

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	DB05 r. 3.7
提出年月日	令和4年12月22日

泊発電所3号炉

設置許可基準規則等への適合状況について
(設計基準対象施設等)

第5条 津波による損傷の防止

令和4年12月
北海道電力株式会社

第5条：津波による損傷の防止

<目次>

今回提出範囲

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）
泊発電所3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）
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）
耐津波設計において現場確認を要するプロセス

<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泊発電所3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、設計に当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^{※1}第五条」及び「技術基準規則^{※2}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（兼用キヤ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ぬ。</p>	<p>設計基準対象施設（兼用キヤ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ぬ。</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●図に、基準津波の時刻歴波形を第●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。

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。）を内包する建屋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、取水路及び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。）を内包する建屋及び区画は、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、設備等の設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来襲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、重要な安全機能を有する施設の設置された敷地並びに重要な安全機能を有する設備を内包する建屋及び区画に津波の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、開口部及び貫通口等）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。

- b. 取水・放水施設及び地下部等において、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・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設や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するとともに、当該想定される浸水範囲（以下「浸水想定範囲」という。）の境界において浸水想定範囲外に流出する可能性のある経路（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。
- 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。）を内包する建屋及び区画については、浸水防護を行う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、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水範囲及び浸水量を安全側に想定した上で、浸水防護重点化範囲に流入する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して必要に応じ流入防止の対策を施す設計とする。
- 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設計とする。そのため、原子炉補機冷却海水ポンプについては、基準津波による取水ピットの水位の低下に対して、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位を下回る可能性があるため、津波防護施設（貯留堰）を設置することにより、原子炉補機冷却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、取水路及び取水ピットスクリーン室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原子炉補機冷却海水ポンプが機能保持できる設計とする。
- 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、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。

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，津波の繰り返しの来襲による影響，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。

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原子炉補機冷却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。

ヌ その他発電用原子炉の附属施設の構造及び設備

(3) その他の主要な事項

(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、防潮堤、防水壁、1号及び2号炉取水路流路縮小工、3号炉放水ピット流路縮小工、貯留堰、浸水防止蓋、1号及び2号炉放水路逆流防止設備、屋外排水路逆流防止設備、貫通部止水蓋、水密扉、ドレンライン逆止弁、貫通部止水処置により、津波から防護する設計とする。

防潮堤

個 数 1

防水壁

個 数 1

1号及び2号炉取水路流路縮小工

個 数 4

3号炉放水ピット流路縮小工

個 数 1

貯留堰（「ヌ(3)(v)非常用取水設備」と兼用）

個 数 1

浸水防止蓋

個 数 2

1号及び2号炉放水路逆流防止設備

個 数 4

屋外排水路逆流防止設備

個 数 3

貫通部止水蓋

個 数 1

水密扉（防水壁）

個 数 2

水密扉（原子炉建屋及び原子炉補助建屋）（「ヌ(3)(ii)b. 内部溢水に対する防護設備」との兼用を含む。）

個 数 **

ドレンライン逆止弁（「ヌ(3)(ii)b. 内部溢水に対する防護設備」との兼用を含む。）

個 数 6

貫通部止水処置（「ヌ(3)(ii)b. 内部溢水に対する防護設備」との兼用を含む。）

個 数 一式

(v) 非常用取水設備

設計基準事故に対処するために必要となる原子炉補機冷却海水ポンプの冷却用の海水を確保するために、取水口、取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室を設置する。

また、基準津波による水位低下時において、冷却に必要な海水を確保するために、貯留堰を設置する。

非常用取水設備の貯留堰、取水口、取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室は、想定される重大事故等時において、重大事故等対処設備として使用する。

貯留堰、取水口、取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室は、基準津波による水位低下に対して、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性を保持できる容量を十分に有している。

貯留堰（「ヌ(3)(ii)浸水防護設備」と兼用)

個 数 1

取水口

個 数 1

取水路

個 数 1

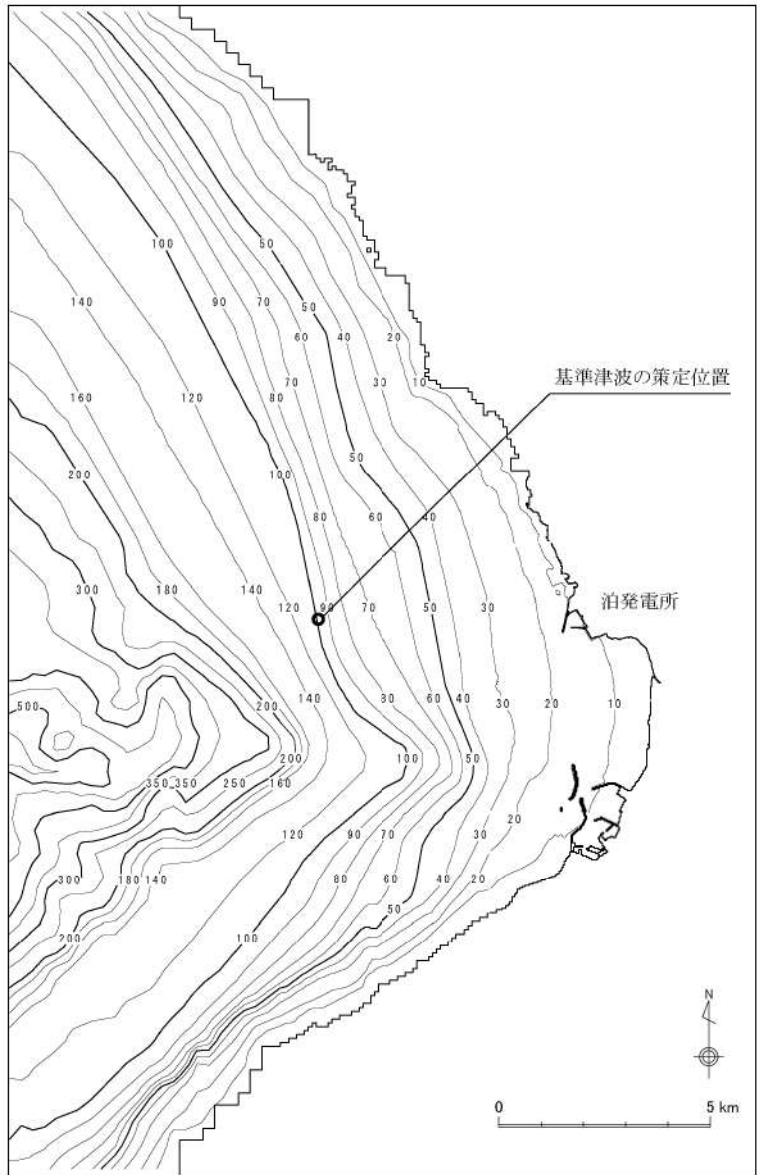
取水ピットスクリーン室

個 数 1

取水ピットポンプ室

個 数 1

●: 追而



図● 泊発電所の基準津波策定位置



図● 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、津波からの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、津波に対してその機能を維持できる設計とするか、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。

(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は、敷地周辺の図面等に基づき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及び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

泊発電所の敷地は、積丹半島の西側基部にあり、日本海に面した地点

で、北海道古宇郡泊村内にある。

敷地に近い主な都市は、小樽市（東北東約 42km）である。

敷地は、海岸線から山側に向かって標高 40～130m の丘陵地で、海岸に向かって次第に低下し、海岸付近では急峻な海食崖となっている。

敷地周辺の河川としては、敷地北側に茶津川、敷地東側に発足川（堀株川の支流）がある。敷地を含む周辺の表流水のほとんどは、敷地北側の茶津川及び敷地東側の発足川に集まり、日本海へ注いでいる。茶津川については、標高約 50m 以上の尾根で隔てている。堀株川は敷地東側約 1km 地点にあり、敷地から十分離れており、敷地とは標高約 100m の山（丘陵）で隔てられている。

主要な施設を設置する敷地レベルは T.P. +10.0m である。また、敷地はその他に、港湾施設が設置される T.P. +5.5m 以下、主に重大事故等対処設備が設置される T.P. +31.0m 以上の高さに分かれている。

b. 敷地における施設の位置、形状等の把握

3号炉の設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋・区画としては、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、原子炉補機冷却海水ポンプエリア、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室があり、いずれも T.P. +10.0m の敷地に設置されている。

設計基準対象施設の津波防護対象設備の屋外設備としては、T.P. +10.0m の地下に原子炉補機冷却海水管ダクト、ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室、ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ、その他、非常用取水設備として、取水口（貯留堰を含む。）、取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室を設置する。

津波防護施設として、日本海に面した T.P. +10.0m の敷地前面に天端高さ T.P. +16.5m の防潮堤を設置する。

防潮堤は、セメント改良土及び置換コンクリートによる堤体構造とする。海と接続する取水路、放水路からの敷地内への流入を防止するため、3号炉取水ピットスクリーン室に防水壁、1号及び2号炉取水路に流路縮小工、3号炉放水ピットに流路縮小工を設置する。また、引き波時において、原子炉補機冷却海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保するため、3号炉取水口に貯留堰を設置する。

浸水防止設備として、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁に水密扉及び貫通部止水蓋、1号及び2号炉の放水路に逆流防止設備、屋外排水路に逆流防止設備を設置する。原子炉補機冷却海水ポンプエリアにドレンライン逆止弁、浸水防止蓋の設置及び貫通部止水処置を実施する。また、3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋の境界部にドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施し、3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建

屋と電気建屋との境界部及び3号炉原子炉補助建屋と3号炉出入管理建屋との境界部に水密扉の設置及び貫通部止水処置を実施する。

津波監視設備として、3号炉取水ピットスクリーン室内 T.P. -7.5m に潮位計、3号炉取水ピットスクリーン室内 T.P. +3.5m に取水ピット水位計、3号炉原子炉建屋屋上及び防潮堤上部に津波監視カメラを設置する。

敷地内のうち防潮堤外側の遡上域の建物・構築物等としては、T.P. +3.0m の敷地に残留塩素計建屋及び3号炉放水口モニタ建屋、T.P. +10.0m の敷地にモニタリング局舎等を設置する。

c. 敷地周辺の人工建造物の位置、形状等の把握

発電所構内の港湾施設としては、防波堤を設置しており、その内側には荷揚岸壁を設けている。敷地周辺の港湾としては、発電所から南に約6kmの位置に岩内港、北西に約4kmの位置に泊漁港があり、各々の港には防波堤が設置されている。発電所に最も近い漁港（北約1km未満の位置）は茶津漁港であり、同港には防波堤が整備されているが、小型漁船や船外機船等は停泊していない。海上設置物としては、岩内港、泊漁港、盃漁港（盃地区・カブト地区）、茶津漁港、堀株港、その他船揚場等に船舶・漁船が約180隻係留されている。

また、発電所が面する積丹半島西側では、さけ定置漁業やほたての養殖漁業が営まれており、養殖施設等の海上設置物が認められる。

この他に津波漂流物の観点から、発電所に影響のある泊村、岩内町、共和町には、一般家屋、漁具、配電柱等がある。

発電所周辺の海上には、発電所沖合約30kmに小樽～新潟（または舞鶴）間のフェリーが運航されているが、発電所近傍にはフェリー航路はない。

(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・設備等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.●図に示す。また、入力津波高さを第1.5.●表及び第1.5.●表に示す。

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、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 T.P. +0.26m 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 T.P. -0.14m 及び潮位のばらつき 0.19m を考慮し、評価水位を設定する。

朔望平均潮位及び潮位のばらつきは敷地周辺の観測地点岩内港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、観測地点岩内港における過去 48 年 (1971~2018 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。観測地点岩内港は、泊発電所の敷地南方約 6km に位置し、発電所と同様に日本海に面して設置されている。なお、観測地点岩内港と発電所港湾内に設置している潮位計における潮位観測記録に有意な差はない。

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。基準津波による敷地前面における水位の年超過確率は**~**程度であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性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 T.P. $+1.03\text{m}$ と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位 T.P. $+0.26\text{m}$ 及び潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.63m 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。

追而

(基準地震動の審査を踏まえて記載する)

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 において「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 5m) 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 (2006) (岩内港周辺については、海上保安庁による海図により補正)、深淺測量等による地形データを使用し、陸域では国土地理院数値地図 50m メッシュ (標高) 及び北海道開発局 1 mDEM データを使用する。また、取・放水路等の諸元、敷地標高については、発電所の竣工図を用いる。

伝播経路上の人工構造物について、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、津波防護施設を考慮し、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浸入角度及び速度並びにそれらの経時変化を把握する。また、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、地震による液状化、流動化又はすべり、標高変化を考慮した遡上解析を実施し、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。なお、敷地の周辺斜面が、遡上波の敷地への到達に対して障壁となっている箇所はない。

敷地周辺の河川としては、敷地北側に茶津川、敷地東側に堀株川が存在するが、茶津川については、標高約 50m 以上の尾根で隔てられており、T. P. +10m の発電所敷地内へ流入する水路はないことから、河川を経由する津波の敷地への回り込みの可能性はない。また、堀株川は、敷地東側約 1 km 地点にあり、敷地から十分離れていること、敷地とは標高約 100m の山 (丘陵) で隔てられており、T. P. +10m の発電所敷地内へ流入する水路はないことから、河川を経由する津波の敷地への回り込みの可能性はない。

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、揺すり込み沈下及び液状化に伴う地盤の沈下の有無を数値シミュレーションの条件として考慮する。また、発電所の港湾施設である防波堤については、基準地震動 S_s による損傷が津波の遡上に影響を及ぼす可能性があるため、その防波堤の損傷を想定し、防波堤の有無を数値シミュレーションの条件として考慮する。この上で、これらの条件及び条件の組合せ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設定する。

初期潮位は、発電所周辺海域の平均的な潮位を使用することとし、岩内港の潮位観測記録 (1961 年～1962 年) の平均潮位 T. P. +0.21m とする。朔望平均満潮位 (T. P. +0.26m)、潮位のばらつき (0.14m) 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. ● 図に示す。防潮堤等の津波防護施設がない場合は、敷地に遡上する。このため、津波防護施設である防潮堤を設置し、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。）を内包する建屋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。防潮堤前面における最高水位は T. P. +**.*m となる。

追而

(港湾内の局所的な海面の励起は基準津波の審査を踏まえて記載する)

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、遡上波が敷地に地上部から到達又は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 considering 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。）を内包する建屋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、T. P. +**.*m 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に地震による沈下が想定される場合には、第 1.5. ● 表に示す入力津波高さの設定において敷地地盤の沈下を安全側に考慮する。

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、取水口から取水ピットポンプ室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、貝付着やスクリーン損失及び防波堤の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、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性を確保するため、貯留堰を設置するとともに、気象庁から発信される大津波警報を元に循環水ポンプを停止する運用を定める。このため、水位の評価は貯留堰の存在を考慮に入れるとともに、循環水ポンプの停止を前提として実施する。

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)～(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。）を内包する建屋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。
- (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。
- (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屋及び区画については、浸水防護することにより、津波による影響等から隔離可能な設計とする。
- (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。
- (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。

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、外郭防護として防潮堤を設置する。

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ため、外郭防護として、3号炉取水ピットスクリーン室に防水壁、1号及び2号炉取水路、3号炉放水ピットに流路縮小工を設置する。3号炉取水ピットスクリーン室防水壁に水密扉及び貫通部止水蓋の設置、1号及び2号炉の放水路、屋外排水路に逆流防止設備を設置する。原子炉補機冷却海水ポンプエリアにドレンライン逆止弁、浸水防止蓋の設置及び貫通部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。）を内包する建屋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、原子炉補機冷却海水ポンプエリアの浸水防護重点化範囲の境界に貫通部止水処置を実施する。また、3号炉原子炉建屋の浸水防護重点化範囲の境界にドレンライン逆止弁及び水密扉の設置及び貫通部止水処置を実施し、3号炉原子炉補助建屋の浸水防護重点化範囲の境界に水密扉の設置及び貫通部止水処置を実施する。

基準津波による水位低下に対して、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位を下回らないよう貯留堰を設置する。

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、3号炉原子炉建屋壁面及び防潮堤上部3号炉取水路付近に津波監視カメラ、取水ピットスクリーン室内に取水ピット水位計及び潮位計を設置する。

津波防護対策の設備分類と設置目的を第1.5.●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.●図に示す。

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屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，原子炉補機冷却海水ポンプエリア及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室はT.P. + 10.0mの敷地に設置している。また，屋外には，T.P. + 10.0mの地下にピット構造のディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室及びトレンチ構造のディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチを設置している。なお，原子炉建屋と循環水ポンプ建屋を接続する原子炉補機冷却海水管ダクトは地下に設置している。

原子炉補機冷却海水ポンプエリアには，原子炉補機冷却海水ポンプをT.P. + 2.5mに設置している。

これに対して，基準津波による遡上波が直接敷地に到達，流入することを防止できるように，高さT.P. + 16.5mの防潮堤を設置する。

追而

（遡上波の到達・流入に係る評価結果について，
入力津波の解析結果を踏まえて記載する）

なお，防潮堤（東端部）及び防潮堤（西端部）では，堅固な地山斜面により，遡上波の地上部からの到達，流入を防止する。

(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，屋外排水路が挙げられる。これらの経路を第1.5.●表に示す。

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裕度と比較して，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，3号炉取水ピットスクリーン室に防水壁，1号及び2号

炉取水路，3号炉放水ピットに流路縮小工を設置する。また，浸水防止設備として，3号炉取水ピットスクリーン室防水壁に貫通部止水蓋及び水密扉，1号及び2号炉の放水路，屋外排水路に逆流防止設備，原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面にドレンライン逆止弁及び浸水防止蓋を設置し，原子炉補機冷却海水ポンプエリア壁面の配管等貫通部に貫通部止水処置を実施する。

これらの浸水対策の概要について，第1.5.●～第1.5.●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.●表に示す。

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・放水設備の構造上の特徴等を考慮して，取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討した結果，3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア及び3号炉循環水ポンプエリアについては，基準津波が取水路から流入する可能性があるため，漏水が継続することによる浸水の範囲（以下「浸水想定範囲」という。）として想定する。

浸水想定範囲への浸水の可能性のある経路として，3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリアに開口部が存在することから，浸水防止設備としてドレンライン逆止弁及び浸水防止蓋を設置する。

また，漏水により津波の浸水経路となる可能性があるドレンライン逆止弁については，浸水想定範囲の浸水量評価において考慮する。これらの浸水対策の概要について，第1.5.●図に示す。

なお，取水・放水設備の構造上の特徴を考慮して，漏水の可能性を検討した結果，床面等における隙間部として挙げられる循環水ポンプ，原子炉補機冷却海水ポンプ及び海水取水ポンプのグランド部並びに据付部については，グランドパッキンによる締付けやフランジ取り合い部を取付ボルトで密着する構造としていることから漏水による浸水経路とはならない。また，原子炉補機冷却海水ポンプのグランドドレンの排水についてはドレンライン逆止弁を経由した排水とすることとし，原子炉補機冷却海水ポンプのケーシング内に設置された原子炉補機冷却海水ポンプ付属配管（電動機ドレン配管，ポンプブロー配管）のポンプ下部貫通部の配管外面部にある極僅かな隙間はシールをすることにより，漏水による浸水経路とはならない。

(2) 安全機能への影響確認

浸水想定範囲である原子炉補機冷却海水ポンプエリアには，重要な安全機能を有する設備である原子炉補機冷却海水ポンプを設置しているため，原子炉補機冷却海水ポンプエリアを防水区画化する。

原子炉補機冷却海水ポンプエリアのドレンライン逆止弁については、漏水による浸水経路となることから、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。

(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原子炉補機冷却海水ポンプが設置されている原子炉補機冷却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。

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屋及び区画の隔離（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、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、原子炉補機冷却海水ポンプエリア、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室、原子炉補機冷却海水管ダクト、ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室、ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチを設定する。

(2) 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）の設定

ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室とディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチに設置された津波防護対象設備は、耐震Sクラスの静的機器である「非常用ディーゼル発電機 燃料油貯油槽」及び「非常用ディーゼル発電機燃料油配管」である。また、当該エリアに流入するのは、地震による溢水のみであり、津波の流入はない。

以上のことから、ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室とディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチについては、浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）として設定し、地震による溢水が流入することを前提とするが、エリア内に設置された津波防護対象設備が機能喪失しないことを確認する。

(3) 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

津波の流入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流入する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、流入防止の対策を実施する。

具体的には、タービン建屋において発生する地震による循環水系統配管等の損傷箇所からの津波の流入等が、隣接する浸水防護重点化範囲（原子炉建屋）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、ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施する。

同様に循環水ポンプ建屋の循環水ポンプエリアにおいて発生する地震に伴う循環水系統配管等の損傷箇所からの津波の流入等が、隣接する浸水防護重点化範囲（原子炉補機冷却海水ポンプエリア）へ影響することを防止するため、その境界に貫通部止水処置を実施する。電気建屋において発生する地震に伴う一次系放水ピット及び低耐震クラス配管等の破損箇所からの津波の流入等が、隣接する浸水防護重点化範囲（原子炉建屋及び原子炉補助建屋）へ影響することを防止するため、その境界に水密扉の設置及び貫通部止水処置を実施する。実施に当たっては、以下 a. ～ e. の影響を考慮する。

a. 循環水ポンプ建屋内における溢水

地震に起因する循環水ポンプエリアの循環水管伸縮継手の破損及び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、津波が損傷箇所を介して、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、循環水ポンプエリア内に流入した津波により、隣接する浸水防護重点化範囲（原子炉補機冷却海水ポンプエリア）への影響を評価する。

b. タービン建屋内における溢水

地震に起因するタービン建屋内の循環水管伸縮継手の破損及び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、津波が循環水管に流れ込み、循環水管の損傷箇所を介して、タービン建屋内に流入することが考えられる。

このため、タービン建屋内に流入した津波により、タービン建屋に隣接する浸水防護重点化範囲（原子炉建屋）への影響を評価する。

c. 電気建屋内における溢水

地震に起因する電気建屋の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、津波が損傷箇所を介して電気建屋内に流入することが考えられる。

このため、電気建屋内に流入した津波より、隣接する浸水防護重点化範囲（原子炉建屋及び原子炉補助建屋）への影響を評価する。

d. 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。

e. 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。

(4) 上記(3) a. ～ c. の浸水範囲，浸水量については，以下のとおり安全側の評価を実施する。

a. 循環水ポンプ建屋における機器・配管の損傷による津波，溢水等の事象想定

循環水ポンプエリアにおける浸水については，循環水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。

循環水ポンプが停止するまでの間に生じる溢水量，循環水管の損傷箇所からの津波流入量及び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循環水ポンプエリアに滞留するものとして没水水位を算出する。

b. タービン建屋における機器・配管の損傷による津波，溢水等の事象想定
タービン建屋における浸水については，循環水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。

循環水ポンプが停止するまでの間に生じる溢水量，循環水管の損傷箇所からの津波流入量及び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タービン建屋に滞留するものとして没水水位を算出する。

c. 電気建屋内の機器・配管の損傷による津波，溢水等の事象想定

電気建屋における浸水については，低耐震クラス機器及び配管の損傷を想定する。

3号原子炉補機冷却海水放水路からの津波流入量及び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電気建屋に滞留するものとして没水水位を算出する。

d. 機器・配管損傷による津波流入量の考慮

上記 a. ～ c. における津波浸水量については，入力津波の時刻歴波形に基づき，津波の繰り返しの来襲を考慮し，各建屋建屋の没水水位は津波の流入の都度上昇するものとして計算する。また，保守的に一度流入したものは流出しないと考える。

e. 機器・配管等の損傷による内部溢水の考慮

上記 a. ～ c. 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。

f. 地下水の流入量の考慮

地下水の流入については，地下水排水設備の停止により建屋周囲の水位

が地表面まで上昇することを想定し、建屋外周部における貫通部止水処置等を実施して建屋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、地下水排水設備については、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。

地震による建屋地下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。

g. 屋外タンク等の損傷による溢水等の事象想定

屋外タンク等の損傷による溢水については、地震時の溢水により建屋周囲が浸水することを想定する。

追而
(評価結果を踏まえて記載する)

h. 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屋と隣接する原子炉建屋の境界及び電気建屋と隣接する原子炉建屋、原子炉補助建屋の境界において、施工上生じうる建屋間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。

