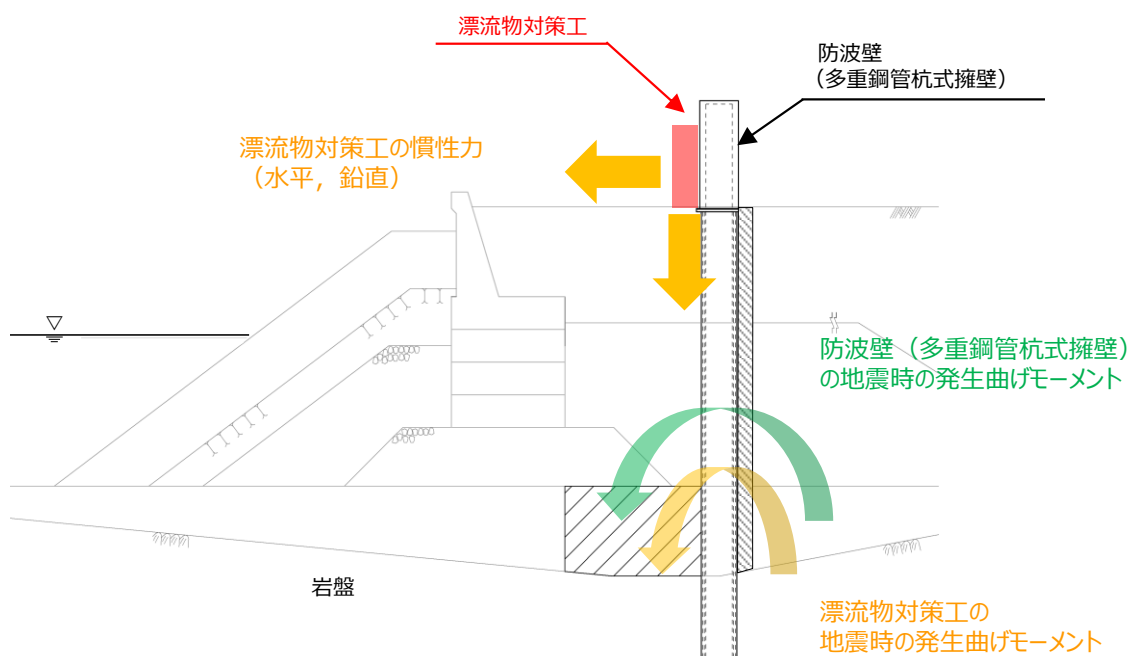


図-4 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における漂流物対策工（一体型構造）の荷重イメージ

(3) 構造成立性の検討結果

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

照査項目及び許容限界を表－4に、照査結果を表－5に示す。

表－4 照査項目及び許容限界

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

表－5 漂流物対策工（一体型構造）設置時の照査結果

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

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

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



## 基礎底面の傾斜による防波壁の構造成立性について

## 1. 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎底面の傾斜

基礎地盤の安定性評価において、評価対象施設を4つのグループに分類している。このうち防波壁については、グループC（EL. +15m 盤以下，杭基礎）及びグループD（EL. +15m 盤以下，直接基礎）に分類し、それぞれ影響要因及び簡便法による最小すべり安全率を比較検討した結果、代表施設として防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁（逆T擁壁）を選定している。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）について動的FEM解析（全応力解析）結果に基づいて基礎底面の傾斜を算定した結果、審査ガイドの目安値（基本設計段階の目安値：1/2,000）を下回っていることを確認している。

一方、防波壁（逆T擁壁）は岩盤に支持される防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に比べて、大きな傾斜を生じる結果となった。

設置許可基準規則第3条第2項において、耐震重要施設は変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならないことから、防波壁（逆T擁壁）について基礎底面の傾斜に対する設計方針を整理し、基礎底面の傾斜を考慮しても防波壁（逆T擁壁）の安全機能が損なわれないことを確認する。

表 1 地殻変動解析による最大傾斜及び地震動による最大傾斜の  
重ね合わせ結果

対象断層	評価施設	①地殻変動による傾斜		②地震動による最大傾斜		①+② 地殻変動及び地震動を 考慮した最大傾斜※
		最大傾斜	傾斜方向	最大傾斜	傾斜方向	
陸域活断層 (宍道断層)	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	1/22,000 (不確かさケース(すべり角))	北方向	1/39,000 (S <sub>s</sub> -D)	北方向	1/14,000
	防波壁 (逆T擁壁)	1/17,000 (不確かさケース(断層傾斜角))	東方向	1/158 (S <sub>s</sub> -D)	東方向	1/156
海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層)	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	1/22,000 (上昇最大ケース)	北方向	1/39,000 (S <sub>s</sub> -D)	北方向	1/14,000
	防波壁 (逆T擁壁)	1/17,000 (下降最大ケース)	西方向	1/158 (S <sub>s</sub> -D)	東方向	1/156

※ ①と②の傾斜方向が異なる場合も、保守的に①と②の傾斜を足し合わせるにより評価を実施する。

## 2. 防波壁（逆T擁壁）の傾斜に対する性能目標と設計評価方針

基礎底面の傾斜（第3条）について、防波壁の要求機能を担保するため、防波壁（逆T擁壁）の各部位に対する性能目標及び設計方針（損傷モード、許容限界等）を表2のとおり整理し、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）、止水目地及びグラウンドアンカーの構造成立性について確認する。