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) 非常用海水冷却系の取水性

基準津波による水位の低下に対して、原子炉補機冷却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原子炉補機冷却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、取水口から取水ピットポンプ室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摩擦係数を考慮するとともに、貝付着やスクリーン損失及び防波堤の有無を考慮し、潮位のばらつきも考慮する。

追而
(評価水位及び貯留堰高さを下回る時間については、
入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

海水を貯水する対策として貯留堰を設置し、取水性を確保する設計とする。

貯留堰は、原子炉補機冷却海水ポンプ2台の運転継続可能な時間が30分以上となる貯水量約1,800m³以上が確保できる設計としており、準津波時に貯留堰高さT.P. -4.0mを下回る時間、約*分(**秒)に対して、原子炉補機冷却海水ポンプの運転継続時間が十分に長いことから、十分な容量を有している。

なお、取水路及び取水ピットポンプ室が循環水系と非常用海水冷却系で併用されているため、発電所を含む地域に大津波警報が発令された際には、循環水ポンプを停止する運用を整備する。

(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、取水路及び取水ピットポンプ室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原子炉補機冷却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

3号炉取水口は、取水口底版高さがT.P. -8.0mであり、取水口前の海底面高さT.P. -10.0mより約2m高い位置にある。取水路は、高さ約4.2m、幅約4.2mの2連水路構造であり、取水路の呑み口高さは約4.2mである。

また、取水ピットポンプ室底面はT.P. -10.6mであり、原子炉補機冷却海水ポンプ下端はT.P. -8.1mであることから、ポンプ下端は取水ピットポンプ室底面から約2.5m高い位置に在る。

追而

(砂移動・堆積の影響評価については、
砂移動解析結果を踏まえて記載する)

b. 原子炉補機冷却海水ポンプへの浮遊砂の影響

原子炉補機冷却海水ポンプは、取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入した場合においても、原子炉補機冷却海水ポンプの軸受に設けられた異物逃がし溝(PTFE軸受:約□mm, ゴム軸受:約□mm)から排出される構造とする。

これに対して、発電所周辺の砂の平均粒径は約0.2mmで、数ミリ以上の砂はごくわずかであることに加えて、粒径数ミリ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、砂混入に対して原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能は保持できる。

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

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、基準津波による遡上解析結果を保守的に評価し、発電所から半径7km範囲全体を、敷地内については、津波の遡上域となる防潮堤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.●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

追而
(評価結果を踏まえて記載する)

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。

1.5.1.7 津波監視

敷地への津波の繰り返しの来襲を察知し、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は、津波監視カメラ、取水ピット水位計及び潮位計を設置する。

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3号炉原子炉建屋壁面及び防潮堤上部3号炉取水路付近に設置し、津波監視機能が十分に保持できる設計とする。

取水ピット水位計は、原子炉補機冷却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ピットスクリーン室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取水ピットスクリーン室内のゴムパッキンが取り付けられたマンホール蓋内に設置し、津波監視機能が十分に保持できる

設計とする。

潮位計は、津波の上昇側及び下降側の水位監視を目的に、取水ピットスクリーン室内に設置し、津波による圧力に十分耐えられる仕様とするとともに、漂流物の影響を受けにくい構造とし、津波監視機能が十分に保持できる設計とする。

また、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（積雪、風荷重等）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、3号炉原子炉建屋壁面（T.P. +43.6m）及び防潮堤上部3号炉取水路付近（T.P. +16.5m）に設置し、昼夜を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) 取水ピット水位計

取水ピット水位計は3号炉取水ピットスクリーン室内の T.P. +3.5m に設置し、水位下降側の入力津波高さを計測できるよう、T.P. -8.0m（取水ピットスクリーン室底部）～T.P. +1.5m を測定範囲とし、中央制御室から監視可能な設計とする。

(3) 潮位計

潮位計は3号炉取水ピットスクリーン室内の T.P. -7.5m に設置し、上昇側及び下降側の津波高さを計測できるよう、T.P. -7.5m～T.P. +52.5m を測定範囲とし、中央制御室から監視可能な設計とする。

●: 追而

表 1.5. ● 入力津波高さ一覧表 (水位上昇側)

評価位置	①地震による地形変化		②潮位変動		③地震による地殻変動	④管路状態		設計又は評価に用いる入力津波							
	潮位 (m)	潮位平均	潮位のばらつき (m)	潮位のばらつき (m)		貝附着	スクリーン損失								
防潮堤前面最高水位	追而 (入力津波の解析結果を踏まえて記載する)														
水路内 取水ピット									1号及び 2号炉						
スクリーン室									3号炉						
放水ピット									3号炉						
一次系 放水ピット									3号炉						

表 1.5. ● 入力津波高さ一覧表 (水位下降側)

評価位置	①地震による地形変化		②潮位変動		③地震による地殻変動	④管路状態		設計又は評価に用いる入力津波
	潮位 (m)	潮位平均	潮位のばらつき (m)	潮位のばらつき (m)		貝附着	スクリーン損失	
3号炉取水口前面最低水位	追而 (入力津波の解析結果を踏まえて記載する)							
水路内 取水ピット								
ポンプ室								

第 1.5. ●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
防潮堤		津波防護施設	津波による遡上波の地上部から敷地への到達・流入を防止する。
防水壁			取水路, 放水路から津波が敷地設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画に到達することを防止する。
1号及び2号炉取水路流路縮小工			
3号放水ピット流路縮小工			
貯留堰			引き波時において, 原子炉補機冷却海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保し, 原子炉補機冷却海水ポンプの機能を保持する。
1号及び2号炉放水路逆流防止設備		浸水防止設備	1号及び2号炉放水路, 屋外排水路からの津波流入により浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。
屋外排水路逆流防止設備			
防水壁	水密扉		取水路からの流入した津波が浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。
	貫通部止水蓋		
3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア	ドレンライン逆止弁		
	浸水防止蓋		
	貫通部止水処置		
3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋と電気建屋との境界	水密扉		一次系放水ピットにつながる配管が地震により損傷し, 損傷箇所を介して電気建屋に流入した津波が浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。
	貫通部止水処置		
3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋との境界	ドレンライン逆止弁		地震による海水系機器等の損傷による溢水及び損傷箇所を介した津波の流入に対し, 浸水防護重点化範囲に流入することを防止する。
	貫通部止水処置		
3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリアと3号炉循環水ポンプエリアとの境界	貫通部止水処置		
3号炉原子炉補助建屋と3号炉出入管理建屋との境界	水密扉		
	貫通部止水処置		
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来襲を察知し, その影響を俯瞰的に把握する。	
取水ピット水位計			
潮位計			

第 1.5. ●表 流入経路特定結果

流入経路		流入箇所
取水路	3号炉	海水系・循環水系 取水ピットスクリーン室上部開口部 (T. P. +10.3m)
		海水系 原子炉補機冷却海水ポンプエリア壁面 (スクリーン室側) 配管貫通部 (T. P. +6.85m~+9.0m) 原子炉補機冷却海水ポンプエリア壁面 (循環水ポンプエリア側) 配管貫通部 (T. P. +3.15m~3.35m、T. P. +7.05m~7.75m) 原子炉補機冷却海水ポンプエリア床開口部 (T. P. +2.5m) 原子炉補機冷却海水ポンプ据付部 (T. P. +2.5m)
		循環水系 循環水ポンプ据付部 (T. P. +1.0m) 海水取水ポンプ据付部 (T. P. +2.5m) 循環水ポンプエリア床開口部 (T. P. +1.0m, 2.5m)
	1号及び2号炉	海水系・循環水系 取水ピットスクリーン室上部開口部 (T. P. +10.3m) 取水ピットポンプ室壁面 (スクリーン室側) 配管貫通部 (T. P. +7.0m) 取水ピットポンプ室床開口部 (T. P. +4.5m) 原子炉補機冷却海水ポンプ据付部 (T. P. +4.5m) 循環水ポンプ据付部 (T. P. +3.0m)
放水路	3号炉	海水系・循環水系 放水ピット上部開口部 (T. P. +11.0m)
		海水系 一次系放水ピット上部開口部 (T. P. +10.4m)
	1号炉	海水系 原子炉補機冷却海水配管ラプチャディスク (T. P. +10.7m)
		排水管 1号炉タービン建屋 温水ピット及び海水ピット排水ライン (T. P. +7.9m)
	2号炉	海水系 原子炉補機冷却海水配管ラプチャディスク (T. P. +10.7m)
排水管 1, 2号炉給排水処理建屋 定常排水処理水ポンプ及び非常排水処理水ポンプ排水ライン (T. P. +5.4m) 2号炉タービン建屋 温水ピット及び海水ピット排水ライン (T. P. +7.8m)		
屋外排水路		屋外排水路 (T. P. +9.85~+10.0m)

●: 追而

第 1.5. ●表 各経路（取水路）からの津波の流入評価結果

流入経路			①入力津波 高さ (T.P.)	②許容津波 高さ (T.P.)	②-① 裕度	評価
3号炉	循環水系	取水ピットスク リーン室 (防水壁)	追而 (入力津波の解析結果を踏まえて記載する)			
	海水系					
1, 2号炉	循環水系	取水ピットスク リーン室				
	海水系					

第 1.5. ●表 各経路（放水路）からの津波の流入評価結果

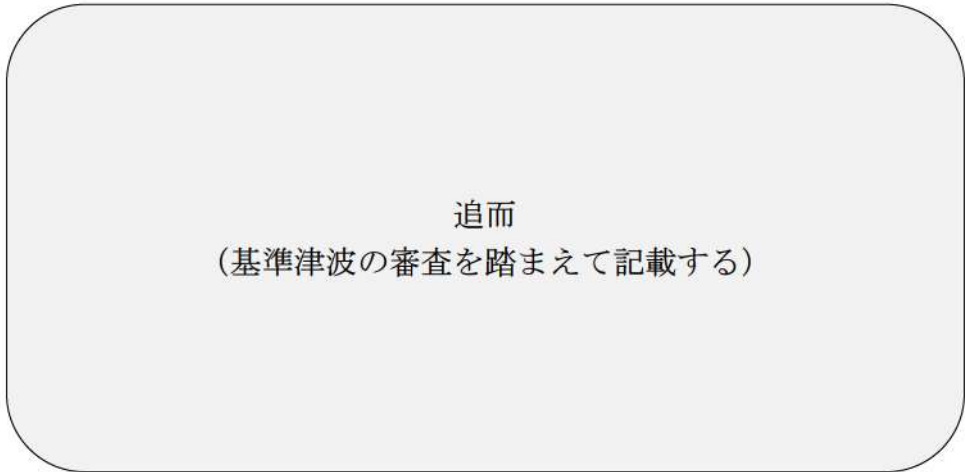
流入経路			①入力津波 高さ (T.P.)	②許容津波 高さ (T.P.)	②-① 裕度	評価
3号炉	海水系・ 循環水系	放水ピット	追而	+11.0m ^{*1}	追而 (入力津波の解 析結果を踏まえ て記載する)	
	海水系	一次系放水ピット		+10.4m ^{*2}		

※1：放水ピット天端高さ

※2：一次系放水ピット上部開口部下端高さ

追而
(入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

第 1.5. ● 図 入力津波の時刻歴波形



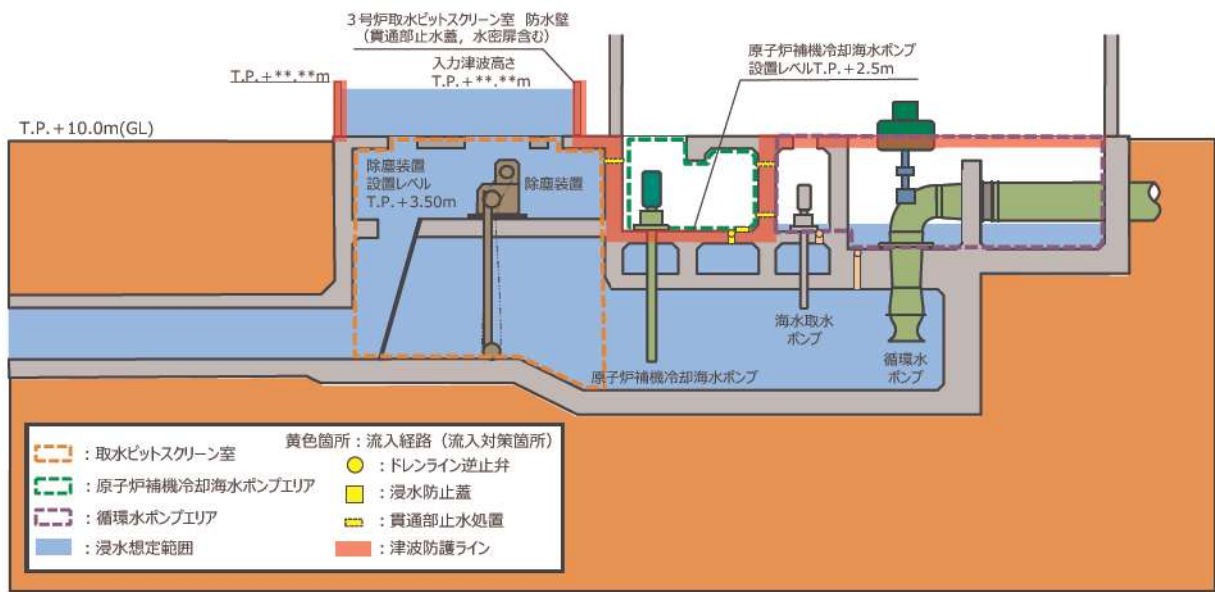
第 1. 5. ● 図 基準津波による最大水位上昇量・最大浸水深分布



第 1. 5. ● 図 敷地の特性に応じた津波防護の概要



第 1. 5. ● 図 3 号炉取水系統 浸水対策配置図 (平面図)



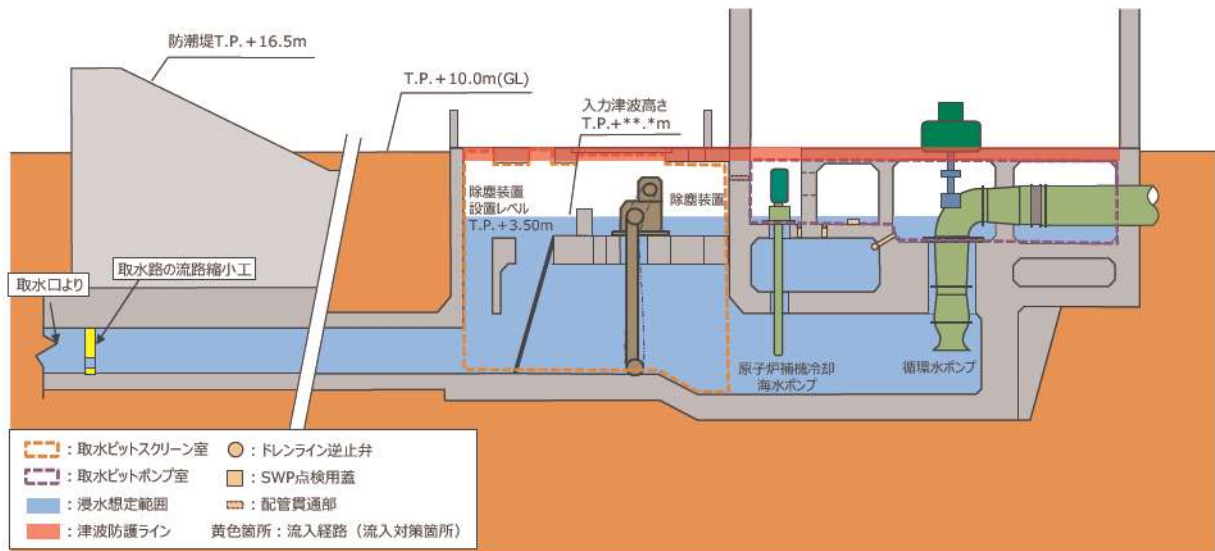
第 1. 5. ● 図 3 号炉取水系統 浸水対策配置図 (A-A 断面図)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

●: 追而



第 1. 5. ● 図 1 号及び 2 号炉取水系統 浸水対策配置図 (平面図)

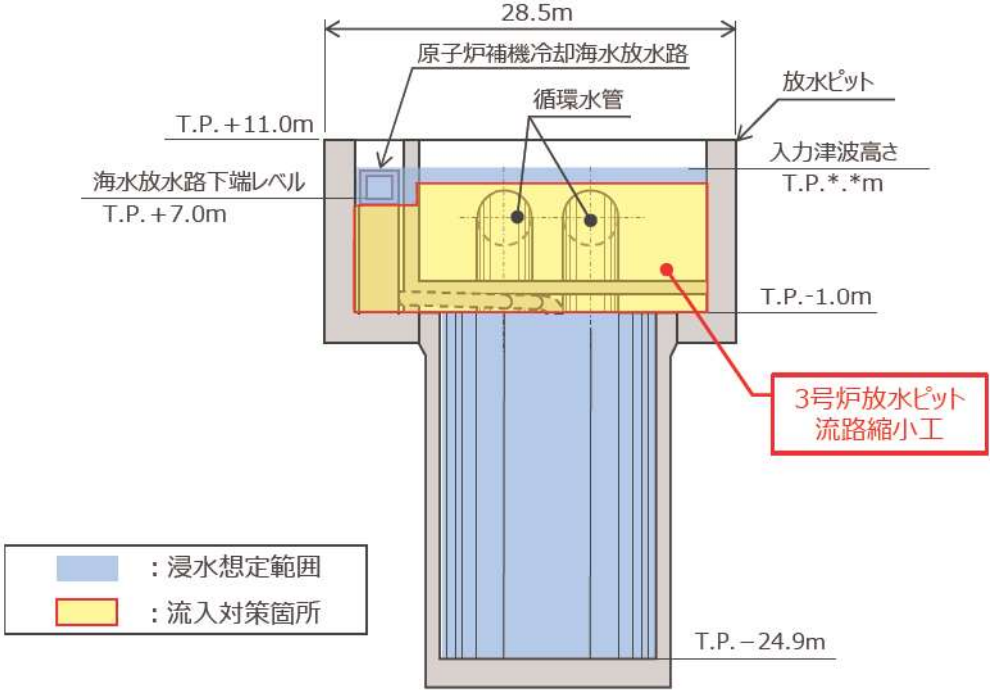


第 1. 5. ● 図 1 号及び 2 号炉取水系統 浸水対策配置図 (A-A 断面図)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



第 1.5. ● 図 3 号炉放水系統断面図



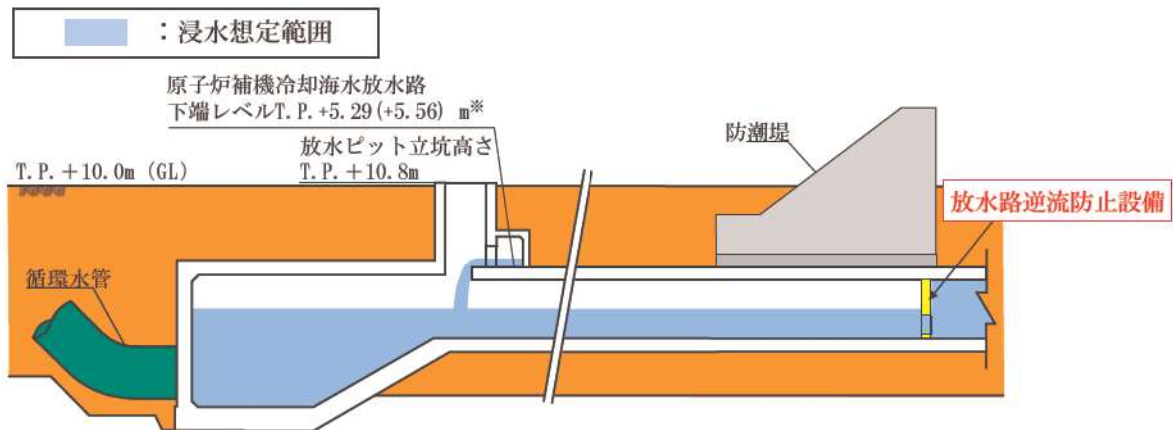
第 1.5. ● 図 3 号炉放水ピット断面図



※1 断面図中の値は1, 2号共通の値であり, カッコ内の値は2号炉を示す。

※2 断面図中のa部拡大図を第1.5.●図に示す。

第1.5.●図 1号及び2号炉放水系統断面図

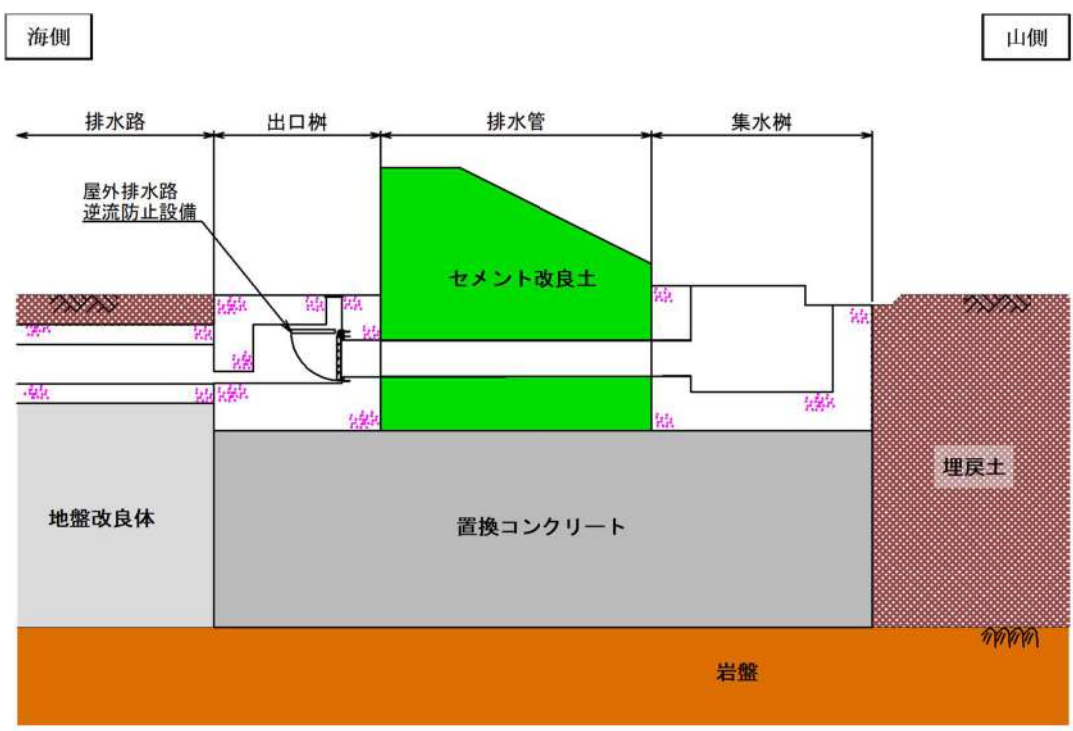
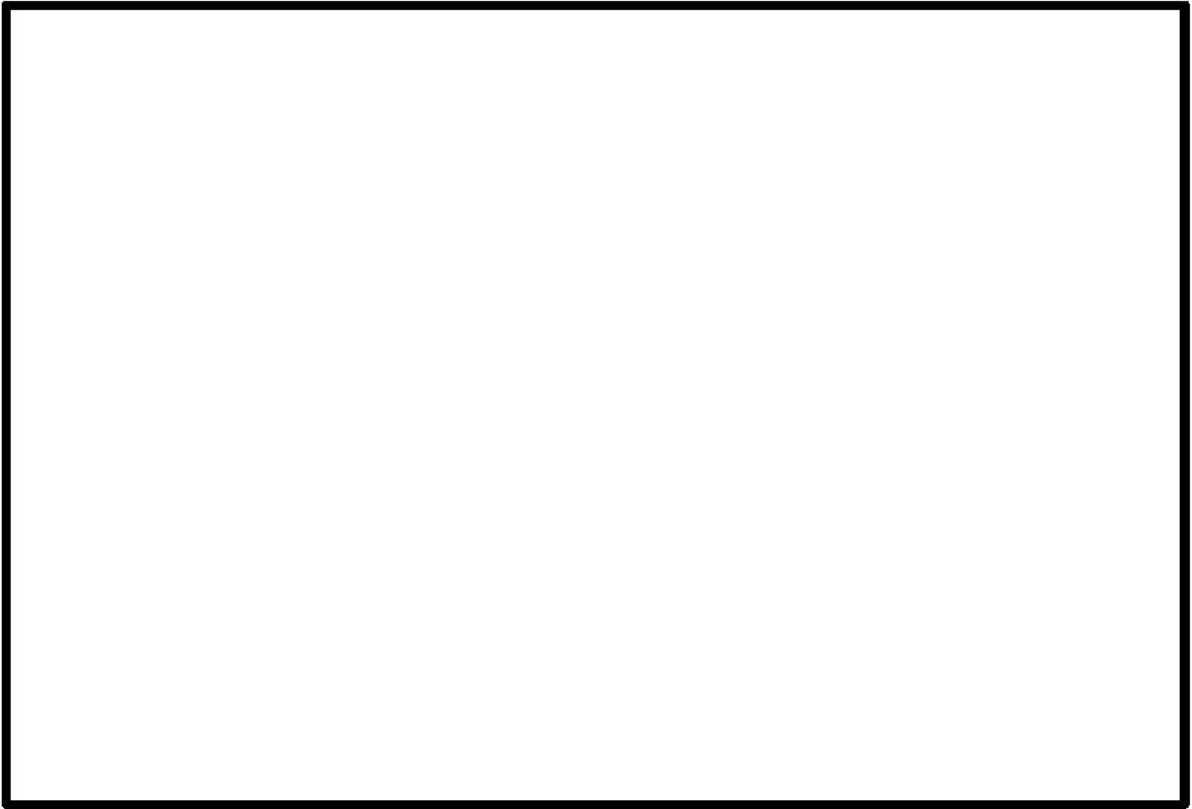