表2 防波壁（逆T擁壁）の傾斜に対する性能目標と設計評価方針

□：本資料において、構造成立性を確認する部位

要求機能	評価対象部位	傾斜による性能目標 (第3条)	応力等の状態	損傷モード	設計に用いる許容限界		
・防波壁は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、津波による漏水及び浸水を防止することが要求される。 ・防波壁（逆T擁壁）は、基準地震動Ssに対し、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。	防波壁（逆T擁壁）	逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）	構造部材の健全性を保持するために、逆T擁壁が概ね弾性状態に留まること。	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書、構造性能照査編、2002年制定」を踏まえた短期許容応力度とする。	
		止水目地	止水目地	逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）間から有意な漏えいを生じないために、止水目地の変形性能を保持すること。	変形・水圧	有意な漏えいに至る変形・水圧	メーカー規格及び今後必要に応じて実施する性能試験に基づく許容変形量及び許容水圧以下とする。
			止水目地の銅製部材		曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「建築基準法施行令2006年6月」を踏まえた許容応力度とする。
		グラウンドアンカー	逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）及び改良地盤の転倒抑止のために、グラウンドアンカーが概ね弾性状態に留まること。	変位	グラウンドアンカーが伸張し、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）が転倒	「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（平成24年5月）」を踏まえた弾性変位量とする。	
	地盤	改良地盤	逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。 基礎地盤のすべり安定性を確保するため、十分なすべり安全性を保持すること。	支持力	鉛直支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（平成14年3月）」を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力度とする。	
				すべり安全率	すべり破壊し、不透水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用してすべり安全率1.2以上とする。	
		岩盤		支持力	鉛直支持機能を喪失する状態	「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（平成14年3月）」を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力度とする。	

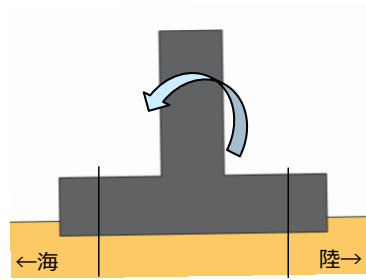
### 3. 防波壁（逆T擁壁）の傾斜により要求機能を喪失する事象の抽出

防波壁（逆T擁壁）の各部位が、損傷して要求機能を喪失する事象を抽出し、それに対する設計・施工上の配慮について表3及び図1のとおり整理した。

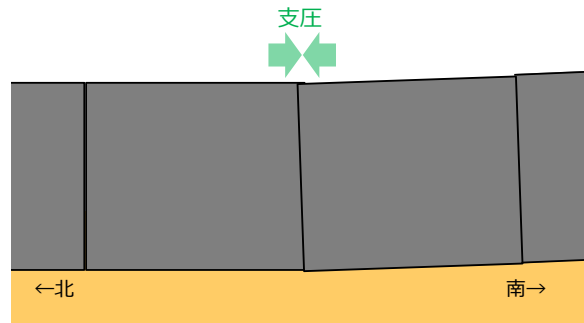
表3 防波壁（逆T擁壁）の傾斜により要求機能を喪失する事象及び設計・施工上の配慮

部位の名称	要求機能を喪失する事象	想定ケース※	設計・施工上の配慮	照査
逆T擁壁 （鉄筋コンクリート造）	・ 地盤が傾斜することにより曲げ・せん断破壊し、遮水性を喪失する。	①	・ 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の発生応力度が、許容応力度以下であることを確認する。	○
	・ 地盤が傾斜することにより逆T擁壁の隣接する躯体同士が相互に支圧することにより破壊し、遮水性を喪失する。	②	・ 隣接する躯体同士が衝突しないことを確認する。 ・ 隣接する躯体同士が衝突する場合、逆T擁壁の支圧応力度が、許容応力度以下であることを確認する。	○
止水目地 （支持部含む）	・ 地盤が傾斜することにより隣接する躯体間（法線方向、法線直交方向）の変形により、止水目地の許容変形量を超える変形が生じ、遮水性を喪失する。	③	・ メーカー規格及び性能試験に基づく許容変形量以下であることを確認する。	○
グラウンドアンカー	・ 地盤が傾斜することによりグラウンドアンカーが破損し、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）が転倒する。	④	・ 地盤の傾斜による変位量が、グラウンドアンカーの弾性変位量以下であることを確認する。	○

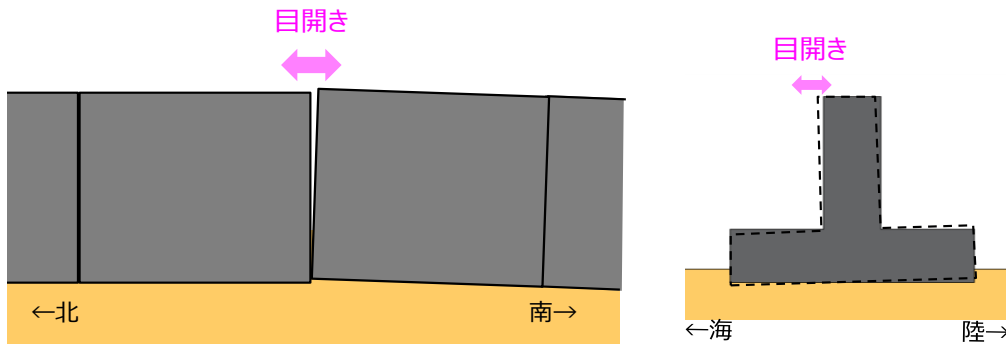
※ 要求機能を喪失する事象の想定ケース



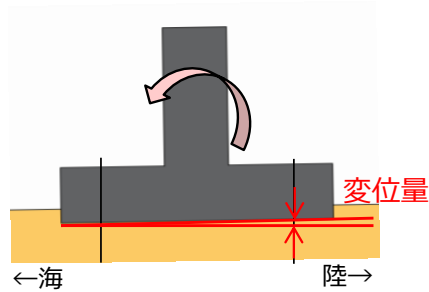
①逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の損傷



②隣接する躯体同士を支圧による損傷



③防波壁間の変形による止水目地の損傷



④グラウンドアンカーの破損

図1 防波壁（逆T擁壁）の傾斜による要求機能を喪失する事象

#### 4. 防波壁（逆T擁壁）の傾斜による構造成立性検討

##### (1) 設計方針及び検討概要

防波壁（逆T擁壁）における要求機能を喪失する事象に対する設計方針を表4に示す。

設置許可段階においては、表4の設計方針による構造成立性の見込みについて確認する。

構造成立性の確認に当たっては、地盤の安定解析に用いた動的FEM解析（全応力解析）に加え、防波壁の耐震性及び耐津波性に関する構造成立性の確認に用いた動的FEM解析（有効応力解析）を用いる。

表4 防波壁（逆T擁壁）における要求機能を喪失する事象に対する設計方針

施設	部位の名称	設計方針	照査項目	設置許可段階での検討方針
防波壁 (逆T擁壁)	逆T擁壁 (鉄筋コンクリート造)	<ul style="list-style-type: none"> <li>逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の発生応力度が、許容応力度以下となる設計とする。</li> </ul>	曲げ・せん断	<ul style="list-style-type: none"> <li>逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の発生応力度が、許容応力度以下であることを確認する。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>隣接する躯体同士が衝突しないように離隔を設ける等の設計とする。</li> <li>上記設計が困難な場合、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の支圧応力度が、許容応力度以下となる設計とする。</li> </ul>	曲げ・せん断	<ul style="list-style-type: none"> <li>隣接する躯体同士が衝突すると仮定し、支圧応力度を算定し、許容応力度以下であることを確認する。</li> </ul>
	止水目地 (支持部含む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>隣接する躯体間の相対変位量が、止水目地のメーカー規格及び性能試験に基づく許容変形量以下となる設計とする。</li> </ul>	変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>隣接する躯体間の相対変位量を算定し、その相対変位量が止水目地の許容変形量以下であることを確認する。</li> </ul>
	グラウンドアンカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤の傾斜による変位量が、グラウンドアンカーの弾性変位量以下となる設計とする。</li> </ul>	変位	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎底面の傾斜による変位量を算定し、その変位量がグラウンドアンカーの弾性変位量以下であることを確認する。</li> </ul>

ここで、動的FEM解析（全応力解析）及び動的FEM解析（有効応力解析）の概要を説明する。

防波壁（逆T擁壁）基礎地盤の安定解析における動的FEM解析（全応力解析）では、以下のとおり解析条件を設定している。

- ・逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）直下の改良地盤については、PS 検層結果を踏まえた剛性を解析用物性値として設定している。
- ・逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）と改良地盤のモデル化において、両者の節点を共有させているため、改良地盤は地震時慣性力による逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の変形の影響を受け易い。
- ・逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）及び改良地盤の転倒等を抑止する機能を有するグラウンドアンカーをモデル化していないため、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）及び改良地盤が変形し易い。

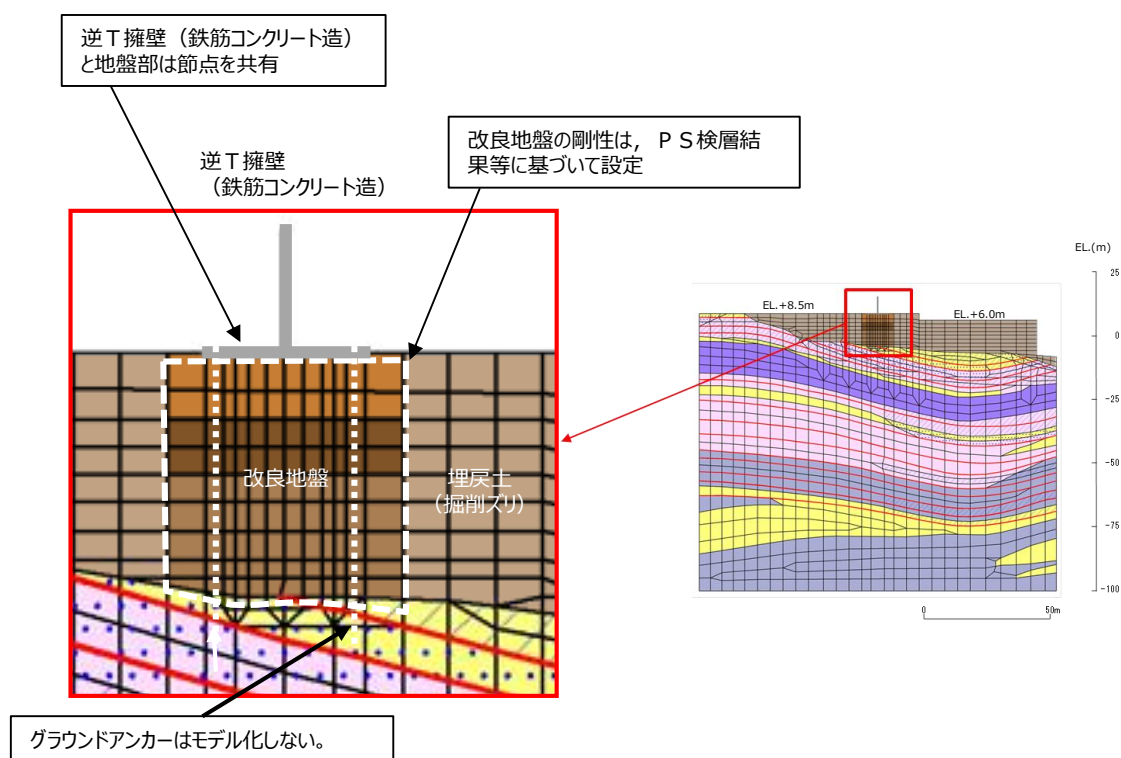


図2 動的FEM解析（全応力解析）解析モデル図

防波壁（逆T擁壁）基礎底面の地震時傾斜が最大となる時刻（ $S_s - D$ , 34.51秒）における変形図及び主応力図を図3，図4に示す。逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）及びその直下の改良地盤部は，接点を共有しているため，基礎底面に生じた傾斜（表5）は，逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）に作用した地震時慣性力の作用による影響が大きいと考えられる。