※ 断面図中の値は1, 2号共通の値であり, カッコ内の値は2号炉を示す。

第1.5.●図 1号及び2号炉放水ピット断面図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

●: 追而

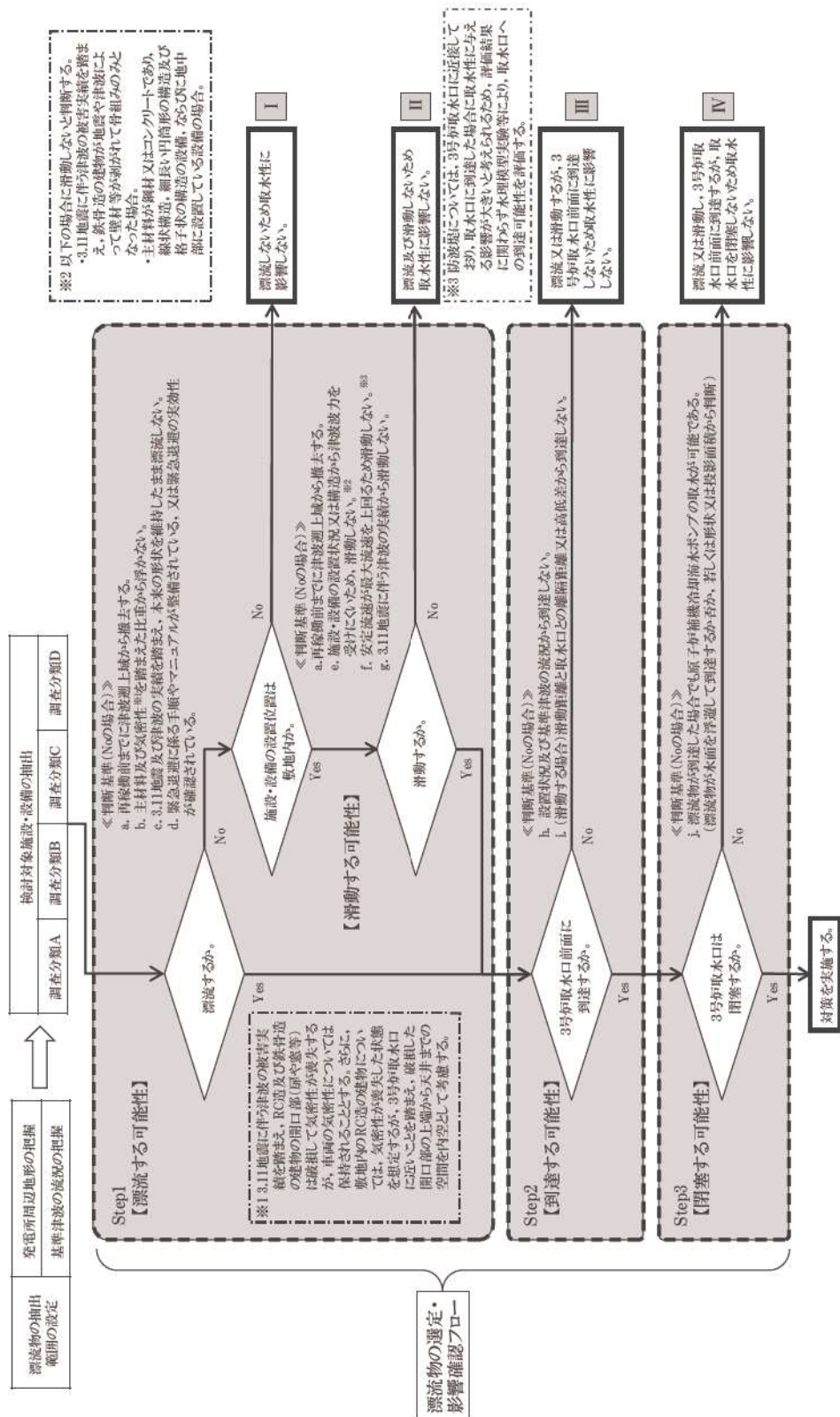


第 1.5. ● 図 屋外排水路設置箇所 概略図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



第 1.5. ● 図 3号炉 漏水の発生を想定する浸水想定範囲



第 1.5. ● 図 漂流物評価フロー

(3) 適合性説明

(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。）を内包する建屋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。）を内包する建屋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、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水範囲及び浸水量を安全側に想定した上で、浸水防護重点化範囲に流入する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して流入防止の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ため、非常用海水冷却系は、基準津波による水位の低下に対して、原子炉補機冷却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及び取水路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原子炉補機冷却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。

(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，津波の繰り返しの来襲による影響，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

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）

10.6 津波及び内部溢水に対する浸水防護設備

10.6.1 津波に対する防護設備

10.6.1.1 設計基準対象施設

10.6.1.1.1 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ぬ。」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10.6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。）を内包する建屋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。）を内包する建屋及び区画において、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。

10.6.1.1.2 設計方針

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。）を内包する建屋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、取水路及び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

内包する建屋及び区画は、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、地震による変状又は繰返し来襲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、重要な安全機能を有する施設の設置された敷地並びに重要な安全機能を有する設備を内包する建屋及び区画に津波の流入する可能性について検討した上で、流入する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、必要に応じ流入防止の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、津波の流入を防止するため、1号及び2号炉取水路に対しては、流路縮小工を、1号及び2号炉放水路に対しては、逆流防止設備を設置するが、1号及び2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・放水設備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するとともに、当該想定される浸水範囲（以下10.6において「浸水想定範囲」という。）の境界において浸水想定範囲外に流出する可能性のある経路（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。）を内包する建屋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、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水範囲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に流入する可能性のある経路（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して必要に応じ流入防止の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、原子炉補機冷却海水ポンプについては、基準津波による水位の低下に対して、津波防護施設を設置することにより、原子炉補機冷却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、取水路及び取水ピットポンプ室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原子炉補機冷却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、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 10.6 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。具体的な設計内容は以下に示す。
- a. 「津波防護施設」は、防潮堤、防水壁、流路縮小工及び貯留堰とする。「浸水防止設備」は、逆流防止設備、水密扉、浸水防止蓋、貫通部止水蓋、ドレンライン逆止弁及び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、取水ピット水位計及び潮位計とする。
- b. 入力津波については、基準津波の波源からの数値計算により、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。
数値計算に当たっては、敷地形状、敷地沿岸域の海底地形、津波の敷地への浸入角度、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による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、波力による浸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津波や浸水による荷重等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性等にも配慮した上で、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、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、設置物等が破損又は損壊した後に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、津波の繰り返しの来襲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、津波の繰り返しの来襲による影響、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

荷重を適切に組合せる。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合せる。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原子炉補機冷却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。

10.6.1.3 主要設備

(1) 防潮堤

基準津波による遡上波の地上部からの流入防止を目的として、セメント改良土及び置換コンクリートによる堤体構造である防潮堤を敷地前面に設置する。

セメント改良土及び置換コンクリートは岩盤に支持させる構造とし、防潮堤の幅は、すべり安定性を確保できるように設定する。

防潮堤の設計においては、十分な支持性能を有する岩盤に設置するとともに、基準地震動 S_s による地震力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、波力による浸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、越流時の耐性或構造境界部の止水に配慮した上で、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。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。

(2) 防水壁

海と接続する取水路から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。）への流入を防止するため、3号炉取水ピットスクリーン室上端等に設置し、3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部高さ T.P. + 10.3m を超える津波が来襲した場合に、津波が敷地へ流入することを防止するものであり、鋼製及びRC造の構造物である。また、防水壁には車両が進入するため、人力で確実に開閉可能な鋼製の水密扉を設置する。

防水壁の設計においては、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、波力による浸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するとともに、水密扉は原則閉止運用とすること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。設計に当たっては、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。

(3) 1号及び2号炉取水路流路縮小工

海と接続する取水路から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。）への流入を防止するため、1号及び2号炉の取水路に鋼製の流路縮小工を設置する。

1号及び2号炉取水路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、津波波力による浸食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべりに対する安定性を評価し、構造境界部の止水に配慮した上で、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。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) 3号炉放水ピット流路縮小工

海と接続する放水路から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。）への流入を防止するため、3号放水ピットにコンクリート製の流路縮小工を設置する。

3号炉放水ピット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、津波波力による浸食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべりに対する安定性を評価し、構造境界部の止水に配慮した上で、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。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) 貯留堰

基準津波による取水ピット内水位低下時においても、原子炉補機冷却海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保するため、取水口に貯留堰を設置する。

貯留堰の設計においては、基準地震動 S_s による地震力及び入力津波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、津波波力による浸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、越流時の耐性或構造境界部の止水に配慮した上で、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。設計に当たっては、漂流物による荷重及び地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

(6) 1号及び2号炉放水路逆流防止設備

海と接続する放水路から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。）への流入を防止するため、1号及び2号炉の放水路に鋼製の逆流防止設備を設置する。

1号及び2号炉放水路逆流防止設備は、放水路内の防潮堤水路横断部に対して設置されており、構造は、鋼板、**の部材で構成され、海側からの水圧作用時の遮水性を有した設備である。

1号及び2号炉放水路逆流防止設備の設計においては、十分な支持性能を有する構造物に設置するとともに、津波荷重や地震等に対して、浸水防止機能が十分保持できるよう基準地震動 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、津波や浸水による荷重等に対する耐性等を評価し、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（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。

(7) 屋外排水路逆流防止設備

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する浸水防止設備として、屋外排水路に逆流防止設備を設置する。

屋外排水路逆流防止設備は、防潮堤の下部を貫通する屋外排水路に対して設置されており、構造は、スキンプレート、桁等の部材で構成され、海側からの水圧作用時の遮水性を有した設備である。

屋外排水路逆流防止設備の設計においては、十分な支持性能を有する構造物に設置するとともに、津波荷重や地震等に対して、浸水防止機能が十分保持できるよう基準地震動 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、津波や浸水による荷重等に対する耐性等を評価し、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（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。

(8) 水密扉

取水路を流入経路とした津波により浸水する区画と設計基準対象施設の津波防護対象施設を内包する建屋及び区画とを接続する経路上に浸水防止設備として水密扉を設置する。設置位置は、3号炉取水ピットスクリーン

室防水壁である。

また、地震による海水系機器等の損傷による溢水が3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋に流入することを防止するため、浸水防護重点化範囲の境界に浸水防止設備として水密扉を設置する。設置位置は、3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋と電気建屋の境界、3号炉原子炉補助建屋及び3号炉出入管理建屋の境界開口部である。

水密扉の設計においては、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、津波や浸水による荷重等に対する耐性を評価するとともに、水密扉は原則閉止運用とすること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。設計に当たっては、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。

(9) 貫通部止水蓋

防水壁の貫通部からの津波の流入防止を目的として、防水壁の貫通部へ浸水防止設備として貫通部止水蓋を設置する。設置位置は、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の開口部である。

貫通部止水蓋の設計においては、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設計する。また、津波や浸水による荷重等を実評価し、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。

設計に当たっては、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）及び地震（余震）との組合せを適切に考慮する。

(10) 浸水防止蓋

取水路を流入経路とした津波により浸水する区画と設計基準対象施設の津波防護対象施設を内包する建屋及び区画とを接続する経路の床面に浸水防止蓋を設置する。設置位置は、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面の開口部である。

浸水防止蓋の設計においては、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、津波や浸水による荷重等に対する耐性等を実評価するとともに、浸水防止蓋は原則閉止運用とすること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。設計に当たっては、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。

(11) ドレンライン逆止弁

取水路を流入経路とした津波により浸水する区画と設計基準対象施設の

津波防護対象施設を内包する建屋及び区画とを接続する経路上に設置する。設置位置は、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面のドレンライン配管及び原子炉建屋とタービン建屋の境界壁を貫通するドレンライン配管である。

ドレンライン逆止弁の設計においては、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、津波や浸水による荷重等に対する耐性等を評価し、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（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。

(12) 貫通部止水処置

3号炉取水ピットスクリーン室に津波が流入した場合及び地震による3号炉循環水ポンプエリア内の循環水管等の損傷箇所を介して津波による溢水が発生した場合に、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリアに津波が流入しないように、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリアと3号炉取水ピットスクリーン室及び3号炉循環水ポンプエリアの境界貫通部にシリコンシール材施工、ブーツラバー施工又はモルタル施工を実施するものである。

また、地震による海水系機器等の損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介しての津波による溢水が3号炉タービン建屋、電気建屋及び3号炉出入管理建屋で発生した場合に、隣接する3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋に流入することを防止するため、浸水防護重点化範囲の境界に浸水防止設備として貫通部止水処置を実施する。

貫通部止水処置の設計においては、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設計する。また、津波や浸水による荷重等に対する耐性等を評価し、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（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。

上記(1)～(11)の各施設・設備における許容限界は、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、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(12)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計算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計算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、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余震（地震）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全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 10.6.●図に、また、概念図を第 10.6.●図～第 10.6.●図に示す。

10.6.1.1.4 主要仕様

主要設備の仕様を第 10.6.●表に示す。

10.6.1.1.5 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。

10.6.1.1.6 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が損なうことがないよう手順を定める。

- (1) 大津波警報発令時の循環水ポンプ停止（プラント停止）操作の手順を

定める。

- (2) 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及び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等を定める。
- (3) 浸水防止蓋については、原則閉止運用とし、開放後の確実な閉止操作についての手順を定める。
- (4) 燃料等輸送船に関し、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、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。なお、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。

また、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、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、取水ピット水位計及び潮位計による津波の来襲状況の監視に係る手順を定める。

第 10.6. ●表 浸水防護設備の主要仕様

- (1) 防潮堤
 - 種 類 防潮堤
 - 材 料 セメント改良土及び置換コンクリート
 - 個 数 1
- (2) 防水壁
 - 種 類 防水壁
 - 材 料 鋼製
 - 個 数 1
- (3) 1号及び2号炉取水路流路縮小工
 - 種 類 流路縮小工
 - 材 料 鋼製
 - 個 数 4
- (4) 3号炉放水ピット流路縮小工
 - 種 類 流路縮小工
 - 材 料 コンクリート
 - 個 数 1
- (5) 貯留堰（非常用取水設備と兼用）
 - 種 類 貯留堰
 - 材 料 鋼管矢板
 - 個 数 1
- (6) 浸水防止蓋
 - 種 類 マンホール蓋
 - 材 料 鋼製
 - 個 数 2
- (7) 1号及び2号炉放水路逆流防止設備
 - 種 類 逆流防止設備
 - 材 料 鋼板, ***
 - 個 数 4
- (8) 屋外排水路逆流防止設備
 - 種 類 逆流防止設備
 - 材 料 ステンレス鋼
 - 個 数 3
- (9) 貫通部止水蓋
 - 種 類 止水蓋
 - 材 料 *****
 - 個 数 1

(10) 水密扉 (防水壁)

種 類	水密扉
材 料	*****
個 数	2

(11) 水密扉 (原子炉建屋及び原子炉補助建屋)