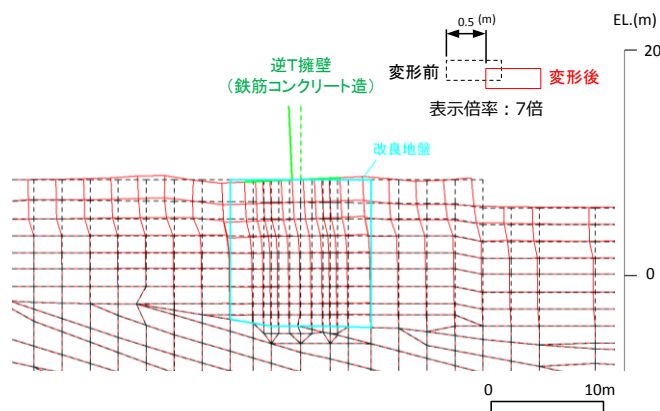


図3 最大傾斜発生時の変形図（ $S_s - D$ , 34.51秒）  
（動的FEM解析（全応力解析））

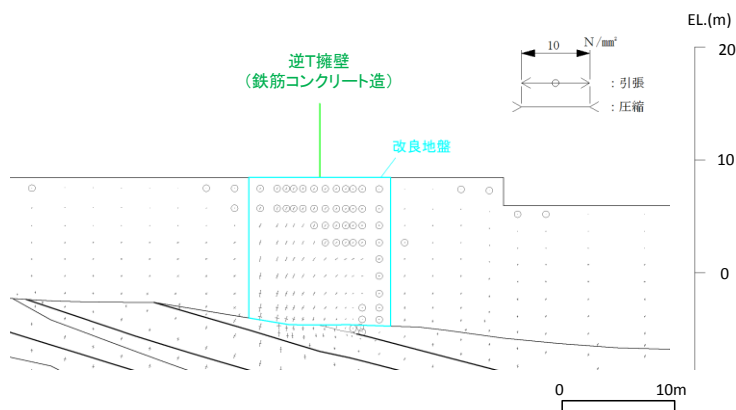


図4 最大傾斜発生時の主応力図（ $S_s - D$ , 34.51秒）  
（動的FEM解析（全応力解析））

表5 地震動による最大傾斜

	全応力解析
地震動による傾斜	1/158



防波壁（逆T擁壁）の構造成立性を確認した動的FEM解析（有効応力解析）の条件は以下の特徴を有しており、より現実的な応答を示すモデルとなっている。

- ・逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）直下の改良地盤については、PS検層結果を踏まえた剛性を解析用物性値として設定している。
- ・防波壁と周辺地盤など、要素間の滑り・剥離を考慮する箇所は、ジョイント要素でモデル化している。
- ・逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の変形抑制機能を有するグラウンドアンカーをモデル化していない。なお、グラウンドアンカーは実態に合ったモデル化を実施し、詳細設計段階において説明する。

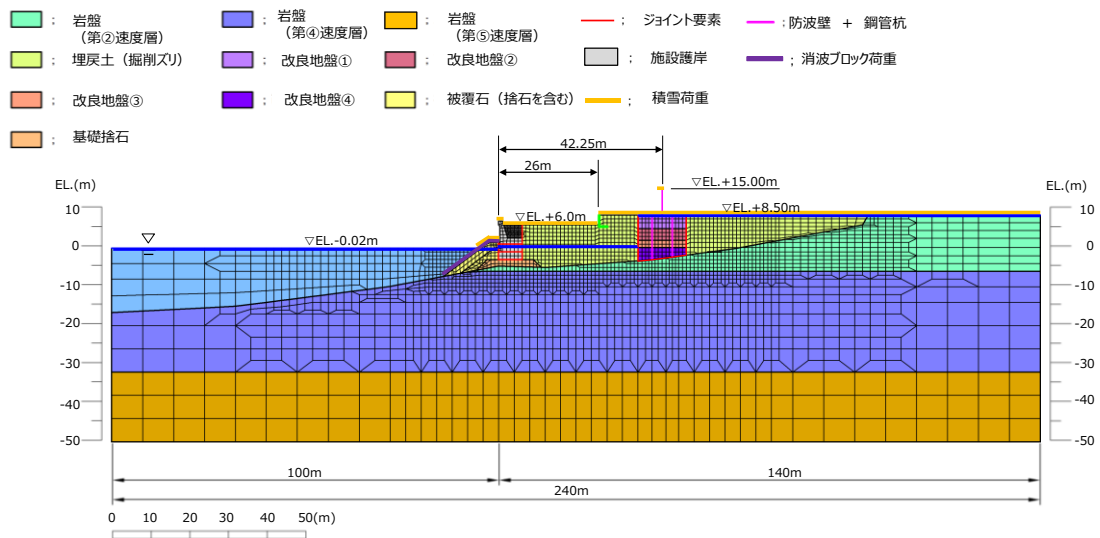
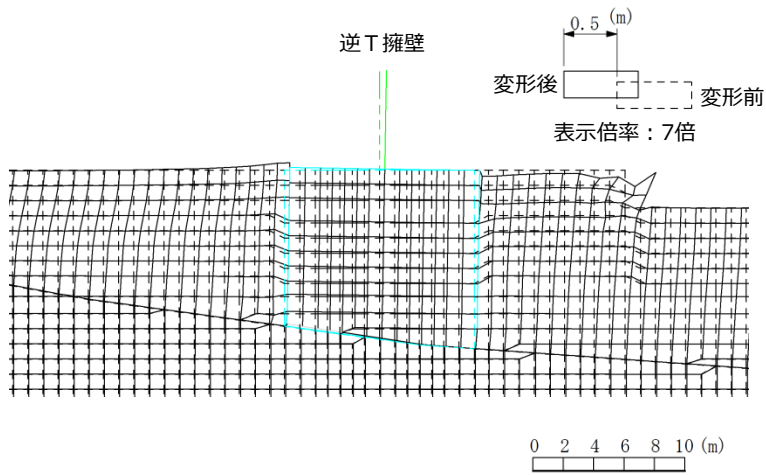