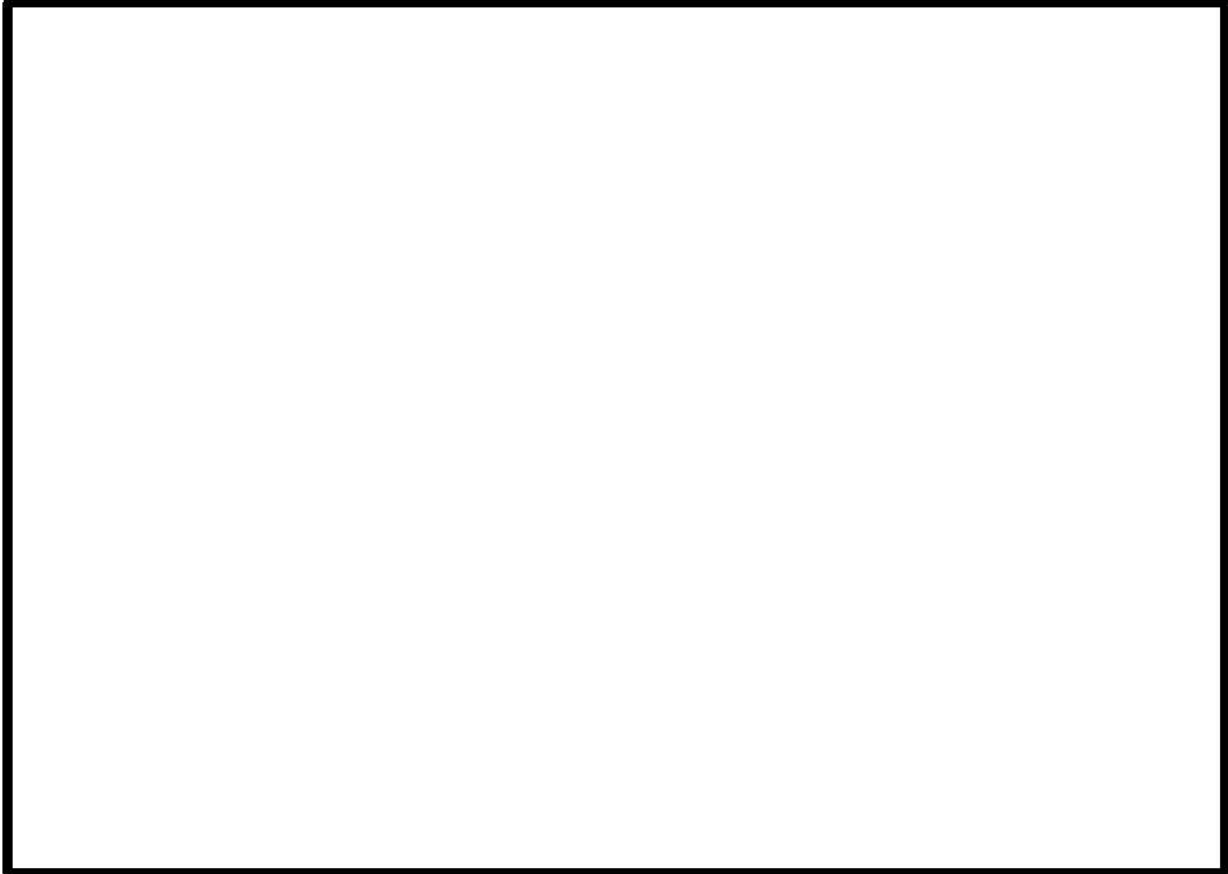
種 類	水密扉
材 料	炭素鋼
個 数	**

(12) ドレンライン逆止弁

種 類	逆流防止設備 (逆止弁)
材 料	ステンレス鋼
個 数	6

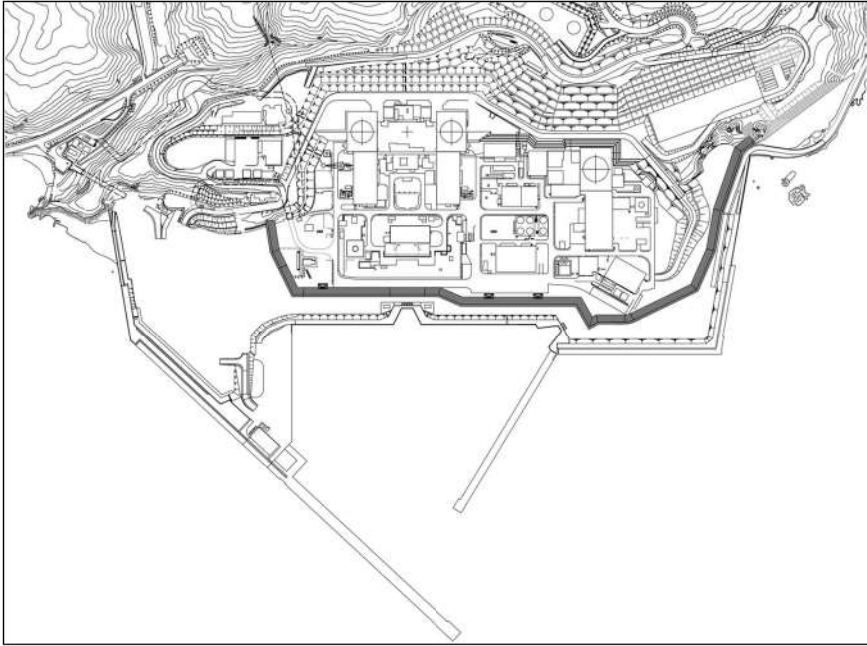
(13) 貫通部止水処置

種 類	貫通部止水
材 料	シール材
個 数	一式



第 10.6. ● 図 防潮堤・3号炉取水ピットスクリーン室防水壁・1号及び2号炉取水
路流路縮小工・3号炉放水ピット流路縮小工・貯留堰 配置図

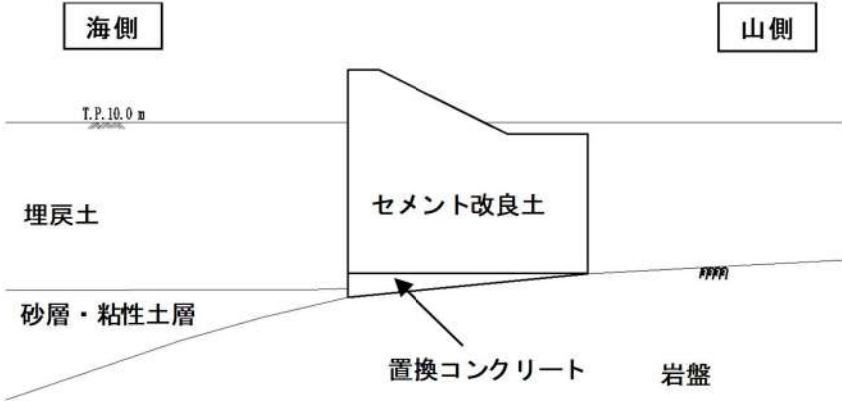
●: 追而



防潮堤 平面図



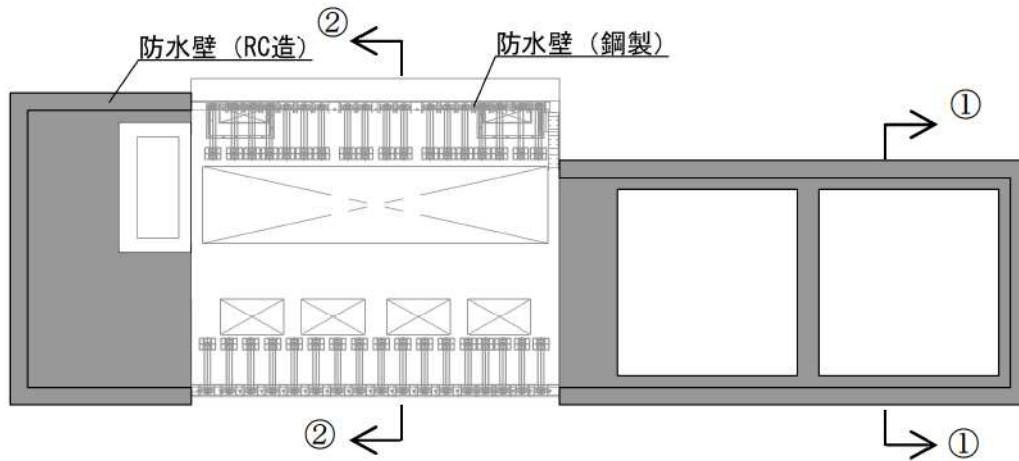
防潮堤 正面図



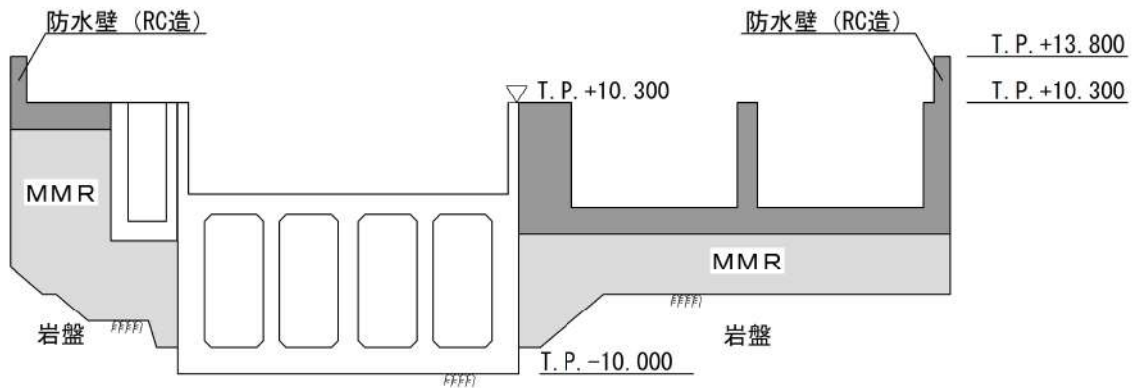
防潮堤 断面図

第 10.6. ● 図 防潮堤概念図

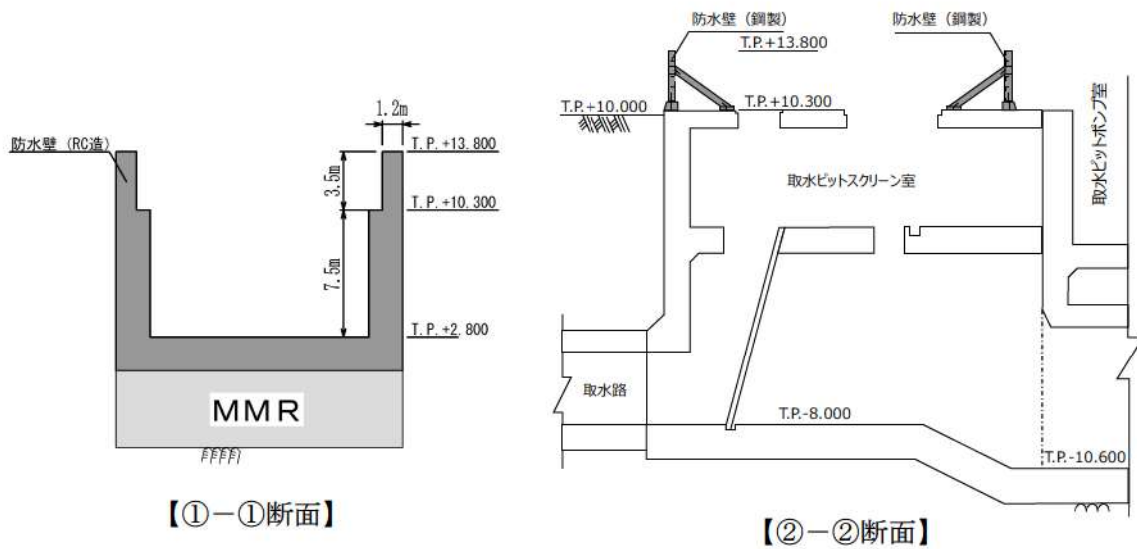
●: 追而



3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 平面図



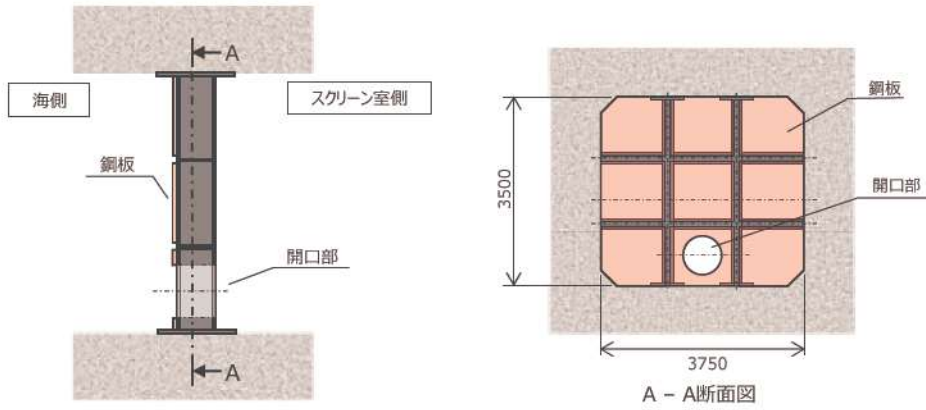
3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 断面図



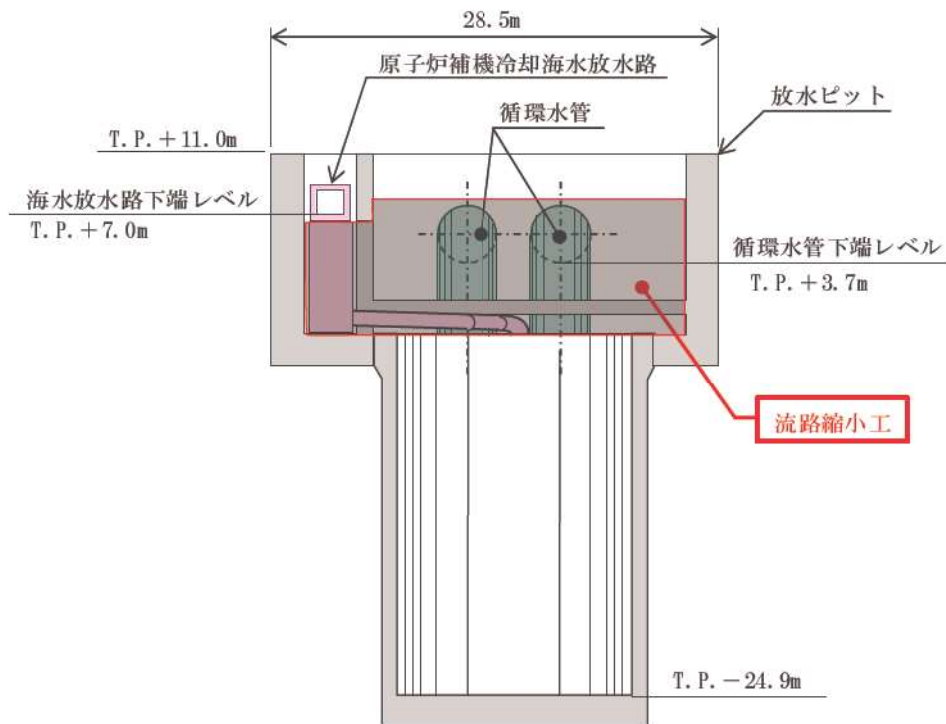
3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 構造概要図

第 10.6. ● 図 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁概念図

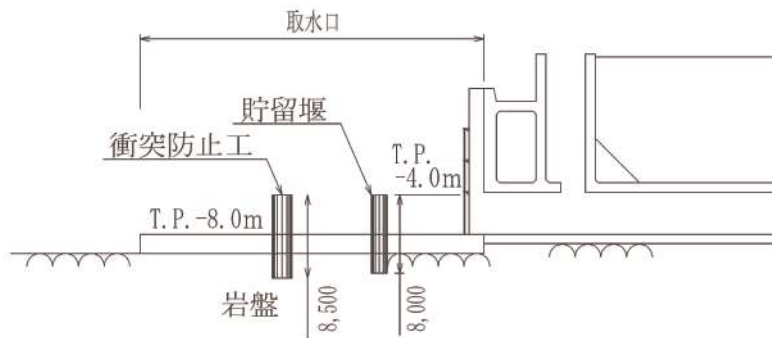
●: 追而



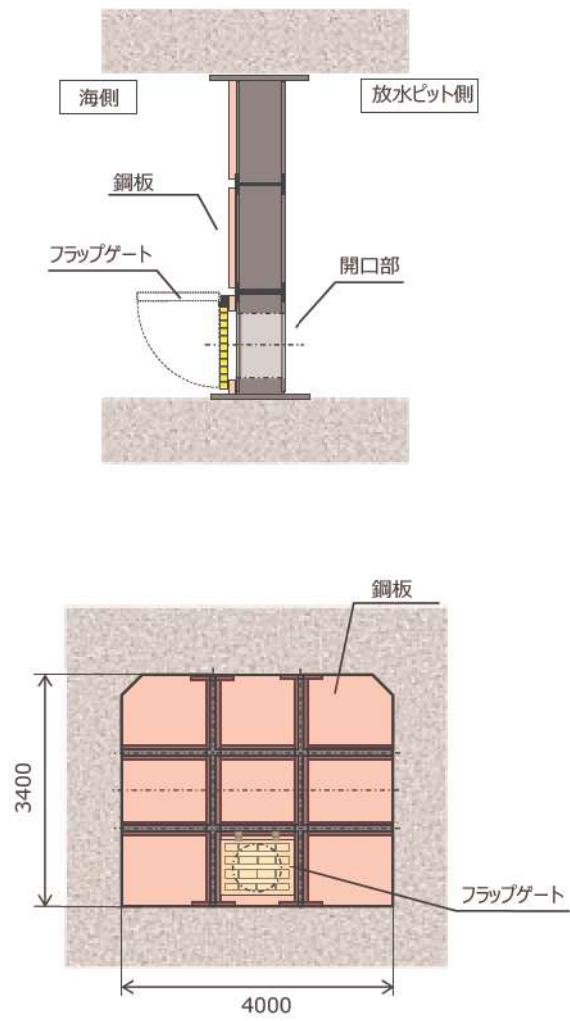
第 10.6. ● 図 1 号及び 2 号炉取放水路流路縮小工概念図



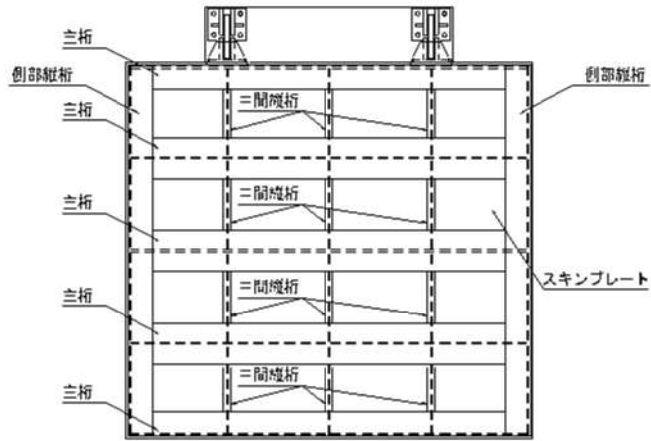
第 10.6. ● 図 3 号炉放水ピット流路縮小工概念図



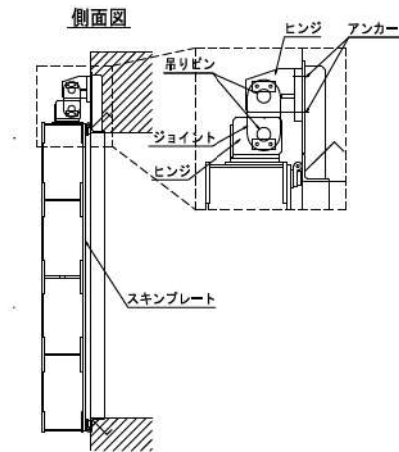
第 10.6. ● 図 貯留堰概念図



第 10. 6. ● 図 1 号及び 2 号炉放水路逆流防止設備概念図

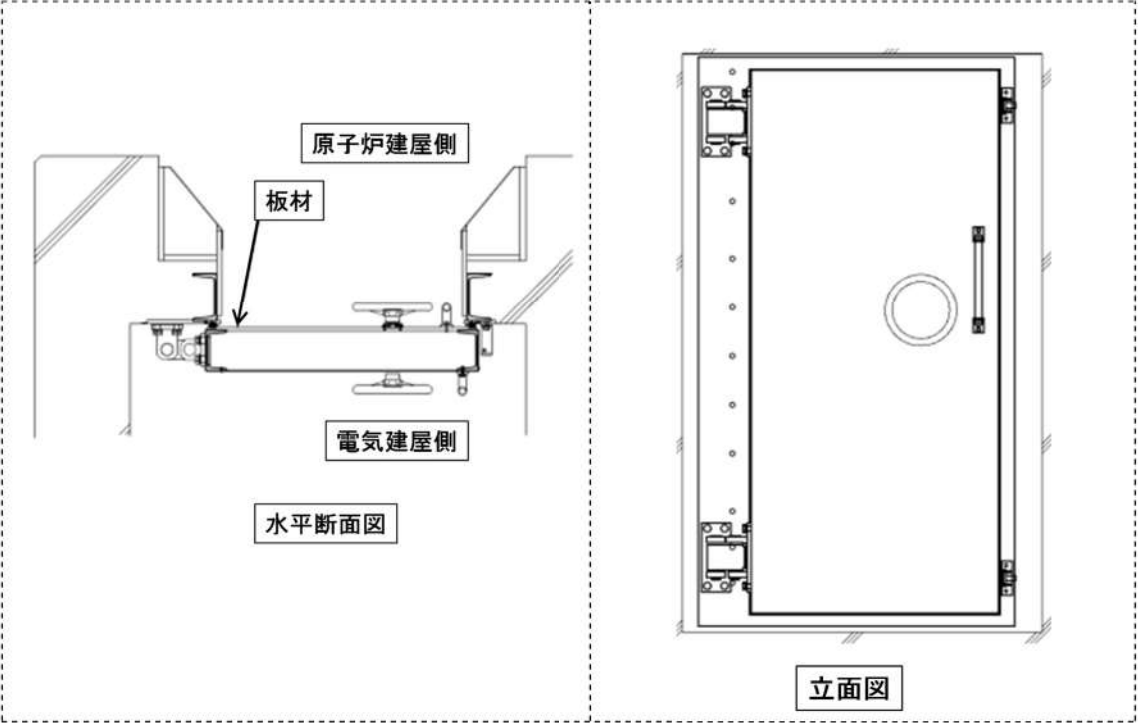


屋外排水路逆流防止設備構造例（正面図）

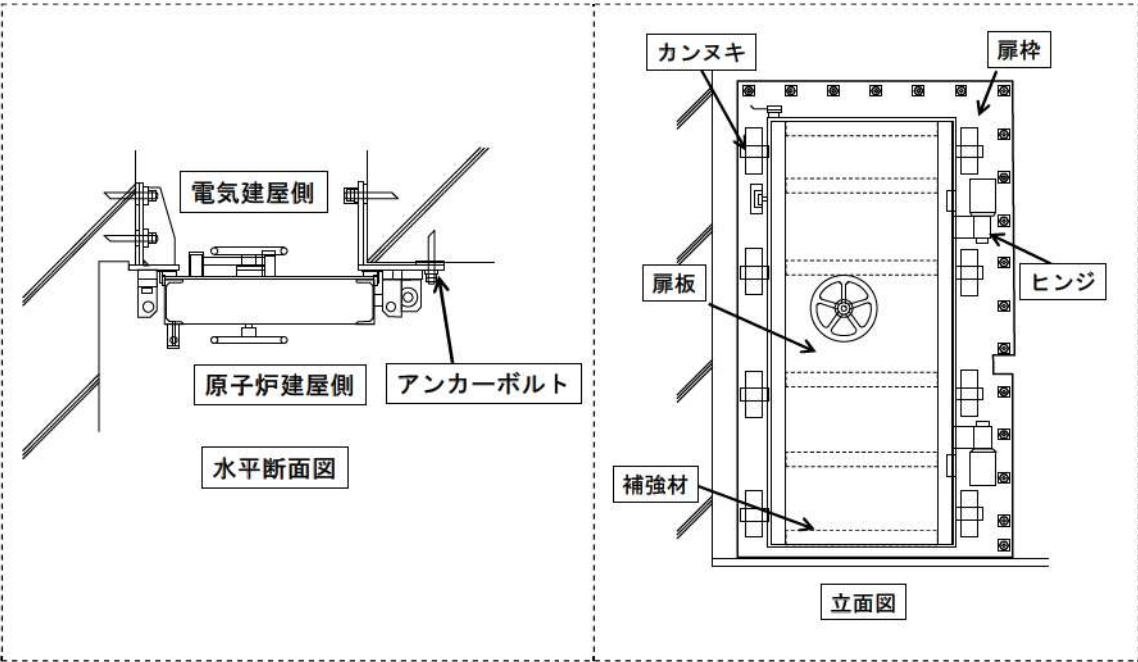


屋外排水路逆流防止設備構造例（断面図）

第 10.6. ● 図 屋外排水路逆流防止設備概念図

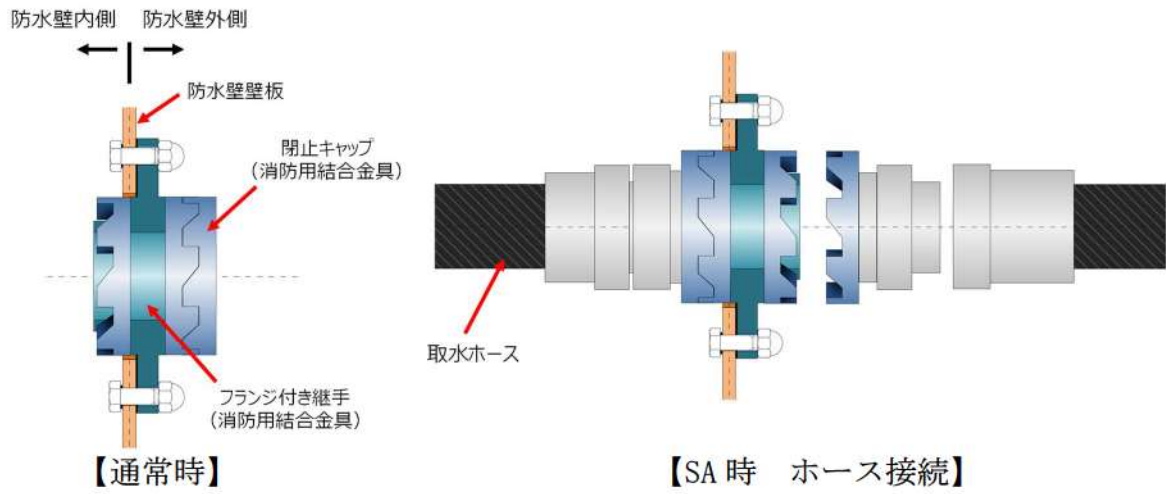


水密扉構造例（扉 No. 68）

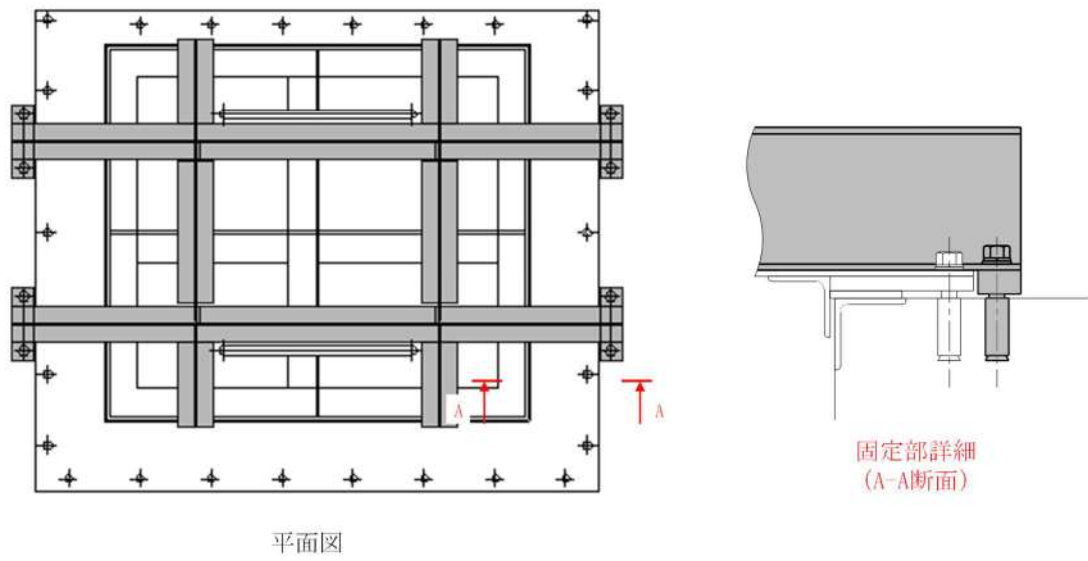


水密扉構造例（扉No. 69）

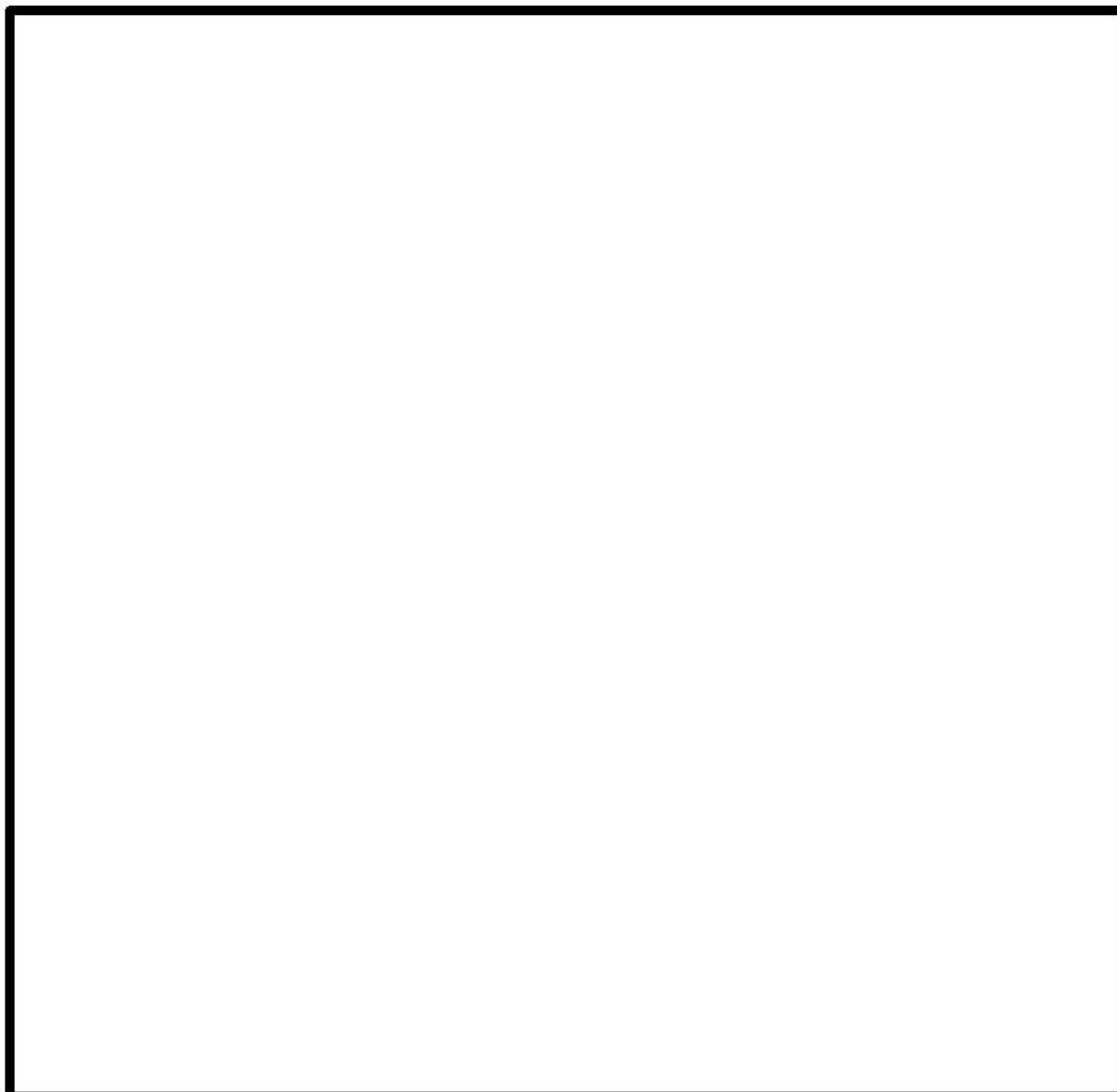
第 10.6. ● 図 水密扉概念図



第 10.6. ● 図 貫通部止水蓋概念図



第 10.6. ● 図 浸水防止蓋概念図



第 10.6. ● 図(1) 貫通部止水処置概念図




第 10.6. ● 図(2) 貫通部止水処置概念図



第 10.6. ● 図(3) 貫通部止水処置概念図



第 10.6. ● 図 ドレンライン逆止弁概念図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

10.8 非常用取水設備

10.8.1 通常運転時等

10.8.1.1 概要

設計基準事故の収束に必要なとなる、原子炉補機冷却海水ポンプの取水に必要な海水を確保するため、取水口、取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室を設置する。非常用取水設備の概要図を第 10.8. ●図に示す。