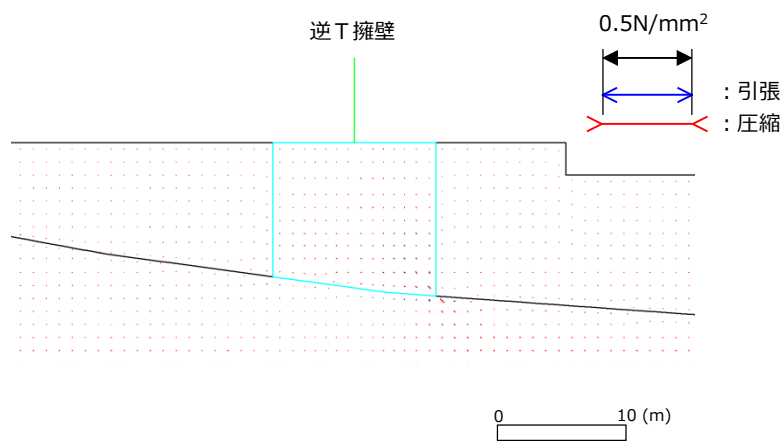
図5 防波壁（逆T擁壁）の解析モデル図（例）

動的FEM解析（有効応力解析）の最大傾斜発生時の変形図及び主応力図を図6、図7に示す。最大傾斜発生時には、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の直下の改良地盤部及び周辺地盤に大きな変形は生じておらず、防波壁（逆T擁壁）の基礎地盤の傾斜は、表6に示す結果となり、動的FEM解析（全応力解析）と比較して小さい。



※動的 F E M解析（全応力解析）の変形図に合わせ、左右反転している。

図 6 最大傾斜発生時の変形図  
（動的 F E M解析（有効応力解析））



※動的 F E M解析（全応力解析）の主応力図に合わせ、左右反転している。

図 7 最大傾斜発生時の主応力図  
（動的 F E M解析（有効応力解析））

表 6 地震動による最大傾斜

	有効応力解析
地震動による傾斜	1/446

地盤の安定解析で用いた動的FEM解析（全応力解析）と防波壁の構造成立性で用いた動的FEM解析（有効応力解析）の結果を比較すると、動的FEM解析（全応力解析）の逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）と改良地盤のモデル化において、両者の節点を共有させていることにより、基礎底面の傾斜が大きくなっていると判断した。

また、防波壁基礎底面の傾斜は躯体の地震時加速度による影響が大きいと判断した。

防波壁（逆T擁壁）の傾斜による構造成立性検討に当たっては、地殻変動による傾斜が地震動による最大傾斜と比較して十分小さいことを踏まえ、地震時の地盤の安定解析で用いた動的FEM解析（全応力解析）及び防波壁の構造成立性で用いた動的FEM解析（有効応力解析）の結果を確認する。

詳細設計段階においては、現実的な応答を示す動的FEM解析（有効応力解析）を用いて傾斜の影響を確認する。

(2) 構造成立性検討方法及び構造成立性検討結果

a. 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の損傷

(a) 構造成立性検討方法

動的FEM解析における逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の発生応力度が、許容応力度以下であることを確認する。

(b) 構造成立性検討結果

動的FEM解析（全応力解析）の結果を表7に示す。逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）基礎底面に最大傾斜が発生した時刻における部材照査の結果、当該時刻において逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）に発生する曲げ・せん断応力度は短期許容応力度以下であることを確認した。

表7 短期許容応力に対する照査（全応力解析）

評価部位	照査項目	地震動	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )		許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )		安全率 (許容応力/発生応力)	判定 (> 1.0)
壁	曲げ・軸力	S s-D	曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$	2.4	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	18	7.5	OK
			引張応力度 $\sigma_s$	117	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	323	2.76	OK
	せん断		せん断応力度 $\tau$	0.11	許容せん断応力度 $\tau_a$	0.9	8.18	OK
底板	曲げ・軸力		曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$	2.7	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	18	6.67	OK
			引張応力度 $\sigma_s$	95	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	323	3.4	OK
	せん断		せん断応力度 $\tau$	0.27	許容せん断応力度 $\tau_a$	0.9	3.33	OK

添付資料 25「防波壁の設計方針及び構造成立性評価結果について」で確認した動的FEM解析（有効応力解析）による結果を以下に示す。

逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の部材照査（曲げ，せん断照査の最小安全率時刻）の結果，逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）に発生する曲げ・せん断応力度は短期許容応力度以下であることを確認した。

表8 短期許容応力に対する照査（有効応力解析）

評価部位	照査項目	地震動	時刻 (s)	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )		許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )		最小安全率 (許容応力/発生応力)	判定 (> 1.0)
壁	曲げ・軸力	S s-D	9.17	曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$	5.6	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	18	3.21	OK
			9.17	引張応力度 $\sigma_s$	242.3	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	323	1.33	OK
	せん断		23.91	せん断応力度 $\tau$	0.32	許容せん断応力度 $\tau_a$	0.9	2.81	OK
底板	曲げ・軸力		9.17	曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$	5.4	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	18	3.33	OK
			9.17	引張応力度 $\sigma_s$	262.8	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	323	1.22	OK
	せん断		23.91	せん断応力度 $\tau$	0.46	許容せん断応力度 $\tau_a$	0.9	1.95	OK

b. 隣接する躯体同士の間支圧による損傷

(a) 構造成立性検討方法

防波壁（逆T擁壁）の傾斜による構造成立性検討に当たっては、隣接する躯体同士は同位相で挙動すると考えているが、隣接する躯体同士が衝突すると仮定し、動的FEM解析（全応力解析）の躯体加速度から躯体間に作用する支圧応力度を算定し、許容応力度以下であることを確認する。また、動的FEM解析（有効応力解析）においても同様の確認を行う。