10.8.1.2 設計方針

設計基準事故時に必要な原子炉補機冷却海水ポンプに使用する海水を取水し、原子炉補機冷却海水ポンプへ導水するための流路を構築するために、取水口、取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室を設置することで、冷却に必要な海水を確保できる設計とする。

また、基準津波に対して、原子炉補機冷却海水ポンプが引き波時においても機能保持できるように、貯留堰を設置することで、原子炉補機冷却海水系の冷却に必要な海水が確保できる設計とする。

10.8.1.3 主要設備

(1) 取水口、取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室

冷却に必要な海水を取水し、取水ピットポンプ室まで導水するために取水口及び取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室を設置する。

(2) 貯留堰

原子炉補機冷却海水ポンプが引き波時においても機能保持できるように、取水口に貯留堰を設置する。

10.8.1.4 主要設備の仕様

非常用取水設備の主要仕様を第 10.8. ●表に示す。

10.8.1.5 試験検査

貯留堰、取水口、取水路、取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室は、外観確認が可能な設計とする。

第 10. 8. ●表 非常用取水設備の主要仕様

- (1) 貯留堰（浸水防護設備と兼用）
 - 種 類 貯留堰（鋼管矢板式）
 - 材 料 鋼管矢板
 - 容 量 ***m³
 - 個 数 1

- (2) 取水口
 - 種 類 護岸コンクリート
 - 材 料 鉄筋コンクリート
 - 個 数 1

- (3) 取水路
 - 種 類 鉄筋コンクリート函渠
 - 材 料 鉄筋コンクリート
 - 個 数 1

- (4) 取水ピットスクリーン室
 - 種 類 鉄筋コンクリート取水槽
 - 材 料 鉄筋コンクリート
 - 個 数 1

- (5) 取水ピットポンプ室
 - 種 類 鉄筋コンクリート取水槽
 - 材 料 鉄筋コンクリート
 - 個 数 1



第 10. 8. ●図 非常用取水設備概要図

泊発電所 3 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 設計又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 敷地への流入防止（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 敷地への流入防止（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
- 添付資料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
- 添付資料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
- 添付資料4 港湾内の局所的な海面の励起について
- 添付資料5 管路解析の詳細について
- 添付資料6 入力津波に用いる潮位条件について
- 添付資料7 津波防護対策の設備の位置づけについて
- 添付資料8 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
- 添付資料9 海水ポンプの水理試験について
- 添付資料10 貯留量の算定について
- 添付資料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
- 添付資料12 基準津波に伴う砂移動評価について
- 添付資料13 泊発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について
- 添付資料14 海水ポンプの軸受の浮遊砂耐性について
- 添付資料15 津波漂流物の調査要領について
- 添付資料16 漂流物の評価に考慮する津波の流速・流向について
- 添付資料17 津波の流況を踏まえた防波堤の取水口到達の可能性評価について
- 添付資料18 燃料等輸送船の係留索の耐力について
- 添付資料19 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
- 添付資料20 津波監視設備の監視に関する考え方
- 添付資料21 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
- 添付資料22 防潮堤及び貯留堰における津波波力の設定方針について
- 添付資料23 基準類における衝突荷重算定式について
- 添付資料24 耐津波設計において考慮する余震荷重と津波荷重の組合せについて
- 添付資料25 防潮堤の設計方針及び構造成立性評価結果について
- 添付資料26 貯留堰の構造及び仕様について
- 添付資料27 貯留堰継手部の漏水量評価について
- 添付資料28 水密扉の運用管理について
- 添付資料29 屋外排水路に関する設計方針について
- 添付資料30 輸送物及び輸送車両の漂流物評価について
- 添付資料31 3号炉放水ピット流路縮小工について
- 添付資料32 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）

I. はじめに

本資料は、泊発電所3号炉における耐津波設計方針について示すものである。

設置許可基準規則^{※1}第五条及び技術基準規則^{※2}第六条では、津波による損傷防止について、設計基準対象施設が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ぬと規定されている。さらに、設置許可基準規則解釈^{※3}の別記3（津波による損傷の防止）に具体的な要求事項が規定されている。

また、設置許可基準規則第四十条及び技術基準規則第五十一条では、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ぬと規定され、設置許可基準規則解釈において具体的な要求事項は別記3に準ずるとされている。さらに、設置許可基準規則第四十三条及び技術基準規則第五十四条には、可搬型重大事故等対処設備について、保管場所や運搬道路に関する要求が規定されている。

以上に加え、設置許可段階の基準津波策定及び耐津波設計方針に係る審査において、設置許可基準規則及びその解釈に対する適合性を厳格に確認するために「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」が策定されており、さらに、工事計画認可段階の耐津波設計に係る審査において設置許可基準規則及び同解釈並びに技術基準規則及び同解釈に対する適合性を厳格に確認するために「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」が策定されている。

本資料においては、泊発電所3号炉の設計基準対象施設及び重大事故等対処施設について、津波に対する防護の妥当性を審査ガイドに沿って確認することにより、設置許可基準規則第五条及び第四十条に適合する津波による損傷防止が達成されていることを確認する（図1）。

なお、設置許可基準規則第四十三条及び技術基準規則（第六条、第五十一条及び第五十四条）の規定に対する適合性については、それぞれ同条に係る適合状況説明資料及び工事計画認可の段階で確認する。

本資料の構成としては、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」における要求事項を【規制基準における要求事項等】に記載し、各要求事項に対する泊発電所3号炉の各要求事項に対する対応方針を【検討方針】に記載している。また、その方針に基づいた具体的な検討結果又は評価内容については、図表やデータを用いて【検討結果】に記載する構成としている。

追而
(基準津波の審査を踏まえて記載する)

注記※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

※3：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の解釈

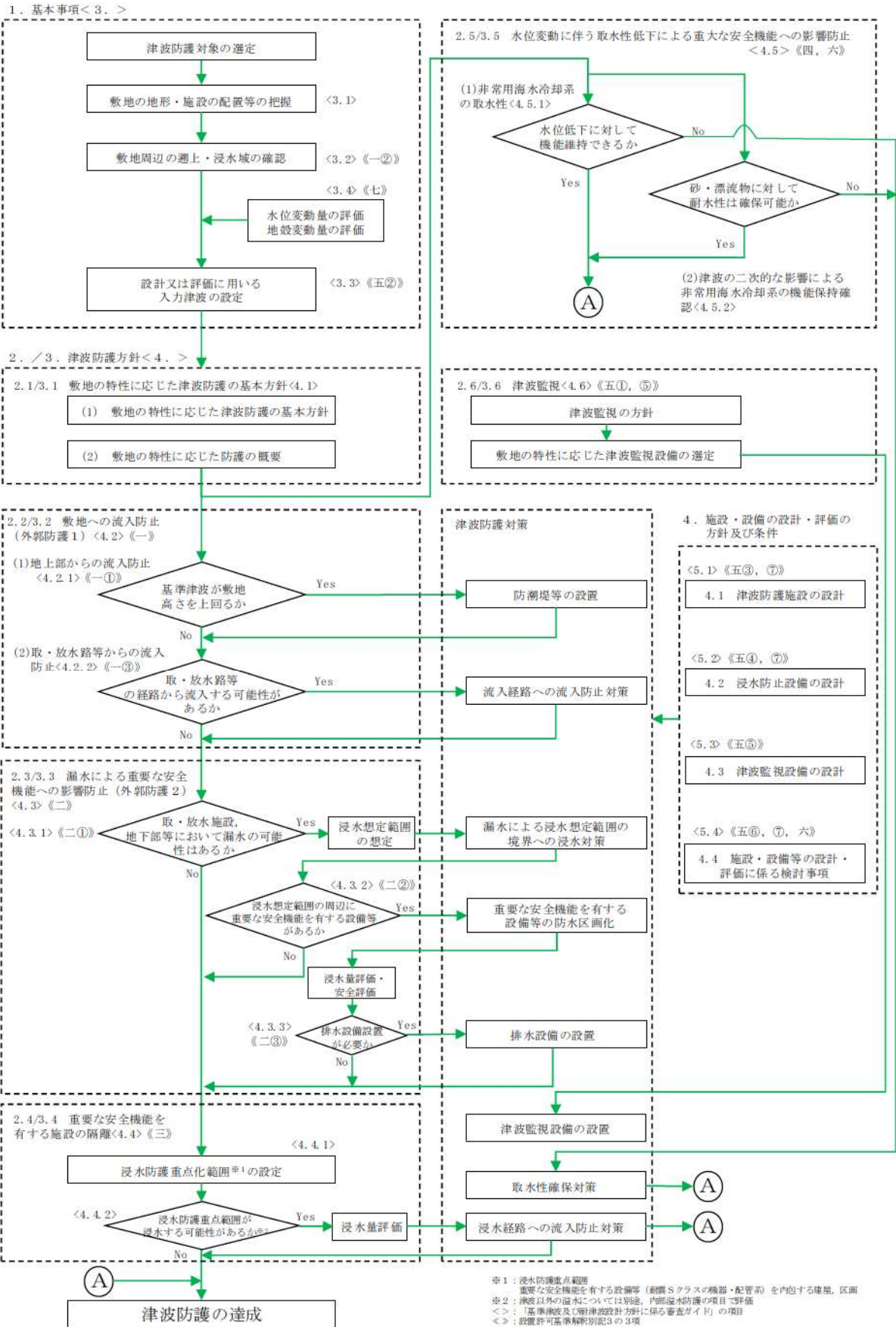


図1 津波による損傷防止の確認フロー

表1 泊発電所の基準津波一覧

策定目的	地震種別	波源モデル	基準津波名称
<p>追而 (基準津波の審査を踏まえて記載する)</p>			

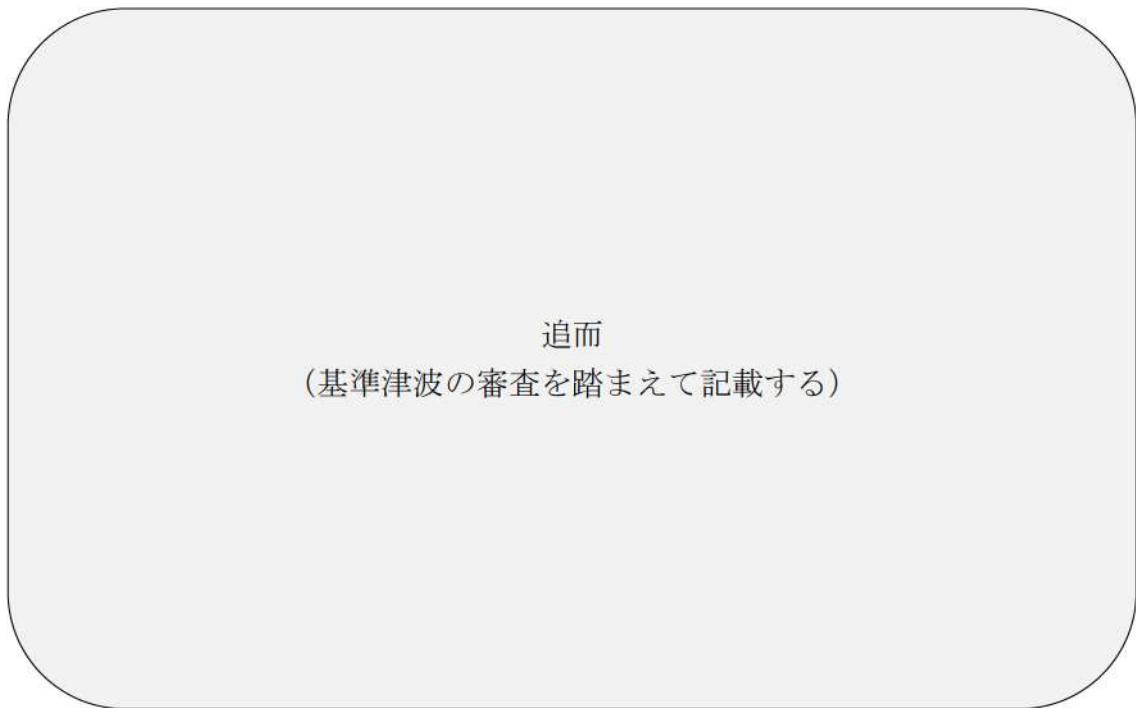


図2 泊発電所の基準津波波源位置

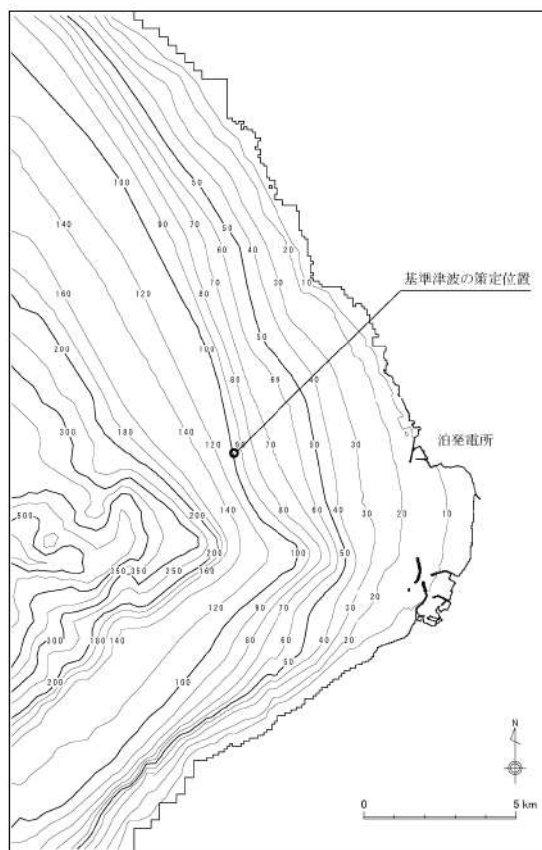


図3 泊発電所の基準津波策定位置

追而
 (基準津波の審査を踏まえて記載する)

図4 泊発電所の基準津波

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

【規制基準における要求事項等】

敷地の特性に応じた津波防護の基本方針が敷地及び敷地周辺全体図、施設配置図等により明示されていること。

津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等として設置されるものの概要が網羅的に明示されていること。

【検討方針】

敷地の特性（敷地の地形、敷地周辺の津波の遡上、浸水状況等）に応じた津波防護の基本方針を敷地及び敷地周辺全体図、施設配置図等により明示する（図 2.1-1）。また、敷地の特性に応じた津波防護（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等）の概要（外郭防護の位置及び浸水想定範囲の設定、並びに内郭防護の位置及び浸水防護重点化範囲の設定等）について整理し明示する。

【検討結果】

（1）敷地の特性に応じた津波防護の基本方針

敷地の特性（敷地の地形、敷地周辺の津波の遡上、浸水状況等）に応じた津波防護の基本方針は以下のとおりとする。

a. 敷地への浸水防止（外郭防護 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 c. において同じ。）を内包する建屋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、取水路及び放水路等の経路から流入させない設計とする。

b. 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）

取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮のうえ、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。

c. 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

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。

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防止

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。

e. 津波監視

敷地への津波の繰り返しの来襲を察知し、その影響を俯瞰的に把握できる津波監視設備を設置する。

(2) 敷地の特性に応じた津波防護の概要

泊発電所の基準津波の遡上波による敷地及び敷地周辺の最大水位上昇量分布及び最大浸水深分布はそれぞれ図 1.3-1 及び図 1.3-2 に示したとおりである。

また、設計基準対象施設の津波防護対象設備は「1.1 津波防護対象の選定」に示したとおりであり、同設備を内包する建屋及び区画としては原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、原子炉補機冷却海水ポンプエリア、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナ室、屋外には、原子炉補機冷却海水管ダクト、ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室、ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ及び非常用取水設備がある。

以上を踏まえ、前項で示した基本方針に基づき構築した敷地の特性に応じた津波防護の概要を以下に示す。

また、津波防護の概要図を図 2.1-1 に、設置した各津波防護対策の設備分類と目的を表 2.1-1 に、「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づく設備分類の考え方を添付資料 7 に示す。

a. 敷地への浸水防止（外郭防護 1）

基準津波の遡上波による発電所の敷地及び敷地周辺の最大水位上昇量分布に基づき、防潮堤等により津波が到達しない T.P. + 10.0m 以上の敷地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。）を内包する建屋及び区画を設置する。これにより、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。）を内包する建屋及び区画が設置された敷地への基準津波による遡上波の地上部からの到達又は流入に対する外郭防護（外郭防護 1）は、敷地前面への防潮堤設置によって達成する。

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画への取水路、放水路等の経路からの流入に対する外郭防護（外郭防護 1）として、3号炉取水ピットスクリーン室に防水壁、1号及び2号炉取水路、3号炉放水ピットに流路縮小工を設置する。

また、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁に水密扉及び貫通部止水蓋、1号及び2号炉放水路、屋外排水路に逆流防止設備^{*}を設置する。原子炉補機冷却海水ポンプエリアにドレンライン逆止弁、浸水防止蓋の設置及び貫通部止水処置を実施する。

詳細は「2. 2 敷地への浸水防止（外郭防護 1）」において示す。

※ 1号炉及び2号炉の通常運転時において、原子炉補機冷却海水ポンプで送水され原子炉補機冷却水冷却器で熱交換した海水は原子炉補機冷却海水放水路に放出され、放水池に流れ込むが、津波来襲時は放水路に設置される1号及び2号炉放水路逆流防止設備が閉動作し原子炉補機冷却海水系統が隔離され、放水できなくなった海水が敷地に溢水する。この溢水の影響については「2. 4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）」で説明する。

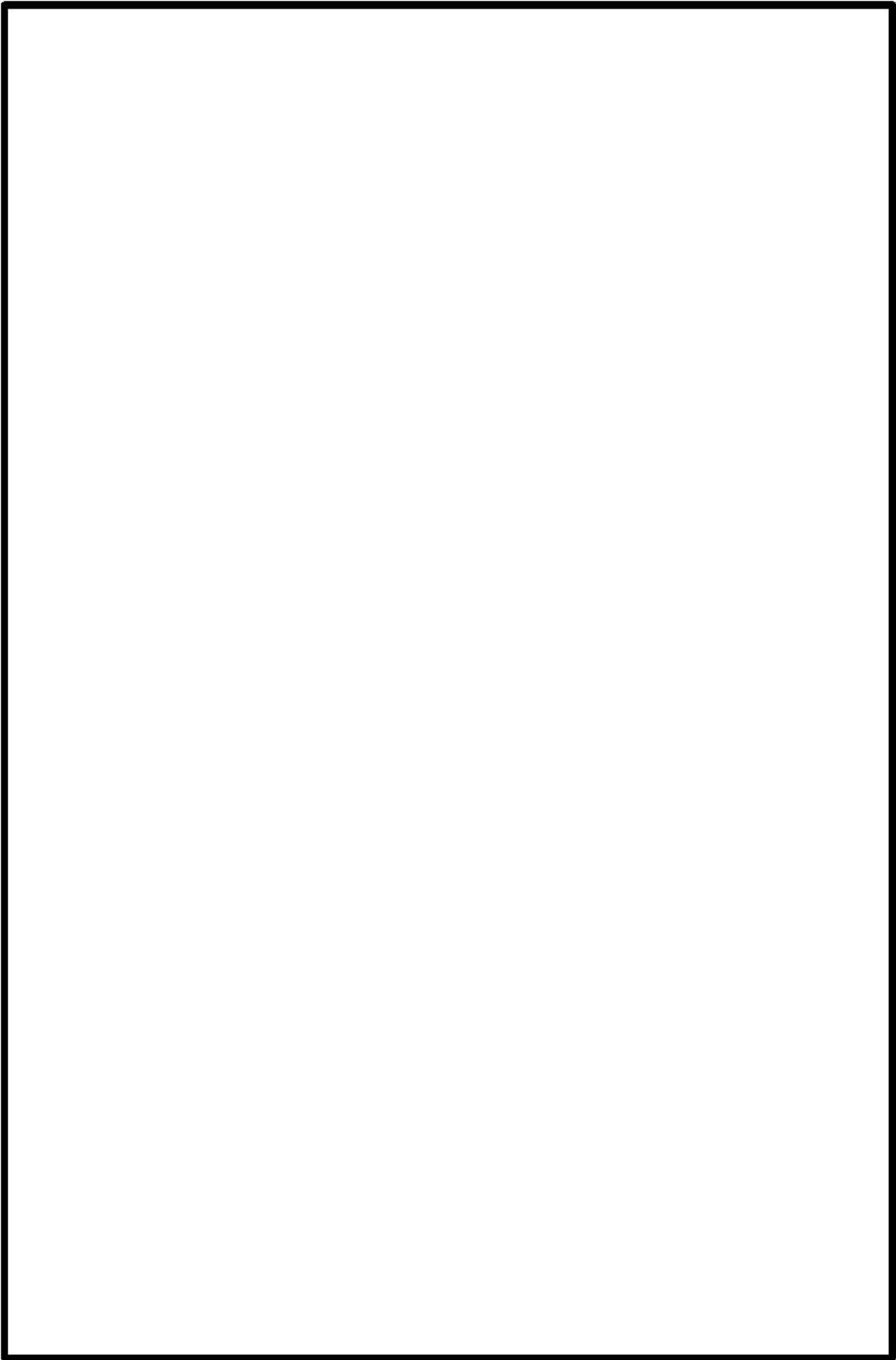


図 2.1-1 敷地の特性に応じた津波防護の概要 (敷地全体)

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

b. 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）

漏水による重要な安全機能への影響はないと考えられるため、これに対する外郭防護（外郭防護 2）の設置は要しない。

詳細は「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）」において示す。

c. 重要な安全機能を有する施設の離隔（内郭防護）

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。）を内包する建屋及び区画のうち、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋、原子炉補機冷却海水ポンプエリア、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室、原子炉補機冷却海水管ダクト、ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室及びディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチを敷設する区画を浸水防護重点化範囲として設定する。その上で、地震による損傷等の際に生じる溢水及び津波の影響による浸水に対し、内郭防護として原子炉補機冷却海水ポンプエリアの浸水防護重点化範囲の境界に貫通部止水処置を実施する。また、3号炉原子炉建屋の浸水防護重点化範囲の境界にドレンライン逆止弁及び水密扉の設置及び貫通部止水処置を実施し、3号炉原子炉補助建屋の浸水防護重点化範囲の境界に水密扉の設置及び貫通部止水処置を実施する。

詳細は、「2. 4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）」において示す。

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防止

基準津波による水位低下に対して、3号炉の取水口には貯留堰を設置していることから、貯留堰高さを下回る引き波が発生した場合でも、取水ピットポンプ室内に冷却水が貯留される構造となっている。

詳細は「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」において示す。

e. 津波監視

津波監視設備として、3号炉原子炉建屋壁面（T.P. +43.6m）及び防潮堤上部3号炉取水路付近（T.P. +16.5m）に津波監視カメラを、取水ピットスクリーン室内に取水ピット水位計及び潮位計を設置する。

詳細は「2. 6 津波監視」において示す。

表 2.1-1 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		
防潮堤	津波防護施設	津波による遡上波の地上部から敷地への到達・流入を防止する。		
3号炉取水ピットスクリーン室防水壁		取水路、放水路から津波が設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画に到達することを防止する。		
1号及び2号炉取水路流路縮小工				
3号放水ピット流路縮小工				
貯留堰	引き波時において、原子炉補機冷却海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保し、原子炉補機冷却海水ポンプの機能を保持する。			
1号及び2号炉放水路逆流防止設備	浸水防止設備	1号及び2号炉放水路、屋外排水路からの津波流入により浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。		
屋外排水路逆流防止設備				
3号炉取水ピットスクリーン室防水壁		水密扉	取水路からの流入した津波が浸水防護重点化範囲に到達することを防止する。	
		貫通部止水蓋		
3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア		ドレンライン逆止弁		
		浸水防止蓋		
		貫通部止水処置		
3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋と電気建屋との境界		水密扉		地震による一次系放水ピットにつながる配管の損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介した津波の流入に対し、浸水防護重点化範囲に流入することを防止する。
		貫通部止水処置		
3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋との境界		ドレンライン逆止弁		地震による海水系機器等の損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介した津波の流入に対し、浸水防護重点化範囲に流入することを防止する。
	貫通部止水処置			
3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリアと3号炉循環水ポンプエリアとの境界	貫通部止水処置			
3号炉原子炉補助建屋と3号炉出入管理建屋との境界	水密扉			
	貫通部止水処置			
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来襲を察知し、その影響を俯瞰的に把握する。		
取水ピット水位計				
潮位計				

2. 2 敷地への流入防止（外郭防護 1）

（1）遡上波の地上部からの到達，流入の防止

【規制基準における要求事項等】

重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等は，基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。

基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には，防潮堤等の津波防護施設，浸水防止設備を設置すること。

【検討方針】

設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等は，基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には，津波防護施設，浸水防止設備の設置により遡上波が到達しないようにする。

具体的には，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。）を内包する建屋及び区画に対して，基準津波による遡上波が地上部から到達，流入しないことを確認する。

【検討結果】

基準津波の遡上解析結果における，発電所敷地及び敷地周辺の標高（図 2.2-1），遡上の状況，浸水深の分布（図 2.2-2）等を踏まえ，以下を確認している。

なお，確認結果の一覧を表 2.2-1 にまとめて示す。

a. 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屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，原子炉補機冷却海水ポンプエリア及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室は T.P. +10.0m の敷地に設置している。また，屋外には，T.P. +10.0m の地下にピット構造のディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室及びトレンチ構造のディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチを設置している。なお，原子炉建屋と循環水ポンプ建屋を接続する原子炉補機冷却海水管ダクトは地下に設置している。

これに対して，基準津波による遡上波が直接敷地に到達，流入することを防止できるように，高さ T.P. +16.5m の防潮堤を設置する。防潮堤がつながる周囲の地山は T.P. +16.5m 以上となっている（図 2.2-1）。

追而

（遡上波の到達・流入に係る評価結果について，
入力津波の解析結果を踏まえて記載する）

b. 既存の地山斜面，盛土斜面等の活用

第1章で示したとおり，泊発電所の敷地西側は日本海に面し，背後は積丹半島の山嶺に続く標高 40～130m の地山に囲まれたほぼ半円状の形状となっており，地上部からの津波流入経路としては，敷地前面部からとなる。

敷地の主要面は T.P. +10.0m であり，敷地の前面には津波防護施設として天端高さ T.P. +16.5m の防潮堤を設置しており，防潮堤端部は周囲の地山につながっている。

防潮堤（茶津側）及び防潮堤（堀株側）では，堅固な地山斜面により，遡上波の地上部からの到達，流入を防止する。

c. 津波防護施設の位置・仕様

[防潮堤]

- ・基準津波による遡上波の地上部からの流入防止を目的として，敷地前面に設置するものであり，セメント改良土及び置換コンクリートによる堤体構造である。

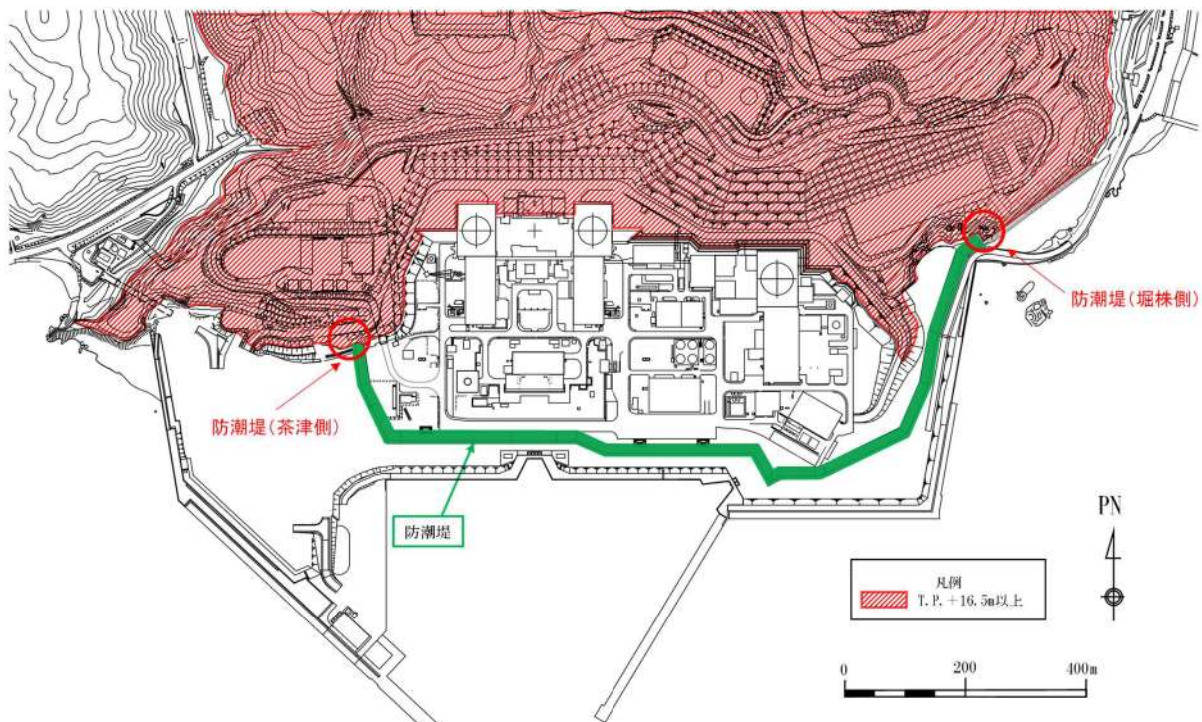


図 2.2-1 敷地周辺の T.P. +16.5m 以上の範囲



図 2.2-2 地上部からの流入経路及び浸水範囲

表 2.2-1 遡上波の地上部からの到達，流入評価結果

評価対象		①入力津波高さ(T.P.)	②許容津波高さ(T.P.)	(②-①)裕度	評価
津波防護対象設備を内包する建屋及び区画	原子炉建屋	追而 (入力津波の解析結果を踏まえて記載する)	+16.5m ^{※1}	追而 (入力津波の解析結果を踏まえて記載する)	
	原子炉補助建屋				
	ディーゼル発電機建屋				
	原子炉補機冷却海水ポンプエリア				
	原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナ室				
屋外の津波防護対象設備	原子炉補機冷却海水管ダクト	追而 (入力津波の解析結果を踏まえて記載する)	+16.5m ^{※1}	追而 (入力津波の解析結果を踏まえて記載する)	
	ディーゼル発電機燃料油貯油槽タンク室				
	ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ				

※1：防潮堤の高さ

(2) 取水路，放水路等の経路からの津波の流入防止

【規制基準における要求事項等】

取水路，放水路等の経路から，重要な安全機能を有する施設の設置された敷地並びに重要な安全機能を有する設備を内包する建屋及び区画に津波の流入する可能性について検討した上で，流入する可能性のある経路（扉，開口部，貫通口等）を特定すること。

特定した経路に対して流入防止の対策を施すことにより津波の流入を防止すること。

【検討方針】

取水路，放水路等の経路から，重要な安全機能を有する施設の設置された敷地並びに重要な安全機能を有する設備を内包する建屋及び区画に津波の流入する可能性について検討した上で，流入する可能性のある経路（扉，開口部，貫通口等）を特定する。

特定した経路に対して流入防止の対策を施すことにより津波の流入を防止する。

【検討結果】

海域に接続し，設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画を設置する敷地につながる経路としては，表 2.2-2，図 2.2-3，図 2.2-4，図 2.2-5 のとおり取水路，放水路及び屋外排水路が挙げられる。

これらに繋がる経路からの，上記の設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画を設置する敷地への津波の流入可能性の検討結果を以降に示す。

なお，検討の結果，経路と入力津波高さの比較や流入対策の実施状況等より，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。）を内包する建屋及び区画を設置する敷地並びに同建屋・区画に流入する経路はないことを確認した。

表 2.2-2 海域と接続する経路

流入経路		流入箇所
取水路	3号炉	海水系・循環水系 取水ピットスクリーン室上部開口部 (T.P. +10.3m)
		海水系 原子炉補機冷却海水ポンプエリア壁面 (スクリーン室側) 配管貫通部 (T.P. +6.85m~+9.0m) 原子炉補機冷却海水ポンプエリア壁面 (循環水ポンプエリア側) 配管貫通部 (T.P. +3.15m~3.35m、T.P. +7.05m~7.75m) 原子炉補機冷却海水ポンプエリア床開口部 (T.P. +2.5m) 原子炉補機冷却海水ポンプ据付部 (T.P. +2.5m)
		循環水系 循環水ポンプ据付部 (T.P. +1.0m) 海水取水ポンプ据付部 (T.P. +2.5m) 循環水ポンプエリア床開口部 (T.P. +1.0m, 2.5m)
	1号及び2号炉	海水系・循環水系 取水ピットスクリーン室上部開口部 (T.P. +10.3m) 取水ピットポンプ室壁面 (スクリーン室側) 配管貫通部 (T.P. +7.0m) 取水ピットポンプ室床開口部 (T.P. +4.5m) 原子炉補機冷却海水ポンプ据付部 (T.P. +4.5m) 循環水ポンプ据付部 (T.P. +3.0m)
放水路	3号炉	海水系・循環水系 放水ピット上部開口部 (T.P. +11.0m)
		海水系 一次系放水ピット上部開口部 (T.P. +10.4m)
	1号炉	海水系 原子炉補機冷却海水配管ラプチャディスク (T.P. +10.7m)
		排水管 1号炉タービン建屋 温水ピット及び海水ピット排水ライン (T.P. +7.9m)
	2号炉	海水系 原子炉補機冷却海水配管ラプチャディスク (T.P. +10.7m)
		排水管 1, 2号炉給排水処理建屋 定常排水処理水ポンプ及び非常排水処理水ポンプ排水ライン (T.P. +5.4m) 2号炉タービン建屋 温水ピット及び海水ピット排水ライン (T.P. +7.8m)
屋外排水路		屋外排水路 (T.P. +9.85~+10.0m)

a. 取水路

3号炉の取水側からの経路は、海域と接続する取水路、取水ピットスクリーン室、取水ピットポンプ室、循環水管を經由し3号炉タービン建屋内に至る経路と、取水ピットポンプ室から原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室を經由して原子炉補機冷却海水管ダクトを通過して3号炉原子炉建屋内に至る経路で構成される（図2.2-3～図2.2-6）。

1号及び2号炉の取水側からの経路は、海域と接続する1号及び2号炉の取水路、取水ピットスクリーン室、取水ピットポンプ室、循環水管を經由し1号及び2号炉タービン建屋内に至る経路と、取水ピットポンプ室から海水管ダクトを經由し1号及び2号炉原子炉補助建屋内に至る経路で構成される（図2.2-3，図2.2-8～図2.2-10）。

これらの経路から敷地地上部への流入及び3号炉の設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋・区画に津波が流入する可能性について評価を行った。結果を以下に、また結果の一覧を表2.2-3にまとめて示す。

(a) 敷地地上部への流入の可能性

取水路に繋がり3号炉の設計基準対象施設の津波防護対象設備を設置する敷地に津波が流入する可能性のある経路としては、取水ピットスクリーン室の上部開口部が挙げられる。

3号炉の取水ピットスクリーン室はピット構造で敷地地上面で開放されており、外郭防護の裕度評価の参照とする津波高さが敷地高さに到達するため、開口部の周りに十分な高さ及び容量の防水壁を設置し、この経路からの津波の流入を防止する。また、1号及び2号炉の取水ピットスクリーン室上部開口部においては、防潮堤の直下の1号及び2号炉の取水路に流路縮小工を設置し、流路を縮小することにより、参照する裕度（*.**m）を考慮しても津波高さが敷地高さに到達しないため、敷地地上部に津波は流入しない。したがって、これらの経路から設計基準対象施設の津波防護対象設備を設置する敷地に津波が流入することはない（図2.2-4～図2.2-9，表2.2-3）。

なお、3号炉の取水ピットスクリーン室開口部周りに設置する防水壁には、車両が進入するため、人力で**分以内に開閉可能な構造とし、閉止する際に特別な設備（クレーン等）を必要としない水密扉を設置するが、原則閉止運用とすることで津波の流入を防止する。また、防水壁の貫通口へ貫通部止水蓋を設置することで津波の流入を防止する。

(b) 建屋・区画への流入の可能性

取水路に繋がり 3 号炉の設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画に流入する可能性のある経路としては、取水ピットポンプ室内の原子炉補機冷却海水ポンプ据付エリアである原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面の開口部、循環水ポンプエリア床面の開口部、取水ピットスクリーン室との境界である同エリア壁面の配管貫通部が挙げられる。3 号炉においては、管路解析により得られる取水ピットポンプ室及び取水ピットスクリーン室の入力津波高さが上記の開口部及び配管貫通部の設置高さに到達するため、床面の開口部にはドレンライン逆止弁及び浸水防止蓋を、壁面の配管等貫通部には止水処置を施すことで津波の流入を防止す

追而

(循環水ポンプエリアからの津波の流入について、
入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

なお、3 号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリアに設置している原子炉補機冷却海水ポンプ、3 号炉循環水ポンプエリアに設置している循環水ポンプ、海水取水ポンプの構造上の隙間部として、ポンプ据付部（ポンプグラウンド部及び付属配管含む）から津波が流入する可能性も考えられるが、これについては、「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）」において評価する。

同設備の配置を図 2.2-4、図 2.2-5 に、仕様を「4. 2 浸水防止設備の設計」に示す。



※ 図中の矢印は通常時の取水系統の流れを示す。

図 2.2-3 取水系統平面図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



図 2.2-4 3号炉取水系統 流入対策配置図 (平面図)

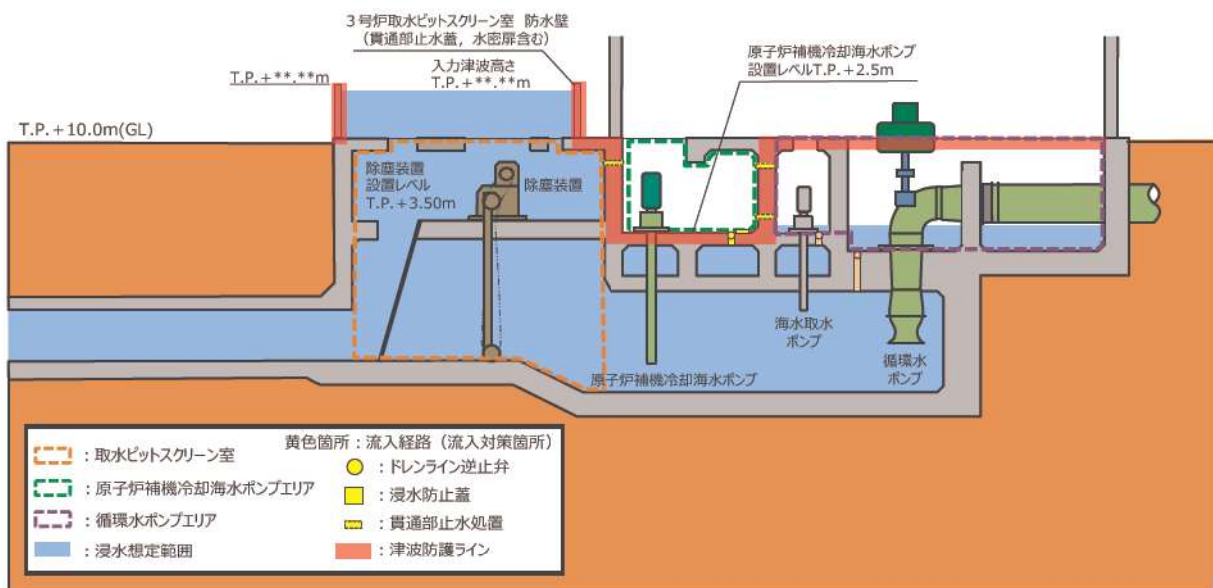


図 2.2-5 3号炉取水系統 流入対策配置図 (A-A 断面図)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

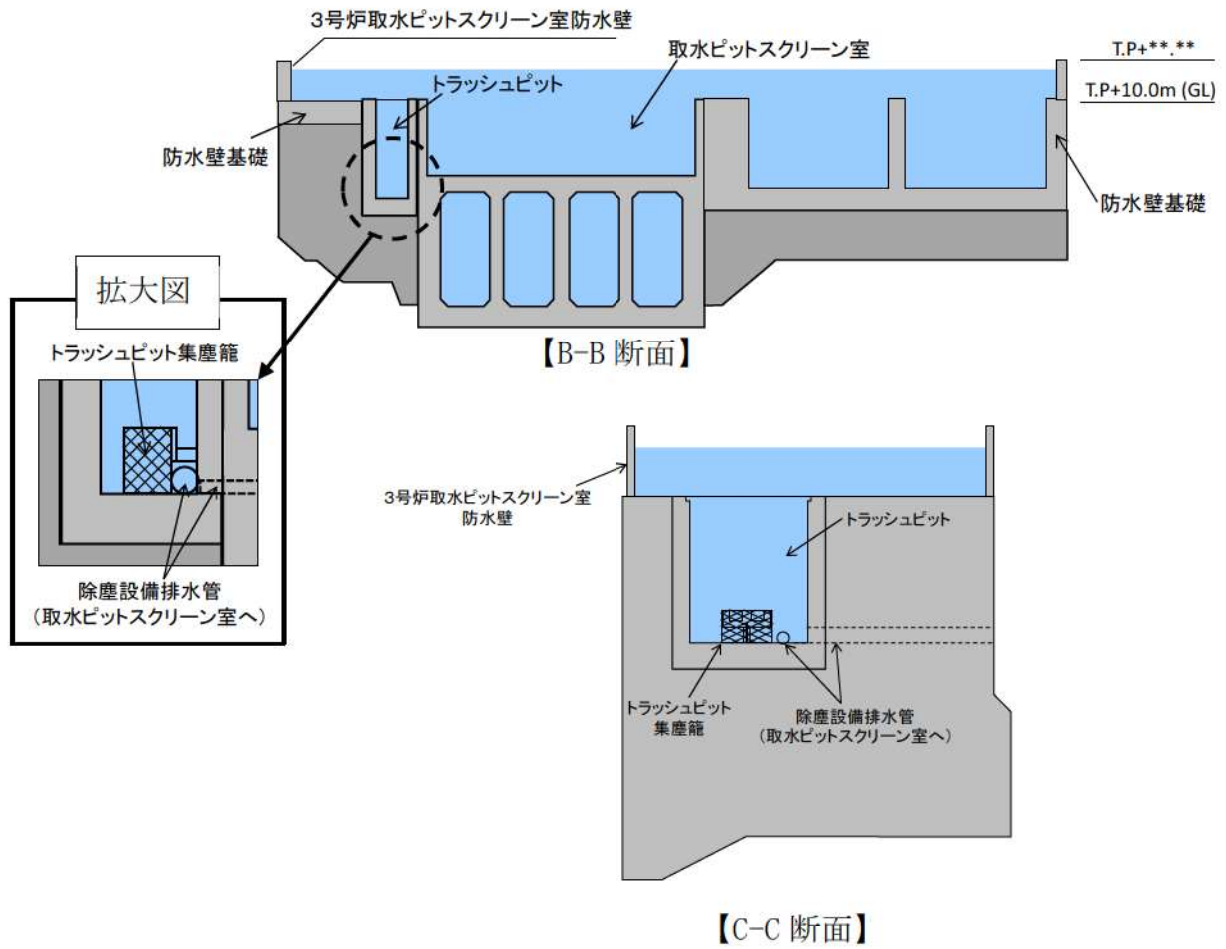


図 2.2-6 3号炉取水系統 流入対策配置図 (B-B, C-C 断面)

追而
(入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

図 2.2-7 3号炉取水ピットスクリーン室 (防水壁) 内水位時刻歴波形



図 2.2-8 1号及び2号炉取水系統 流入対策配置図 (平面図)