- ・ 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）に働く慣性力  $F$

$$F = ma$$

$m$  : 逆T擁壁の質量  
 $a$  : 地震時加速度

- ・ 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）側の支圧応力度  $\sigma_{cv}$

$$\sigma_{cv} = F \div \sum b_i \cdot h_i \leq \sigma_{ca}$$

$b_i$  : 防波壁の幅  
 $h_i$  : 防波壁の高さ  
 $\sigma_{ca}$  : 支圧応力度の許容応力度

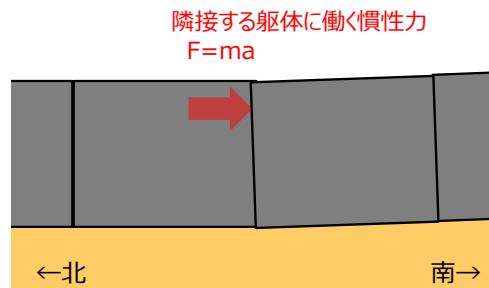


図8 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の相互の支圧イメージ図

(b) 構造成立性検討結果

地盤の安定解析に用いた動的FEM解析（全応力解析）及び防波壁の構造成立性に用いた動的FEM解析（有効応力解析）における逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）に作用する支圧応力度は許容応力度以下であることを確認した。

表9 短期許容応力度に対する照査（支圧）

評価部位	照査項目	地震動	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		支圧応力度の許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		安全率 (許容応力/発生応力)	判定 (> 1.0)
			全応力解析	0.81	圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	10.8		
逆T擁壁 (鉄筋コンクリート造)	支圧	S s-D	全応力解析	0.81	圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	10.8	13.3	OK
			有効応力解析	0.81	圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	10.8	13.3	OK

c. 防波壁間の変形による止水目地の損傷

(a) 構造成立性検討方法

防波壁（逆T擁壁）の傾斜による構造成立性検討にあたっては、隣接する躯体同士は同位相で挙動すると考えているが、保守的に逆位相になった場合の変形量を算定し、先行炉で審査実績を有する止水目地で対応可能であることを確認する。

止水目地の変形量は、法線直交方向の動的FEM解析（全応力解析、有効応力解析）における最大傾斜から算出された防波壁（逆T擁壁）天端の相対変位と、保守的に法線方向においても同傾斜とした場合の相対変位を基に合成変形量を算出した。

止水目地の仕様については、現時点では、先行炉で審査実績を有する止水目地（2000mm）に余裕を考慮して1000mmとする。

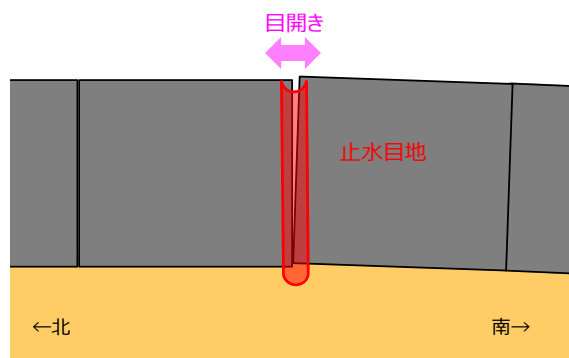


図9 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の目開き（法線方向）イメージ図

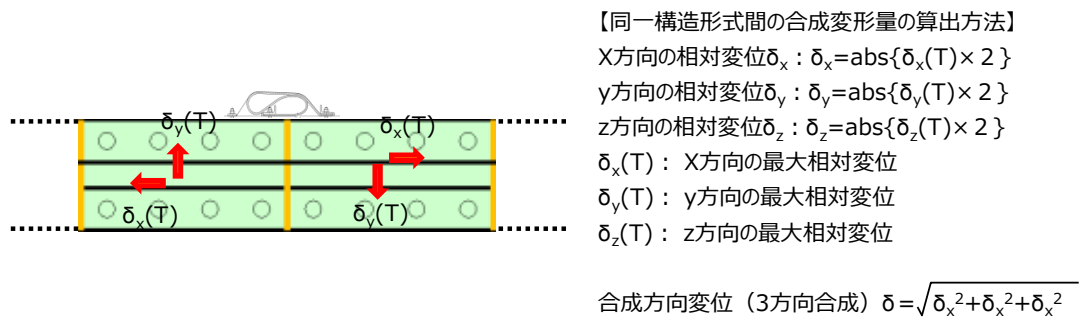


図10 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の相対変位 概念図

(b) 構造成立性検討結果

地盤の安定解析に用いた動的 FEM 解析（全応力解析）及び防波壁の構造成立性に用いた動的 FEM 解析（有効応力解析）における止水目地の変形量は先行炉で審査実績を有する止水目地で対応可能であることを確認した。

表10 止水目地の許容変形量に対する照査

評価部位	照査項目	地震動	変形量 (mm)		止水目地の仕様 (mm)		安全率 (止水目地/変形)	判定 (> 1.0)
			全応力解析	有効応力解析	変形量	変形量		
止水目地	変形	S s-D	全応力解析	240	変形量	1000	4.17	OK
			有効応力解析	90	変形量	1000	11.11	OK

d. グラウンドアンカーの破損

(a) 構造成立性検討方法

防波壁（逆T擁壁）はグラウンドアンカーを設置するため、基礎底面の傾斜による顕著な変位は生じないと考えているが、動的 FEM 解析では、グラウンドアンカーを考慮していないことから、基礎底面の傾斜によるグラウンドアンカーの変位量は、動的 FEM 解析（全応力解析、有効応力解析）における初期位置からの変位量を算出し、グラウンドアンカーの弾性変位量以下であることを確認する。

グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（平成 24 年 5 月）により算出したグラウンドアンカーの弾性変位量  $u$  は、グラウンドアンカーの仕様から約 133mm となる。

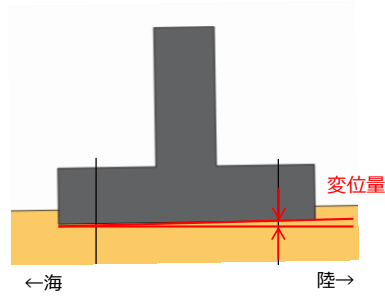


図 1 1 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の傾斜イメージ図

- ・ グラウンドアンカー弾性変位量  $u$

$$u = \frac{T \cdot l_{sf}}{A_s \cdot E_s} \quad \text{グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 (平成24年5月)}$$

表 1 1 グラウンドアンカーの緒元及び弾性変位量

項目	記号	備考
計画最大荷重	$T$	2,400kN (テンドン降伏荷重)
テンドン自由長	$l_{sf}$	16,220mm
テンドン弾性係数	$E_s$	191kN/mm <sup>2</sup>
テンドン断面積	$A_s$	1,525.7mm <sup>2</sup>
弾性変位量	$u$	133mm

(b) 構造成立性検討結果

地盤の安定解析に用いた動的FEM解析（全応力解析）及び防波壁の構造成立性に用いた動的FEM解析（有効応力解析）における最大傾斜時の変位量は弾性変位量以下であることを確認した。

表 1 2 グラウンドアンカーの破損に対する照査

評価部位	照査項目	地震動	変位量 (mm)		弾性変位量 (mm)		安全率 (弾性変位/最大変位)	判定 (> 1.0)
			全応力解析	有効応力解析	全応力解析	有効応力解析		
グラウンドアンカー	変位	S s -D	全応力解析	23	弾性変位量	133	5.78	OK
			有効応力解析	18	弾性変位量	133	7.38	OK



(3) 詳細設計段階での検討方針

防波壁（逆T擁壁）における要求機能を喪失する事象における詳細設計段階での検討方針を表13に示す。

表13 詳細設計段階での検討方針

施設	部位の名称	要求機能を喪失する事象	照査項目	詳細設計段階での検討方針
防波壁 (逆T擁壁)	逆T擁壁 (鉄筋コンクリート造)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤が傾斜することにより曲げ・せん断破壊し、遮水性を喪失する。</li> </ul>	曲げ・せん断	<ul style="list-style-type: none"> <li>動的FEM解析（有効応力解析）を行い、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）が損傷しないことを確認する。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤が傾斜することにより逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の隣接する躯体同士が相互に支圧することにより破壊し、遮水性を喪失する。</li> </ul>	曲げ・せん断	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁（逆T擁壁）の法線方向の動的FEM解析（有効応力解析）を行い、隣接する躯体の挙動を把握し、防波壁が損傷しないことを確認する。</li> <li>逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）の支圧応力度が許容応力度を上回る場合、許容限界を満足する対策を講じる。</li> </ul>
	止水目地 (支持部含む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤が傾斜することにより隣接する躯体間（法線方向、法線直交方向）の変形により、止水目地の許容変形量を超える変形が生じ、遮水性を喪失する。</li> </ul>	変形 水圧	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波壁の法線直交方向及び法線方向の動的FEM解析（有効応力解析）を行い、止水目地の変形量が許容変形量以下であることを確認する。</li> <li>また、止水目地にかかる水圧が許容水圧以下であることを確認する。</li> </ul>
	グラウンドアンカー	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤が傾斜することによりグラウンドアンカーが破損し、逆T擁壁が転倒する。</li> </ul>	引張	<ul style="list-style-type: none"> <li>グラウンドアンカーをモデル化した動的FEM解析（有効応力解析）を行い、設計アンカー力により逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）が転倒しないことを確認する。</li> <li>裕度が確保できなくなった場合には、グラウンドアンカーを追加設置する。</li> </ul>

(参考) 地盤改良による強度増加を見込まない動的FEM解析(全応力解析)における基礎底面の傾斜による防波壁(逆T擁壁)の検討

防波壁(逆T擁壁)基礎地盤のすべり安定性評価において、保守的な評価の観点から、地盤改良による強度増加を見込まないこととした場合の動的FEM解析(全応力解析)により基礎底面の傾斜を算定した結果、地震動による最大傾斜が1/59となった。

基礎底面の傾斜が大きくなった要因として、以下の解析条件が挙げられる。

- ・逆T擁壁(鉄筋コンクリート造)直下の改良地盤の解析用物性値については、すべり安定性に大きく寄与する強度特性の増加を見込まないようにするため、保守的に埋戻土(掘削ズリ)の解析用物性値を流用していることから、有効応力解析における剛性の1/2以下となっている。
- ・逆T擁壁(鉄筋コンクリート造)と改良地盤のモデル化において、両者の節点を共有させているため、改良地盤は地震時慣性力による逆T擁壁(鉄筋コンクリート造)の変形の影響を受け易い。
- ・逆T擁壁(鉄筋コンクリート造)及び改良地盤の転倒等を抑止する機能を有するグラウンドアンカーをモデル化していないため、逆T擁壁(鉄筋コンクリート造)及び改良地盤が変形し易い。

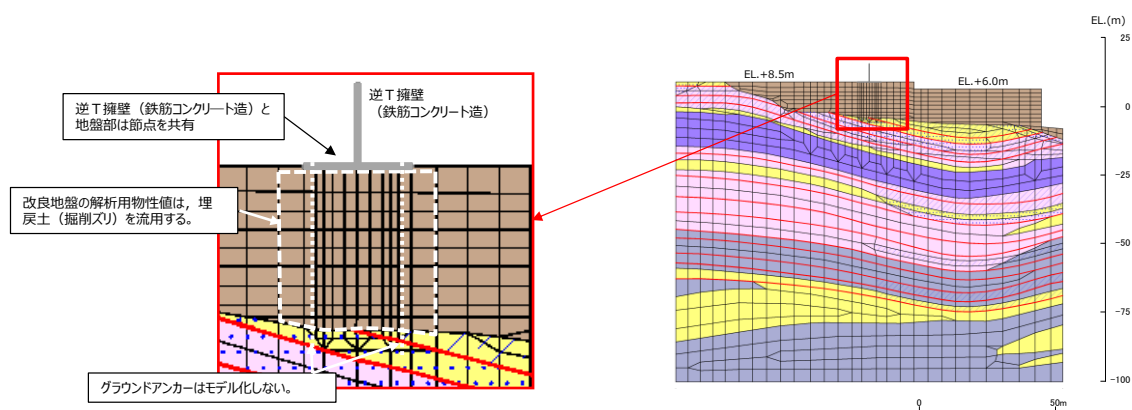


図1.2 動的FEM解析(全応力解析)解析モデル図

防波壁(逆T擁壁)基礎底面の地震時傾斜が最大となる時刻( $S_s - D$ , 12.09秒)における変形図及び主応力図を図1.3, 図1.4に示す。最大傾斜発生時には、逆T擁壁(鉄筋コンクリート造)及びその直下の改良地盤部は、大きく変形しているが、その周辺の地盤には、その影響は及んでいない。このことから、表1.4に示す基礎底面に生じた傾斜は、逆T擁壁(鉄筋コンクリート造)に作用した地震時慣性力の作用による影響が大きいと考えられる。