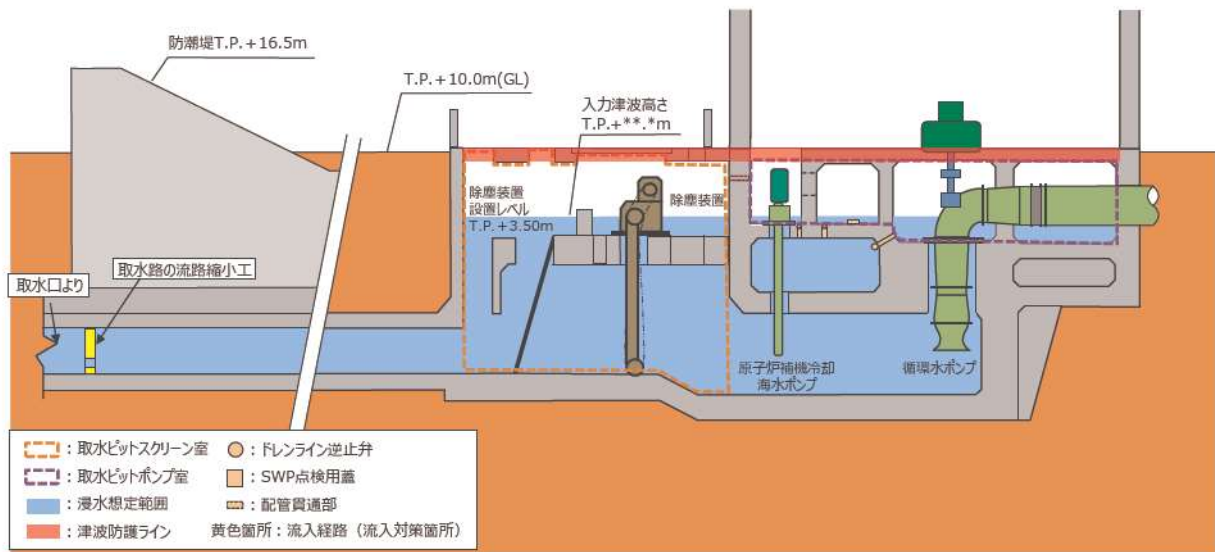
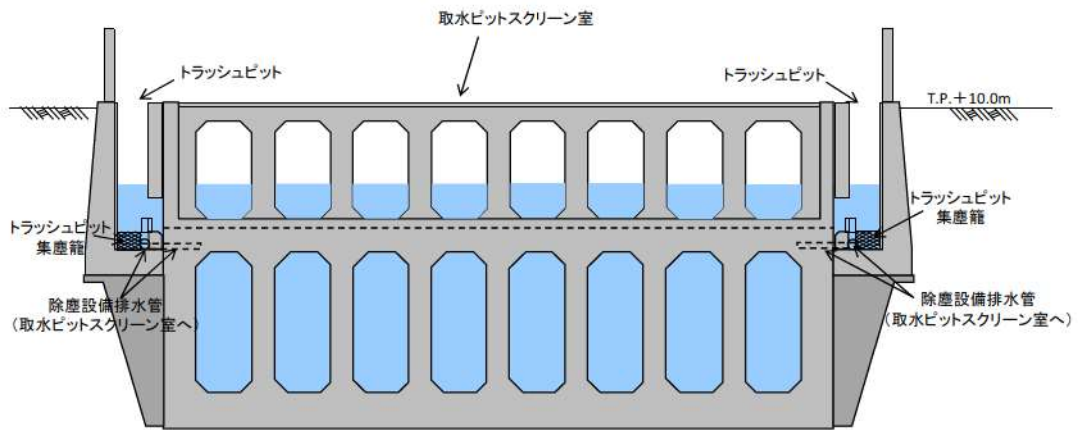
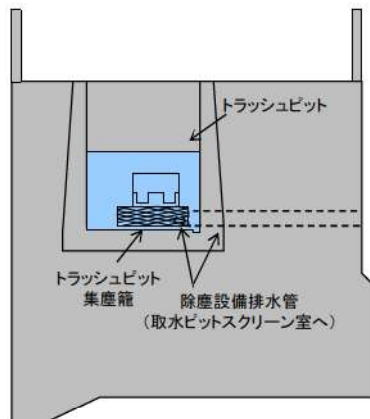


図 2.2-9 1号及び2号炉取水系統 流入対策配置図 (A-A 断面図)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



【B-B 断面】



【C-C 断面】

図 2.2-10 1号及び2号炉取水系統 流入対策配置図 (B-B, C-C 断面)

追而
(入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

図 2.2-11 1号及び2号炉取水ピットスクリーン室内水位時刻歴波形

表 2.2-3 取水路からの津波の流入評価結果

流入経路			①入力津波 高さ (T.P.)	②許容津波 高さ (T.P.)	②-① 裕度	評価
3号炉	循環水系	取水ピットスク リーン室 (防水壁)	追而 (入力津波の解析結果を踏まえて記載する)			
	海水系					
1, 2 号炉	循環水系	取水ピットスク リーン室				
	海水系					

b. 放水路

3号炉の放水側からの経路は、タービン建屋から循環水管、放水ピット、放水路トンネル及び放水池を経由し放水口から海域に至る経路と、原子炉建屋から電気建屋の一次系放水ピット、原子炉補機冷却海水放水路、放水ピット、放水路トンネル及び放水池を経由し放水口から海域に至る経路で構成される（図 2.2-12，図 2.2-13）。

1号及び2号炉の放水側からの経路は、各々のタービン建屋から循環水管、放水ピット、放水路及び放水池を経由し放水口から海域に至る経路と、各々の原子炉補助建屋から原子炉補機冷却海水放水ピット、原子炉補機冷却海水放水路、放水ピット、放水路及び放水池を経由し放水口から海域に至る経路で構成される（図 2.2-12，図 2.2-19）。

これらの経路から敷地地上部への流入及び3号炉の設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋・区画に津波が流入する可能性について評価を行った。結果を以下に、また結果の一覧を表 2.2-4 にまとめて示す。

(a) 敷地地上部への流入の可能性

放水路に繋がり3号炉の設計基準対象施設の津波防護対象設備を設置する敷地に津波が流入する可能性のある経路としては、3号炉放水ピット上部開口部、3号炉の一次系放水ピット上部開口部が挙げられる。また、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水配管に設置されたラプチャディスクに加え、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水放水路に接続された温水ピット及び海水ピット排水ライン、更には2号炉放水路に接続された定常排水処理水ポンプ及び非定常排水処理水ポンプ排水ラインについても、3号炉の設計基準対象施設の津波防護対象設備を設置する敷地に津波が流入する可能性のある経路である。

追而

(3号炉放水ピット上部開口部の津波流入評価結果について、
入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

また、3号炉放水ピットには、温水ピット排水配管、海水ピット排水配管、定常排水処理水管、非定常排水処理水管、定検用軸冷水海水管、濃縮海水排水管及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレナブロー配管が接続されているが、いずれの配管も放水ピット上部開口部以上の高さに敷設されていることから、津波の流入経路にはならない（図 2.2-14，図 2.2-16）。

追而

(3号炉一次系放水ピット上部開口部の津波流入評価結果について、
入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

追而

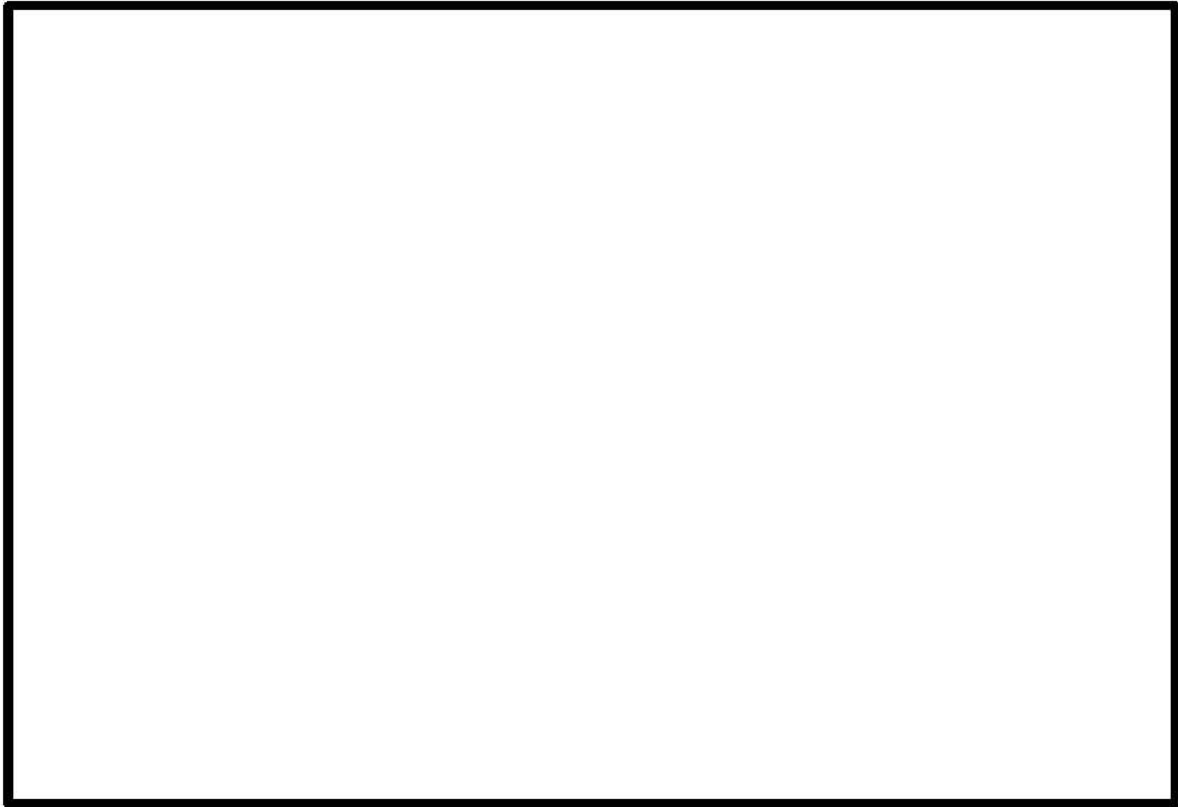
(3号炉一次系放水ピット上部開口部の津波流入評価結果について、
入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

1号及び2号炉の放水ピットには、放水路のトレン分離用ゲート設置のための立坑及び上部開口部があり、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水放水ピットには、原子炉補機冷却海水系統配管が接続されており、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水放水路を遡上した津波が配管内に流入した場合にはラプチャディスクを破壊して敷地へ津波が流入する可能性があるが、防潮堤の直下の1号及び2号炉の放水路に逆流防止設備を設置することから、これらの経路から敷地地上部に津波は流入しない。(図 2.2-19～図 2.2-21)。

また、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水放水路には、各々のタービン建屋から地下ダクトを通過して温水ピット及び海水ピットの排水ラインが接続されており、2号炉放水路には、給排水処理建屋から地下ダクトを通過して定常排水処理水ポンプ及び非定常排水処理水ポンプの排水ラインが接続されているが、同様の理由により敷地地上部に津波は流入しない。(図 2.2-22～図 2.2-25)


(b) 建屋・区画への流入の可能性

放水路に繋がり3号炉の設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画に流入する可能性のある経路は存在しない。



※ 図中の矢印は通常時の放水系統の流れを示す。

図 2.2-12 放水系統平面図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



【平面図】



【A-A 断面】



【B-B 断面】

図 2.2-13 3号炉放水系統

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

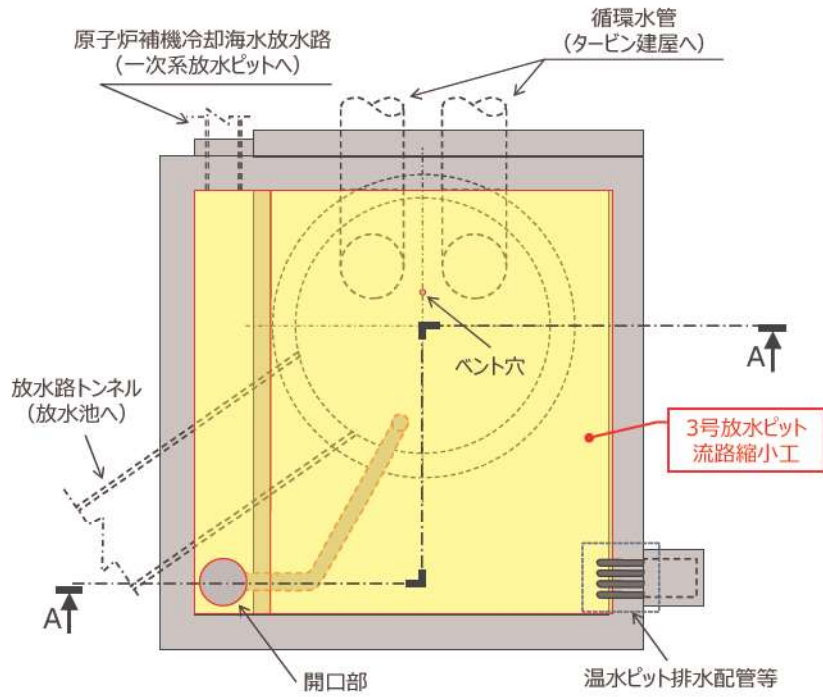


図 2.2-14 3号炉放水ピット平面図

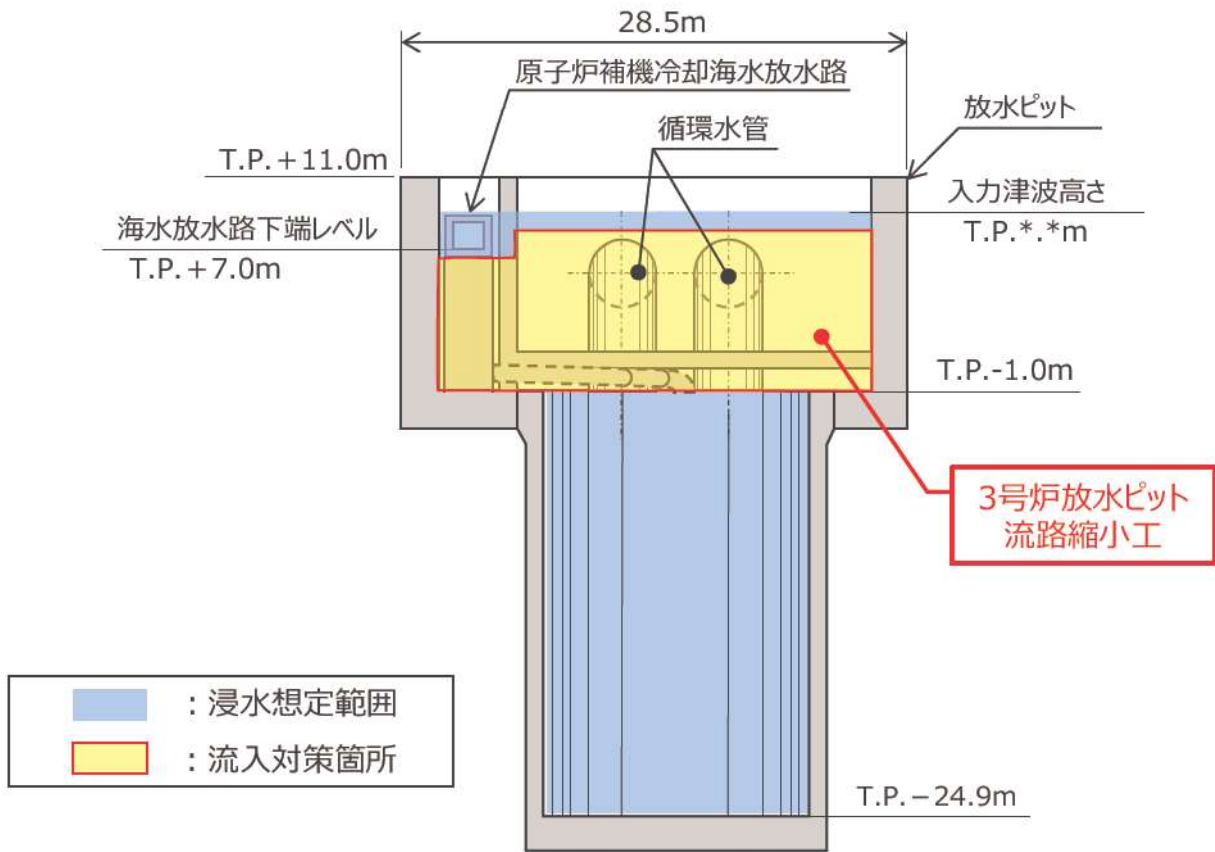
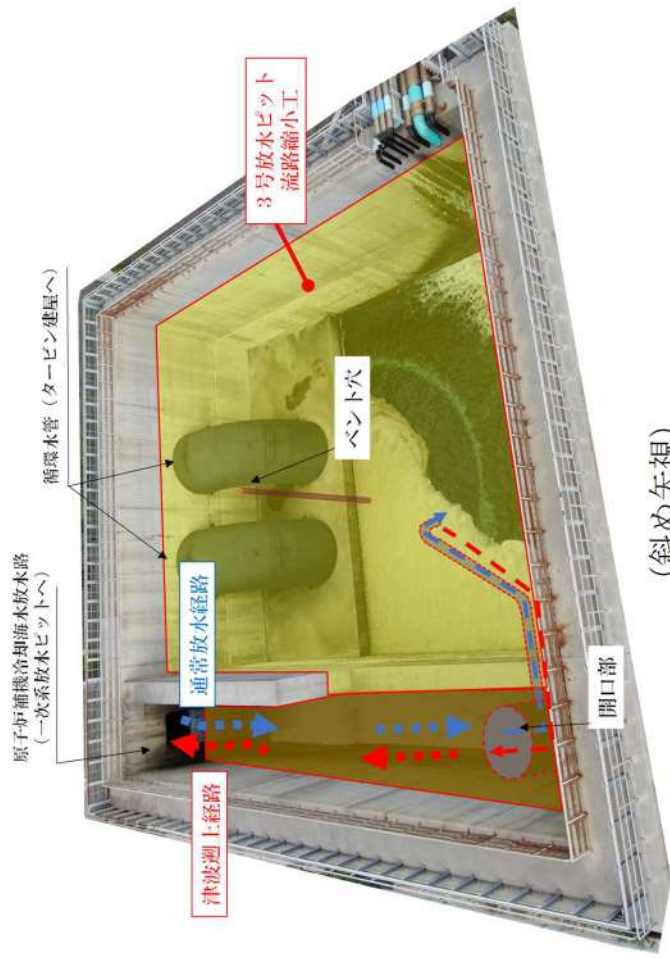
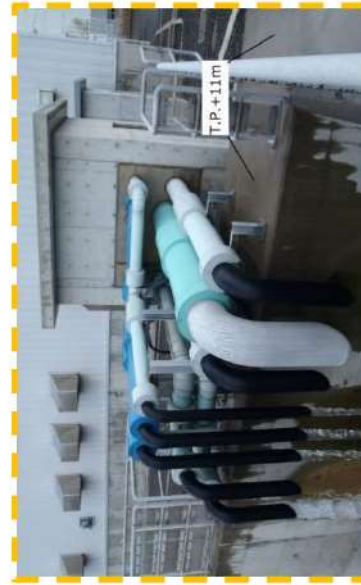


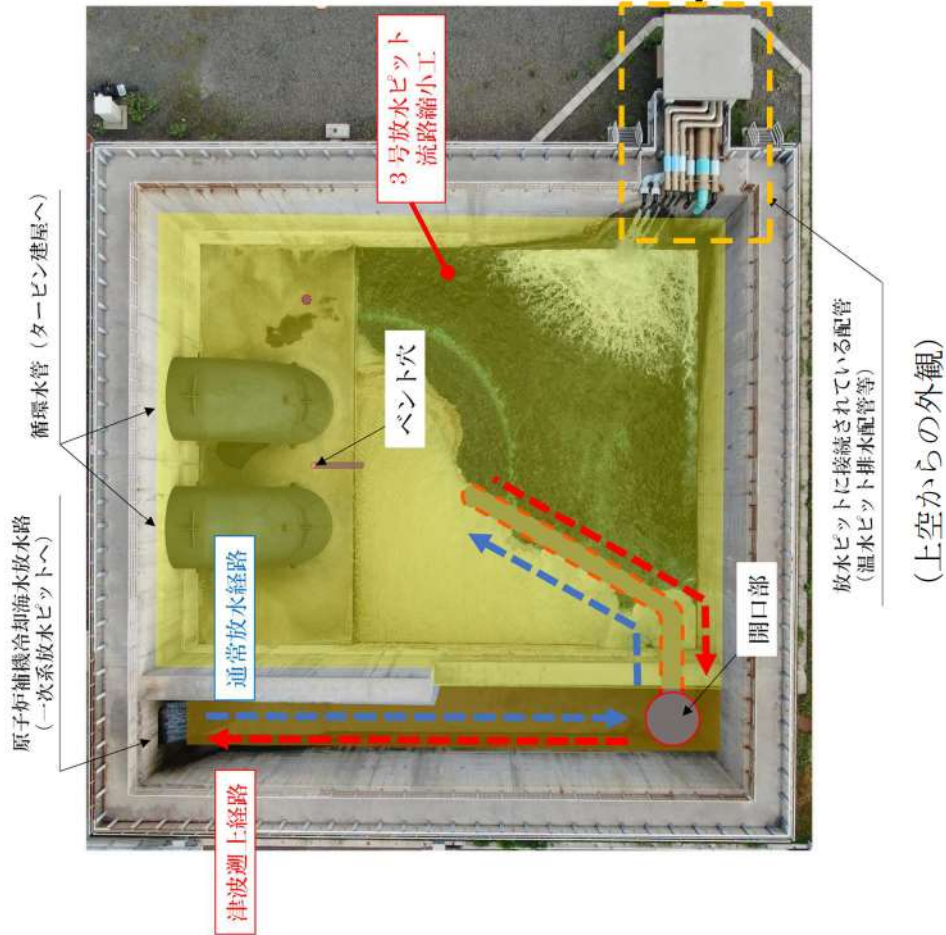
図 2.2-15 放水ピット断面図 (A-A 断面)



(斜め矢視)



放水ピットに接続されている配管



(上空からの外観)

図 2.2-16 3号放水ピット外観写真

追而
(入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

図 2.2-17 3号炉放水ピット内水位時刻歴波形

追而
(入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

図 2.2-18 3号炉一次系放水ピット内水位時刻歴波形



【平面図】



【A-A 断面】

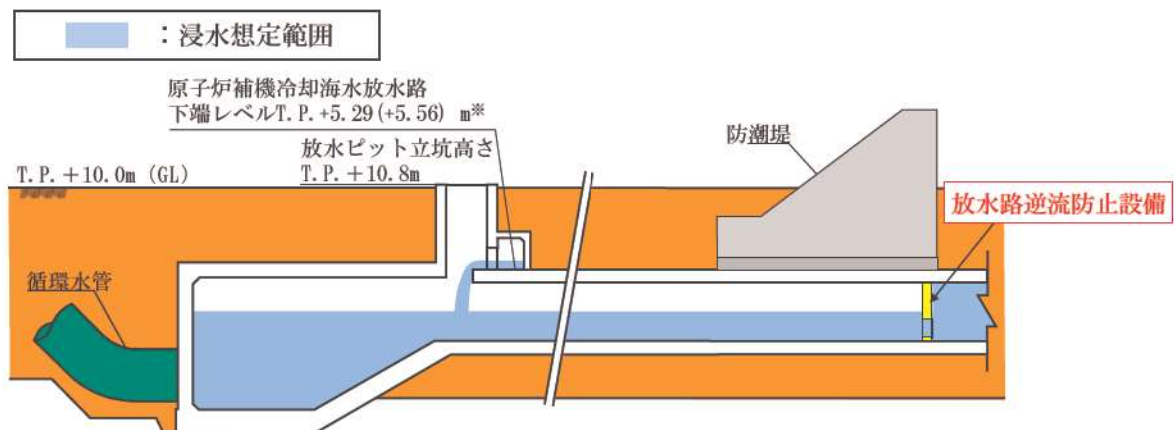


【B-B 断面】

- ※1 断面図中の値は1，2号共通の値であり，カッコ内の値は2号炉を示す。
- ※2 断面図中のa部拡大図を図2.2-20に示す。
- ※3 断面図中のC-C断面は，図2.2-21に示す。