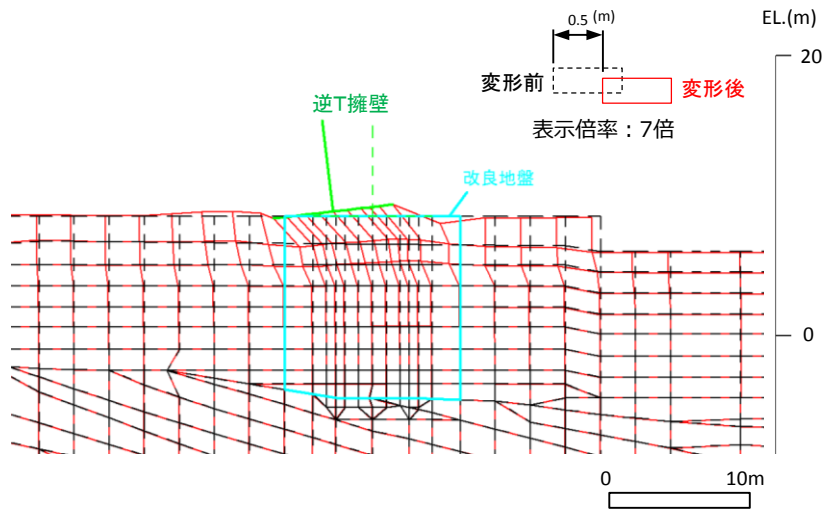


図 1 3 最大傾斜発生時の変形図 (S s - D, 12.09 秒)  
(動的 F E M 解析 (全応力解析))

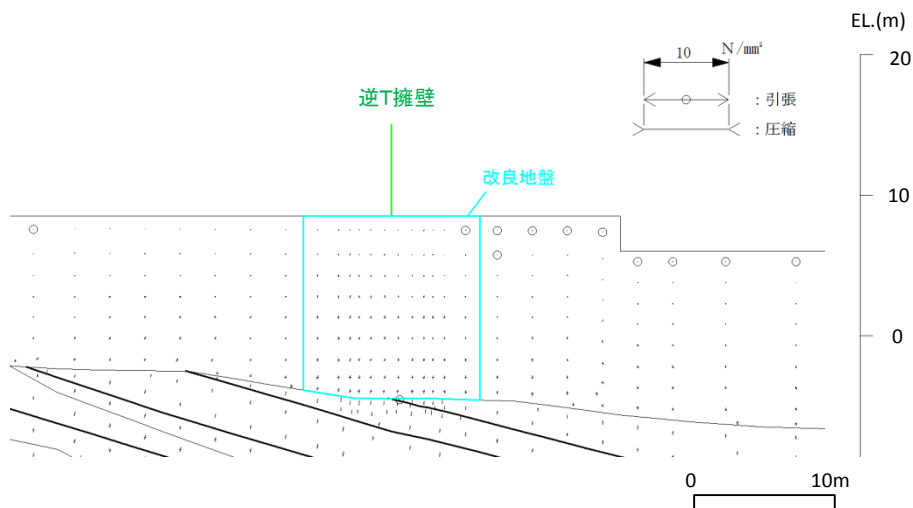


図 1 4 最大傾斜発生時の主応力図 (S s - D, 12.09 秒)  
(動的 F E M 解析 (全応力解析))

表 1 4 地震動による最大傾斜

	全応力解析
地震動による傾斜	1/59

なお、基礎底面の傾斜（1/59）を踏まえた防波壁（逆T擁壁）の傾斜による構造成立性検討を実施したところ、表15～18の結果となり、基礎底面の傾斜（1/59）を考慮しても防波壁は構造成立することを確認した。

表15 短期許容応力に対する照査（全応力解析）

評価部位	照査項目	地震動	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )		許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )		安全率 (許容応力/発生応力)	判定 (> 1.0)
縦壁	曲げ・軸力	S s-D	曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$	0.9	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	18	20.00	OK
			引張応力度 $\sigma_s$	30	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	323	10.76	OK
	せん断		せん断応力度 $\tau$	0.04	許容せん断応力度 $\tau_a$	0.9	22.50	OK
底版	曲げ・軸力		曲げ圧縮応力度 $\sigma_c$	3.2	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	18	5.62	OK
			引張応力度 $\sigma_s$	124	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	323	2.60	OK
	せん断		せん断応力度 $\tau$	0.24	許容せん断応力度 $\tau_a$	0.9	3.75	OK

表16 短期許容応力度に対する照査（支圧）

評価部位	照査項目	地震動	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		支圧応力度の許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		安全率 (許容応力/発生応力)	判定 (> 1.0)
逆T擁壁 (鉄筋コンクリート造)	支圧	S s-D	全応力解析	0.51	圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	10.8	21.1	OK

表17 止水目地の許容変形量に対する照査

評価部位	照査項目	地震動	変形量 (mm)		止水目地の仕様 (mm)		安全率 (止水目地/変形)	判定 (> 1.0)
止水目地	変形	S s-D	全応力解析	640	変形量	1000	1.56	OK

表18 グラウンドアンカーの破損に対する照査

評価部位	照査項目	地震動	変位量 (mm)		弾性変位量 (mm)		安全率 (弾性変位/最大変位)	判定 (> 1.0)
グラウンドアンカー	変位	S s-D	全応力解析	102	弾性変位量	133	1.30	OK