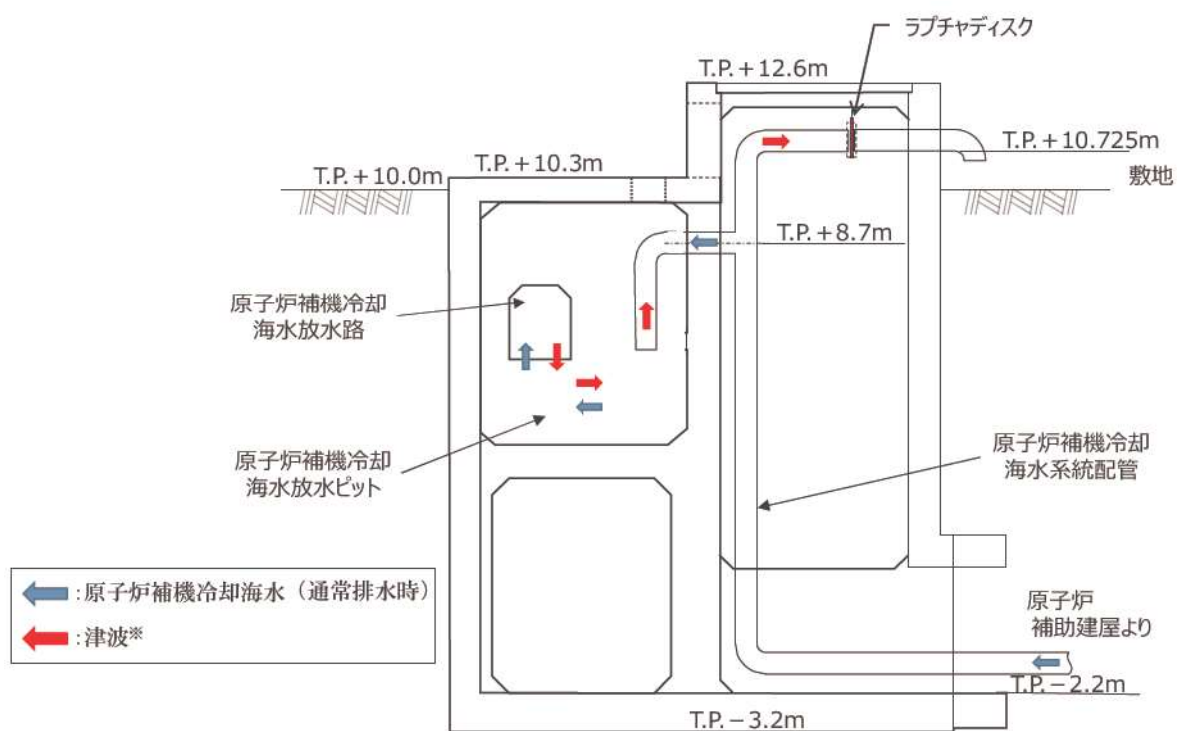
図 2.2-19 1号及び2号炉放水系統

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



※ 断面図中の値は1, 2号共通の値であり, カッコ内の値は2号炉を示す。

図 2.2-20 1号及び2号炉放水ピット断面図



※ 1号及び2号炉放水路逆流防止設備設置前の津波の遡上経路

図 2.2-21 1号及び2号炉原子炉補機冷却海水放水ピット断面図 (C-C 断面)

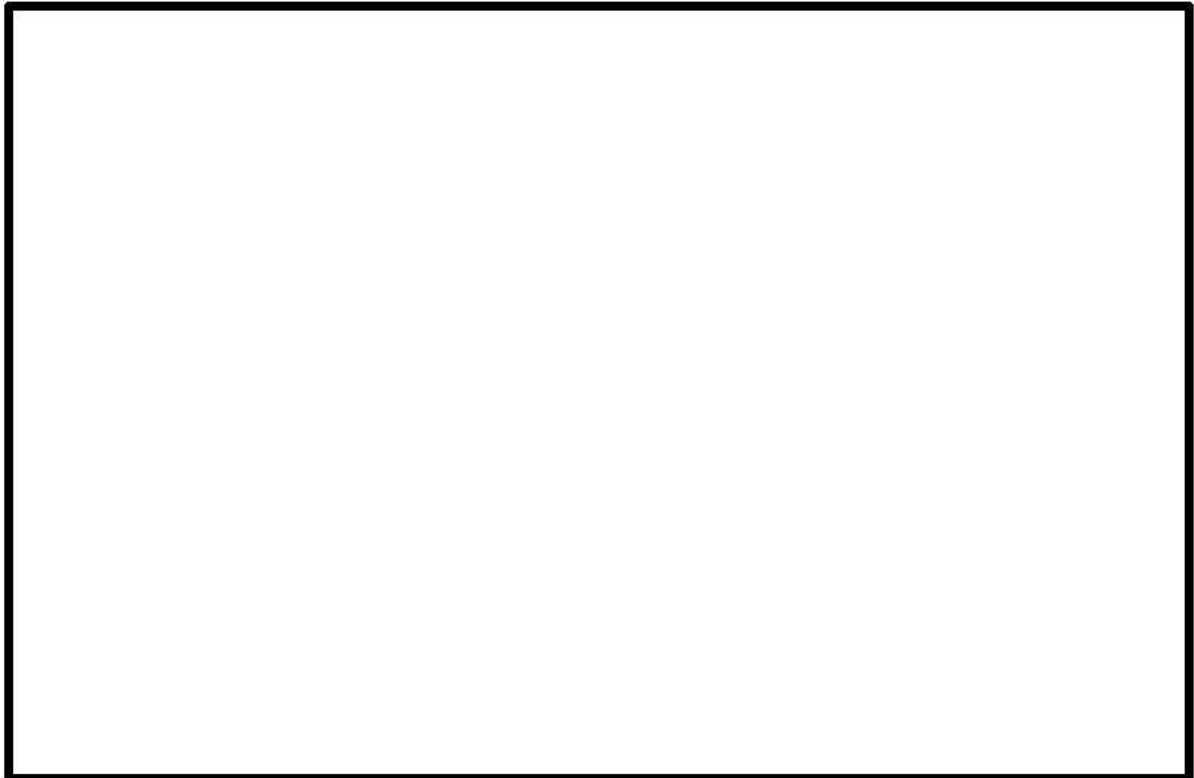


図 2.2-22 温水ピット及び海水ピット排水ライン 位置図

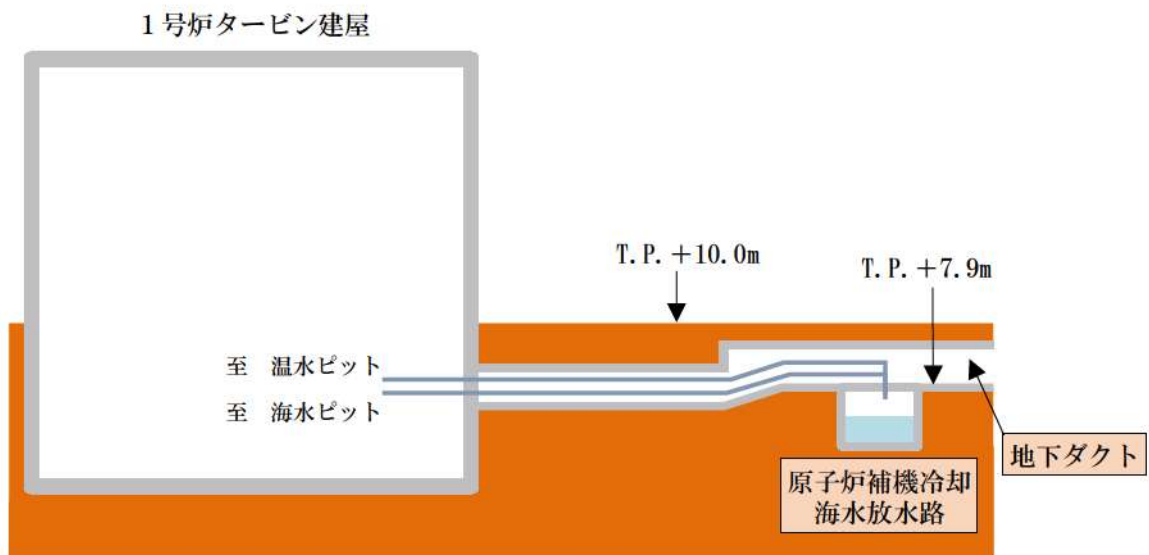


図 2.2-23 温水ピット及び海水ピット排水ライン 概要図 (A-A 断面)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

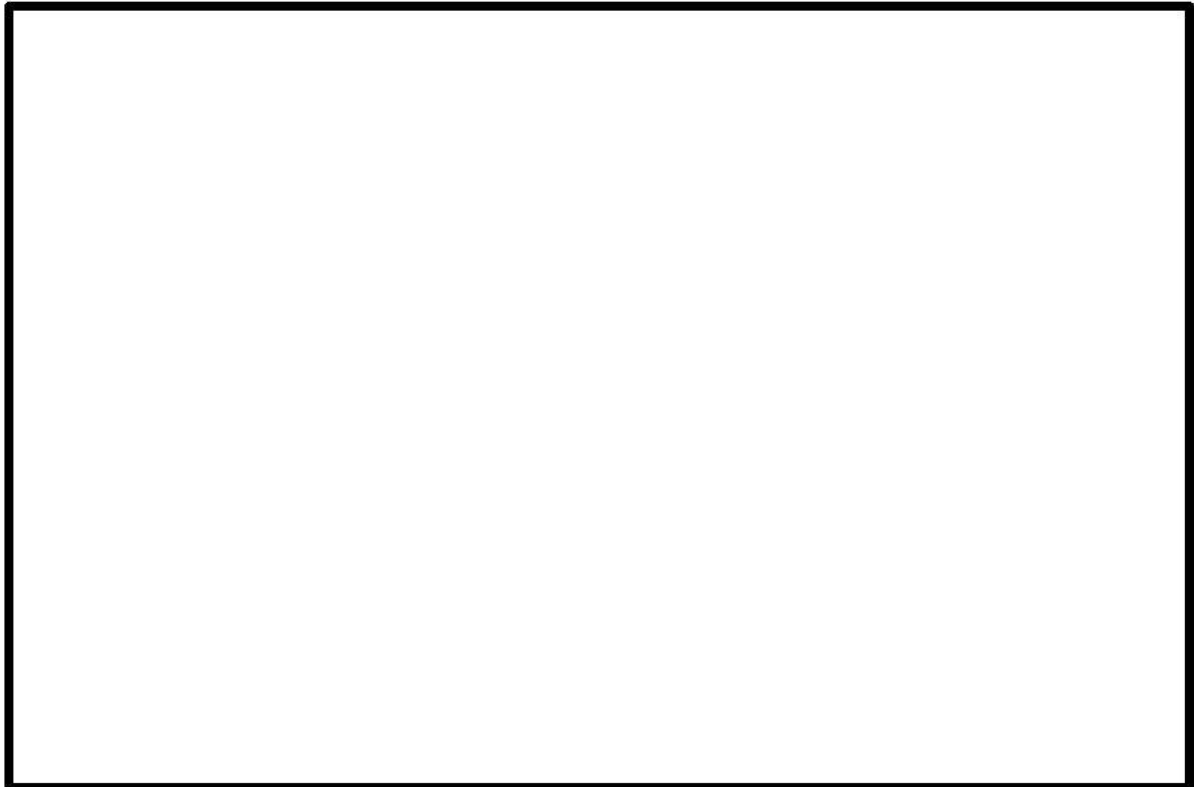


図 2.2-24 定常排水処理水ポンプ及び非常排水処理水ポンプ排水ライン 位置図

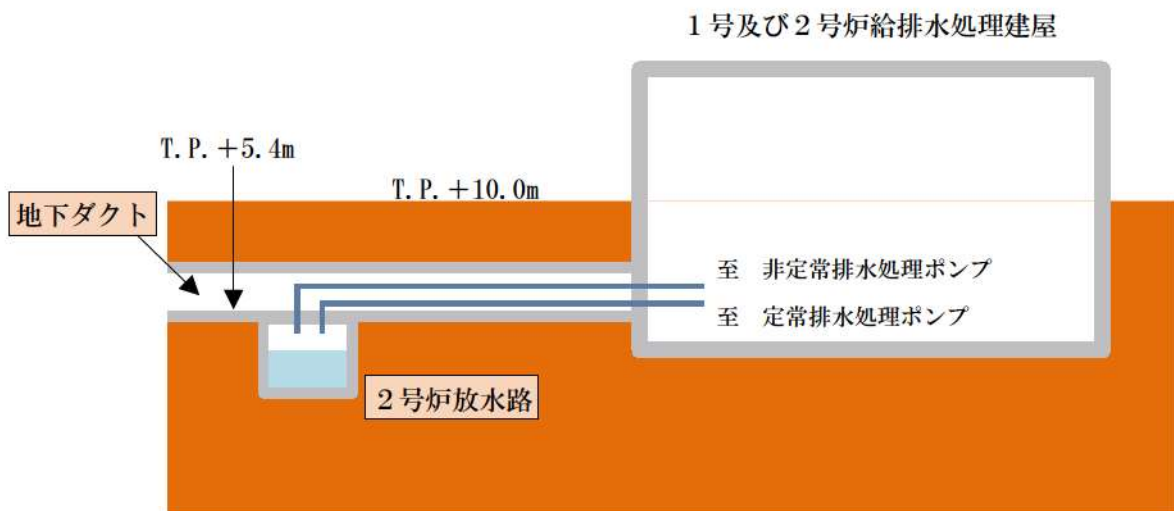


図 2.2-25 定常排水処理水ポンプ及び非常排水処理水ポンプ排水ライン 概要図 (A-A 断面)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表 2.2-4 放水路からの津波の流入評価結果

流入経路		①入力津波 高さ (T.P.)	②許容津波 高さ (T.P.)	②-① 裕度	評価
3 号 炉	海水系・ 循環水系	追而	+11.0m ^{※1}	追而 (入力津波の解 析結果を踏まえ て記載する)	
	海水系		+10.4m ^{※2}		

※1：放水ピット天端高さ

※2：一次系放水ピット上部開口部下端高さ

c. 屋外排水路

屋外排水路は、敷地内の雨水排水を海域まで自然流下させる排水路であるが、屋外排水路と設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋は直接接続されていない。

屋外排水路は、設計基準対象施設等を設置するエリア（T.P. +10.0m）で3箇所に集水し、防潮堤を横断し、海域に排水する構造となっている。屋外排水路の防潮堤横断部（海側法尻部）には逆流防止設備を設置することから、津波が流入することはない（図 2.2-26，図 2.2-27）。

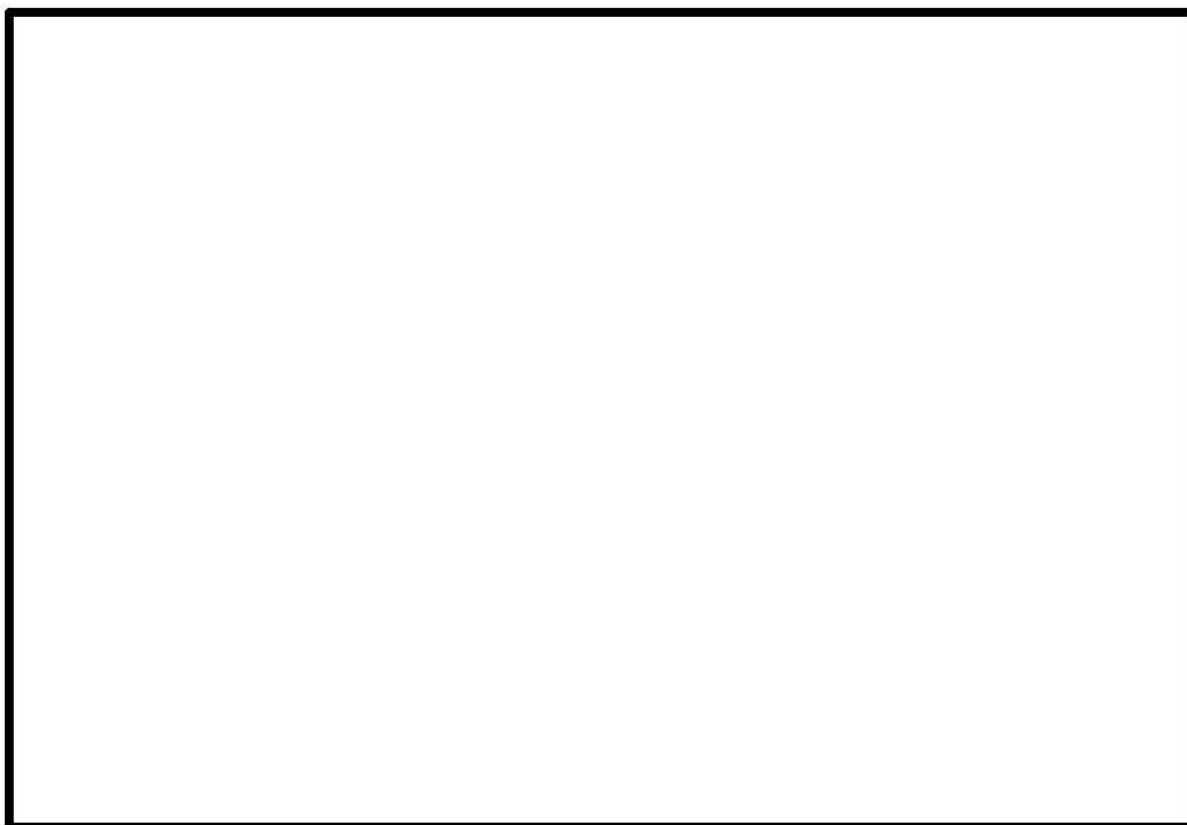

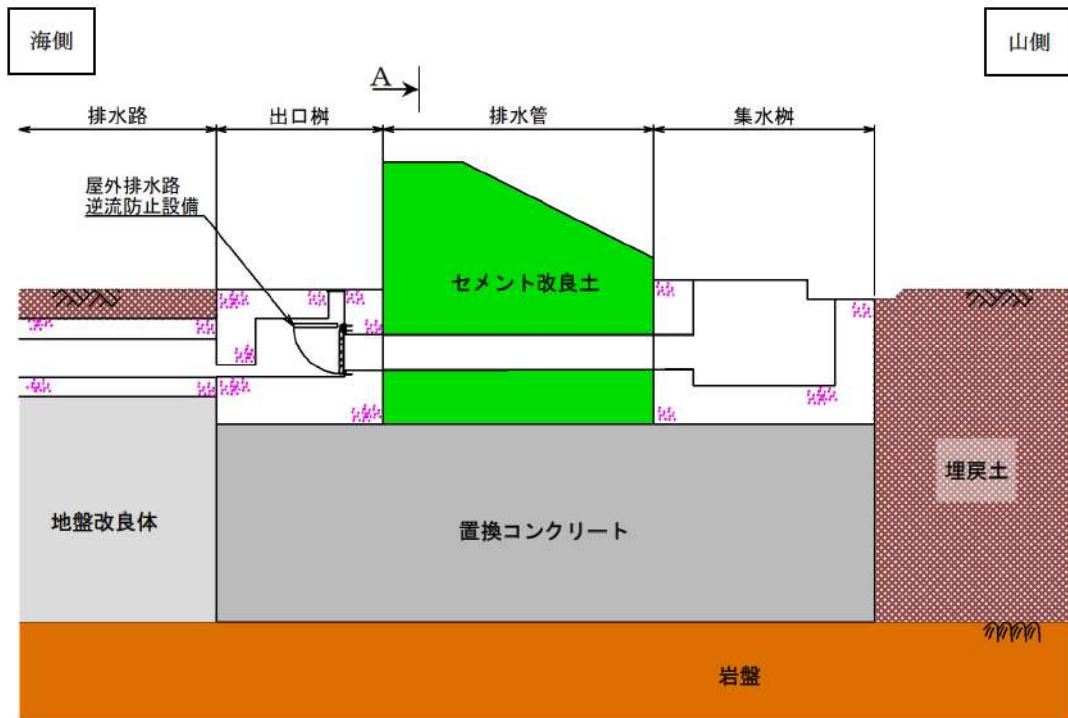
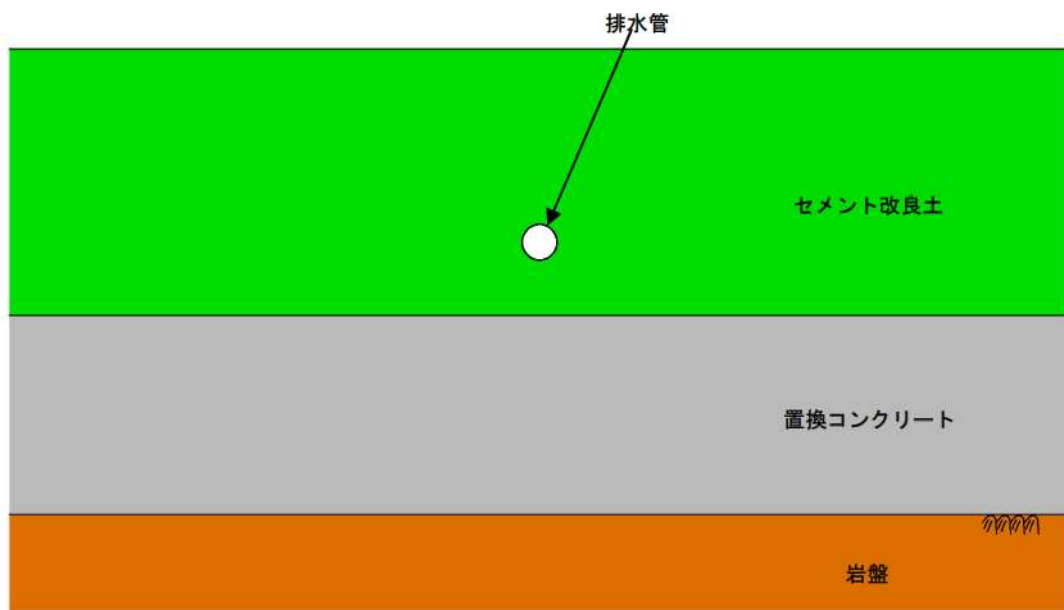


図 2.2-26 屋外排水路状況図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



(A) 縦断面図



(B) 正面図 (A-A 断面)

図 2.2-27 屋外排水路逆流防止設備 概略図

d. 津波防護施設の位置・仕様

[防水壁]

- ・ 3号炉取水ピットスクリーン室からの津波の流入防止を目的として、3号炉取水ピットスクリーン室上端等に、鋼製及びRC造の防水壁を設置する。

[1号及び2号炉取水路流路縮小工]

- ・ 1号及び2号炉取水路からの津波の敷地への流入防止を目的として、防潮堤下の取水路内に流路縮小工を設置する。

[3号炉放水ピット流路縮小工]

- ・ 3号炉放水ピットから敷地への津波の流入防止を目的として設置するもので、コンクリート構造物である。

e. 浸水防止設備の位置・仕様

[1号及び2号炉放水路逆流防止設備]

- ・ 1号及び2号炉放水路からの津波の敷地への流入防止を目的として、防潮堤下の放水路内に逆流防止設備を設置する。

[屋外排水路逆流防止設備]

- ・ 敷地前面護岸に接続する屋外排水路からの津波の流入防止を目的として、屋外排水路出口に鋼製のゲートを設置する。

[浸水防止蓋]

- ・ 原子炉補機冷却海水ポンプエリアについては、浸水想定範囲への浸水の可能性のある経路として、原子炉補機冷却海水ポンプエリアの床面に開口部（中間ピットアクセス用開口部、ドレンライン）が存在するため、浸水防止設備として、原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面に浸水防止蓋を設置する。
- ・ 既設蓋（開口部縁4辺にゴム板を貼付けて鋼製蓋をし、ボルトで締付固定）に新設鋼製補強材を乗せ、鋼製蓋外縁にアンカーボルトにて固定する構造である。

[水密扉]

- ・ 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁にアクセス用出入口に設置する扉である。

[貫通部止水蓋]

- ・ 防水壁の貫通口からの津波の流入防止を目的として、防水壁の貫通口へ止水用の蓋を設置する。

[ドレンライン逆止弁]

- ・ 取水路から原子炉補機冷却海水ポンプエリアへの津波の流入防止のため、原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面にドレンライン逆止弁を設置する。

- ・設置床面下部からの流入時に弁体が押し上げられ、弁座に密着することで漏水を防止する構造である。

[貫通部止水処置]

- ・取水ピットスクリーン室に津波が流入した場合に、原子炉補機冷却海水ポンプエリアへの津波の浸水防止を目的として、原子炉補機冷却海水ポンプエリア壁面の配管等貫通部には止水処置を実施する。

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

(1) 非常用海水冷却系の取水性

【規制基準における要求事項等】

非常用海水冷却系の取水性については、次に示す方針を満足すること。

- ・基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。
- ・基準津波による水位の低下に対して冷却に必要な海水が確保できる設計であること。

【検討方針】

基準津波による水位の低下に対して、非常用海水冷却系の海水ポンプである原子炉補機冷却海水ポンプが機能保持できる設計であることを確認する。

また、基準津波による水位の低下に対して、非常用海水冷却系による冷却に必要な海水が確保できる設計であることを確認する。

具体的には、以下のとおりとする。

- a. 原子炉補機冷却海水ポンプ位置の評価水位の算定を適切に行うため、取水路の特性に応じた手法を用いる。また、取水路の管路の形状や材質、表面の状況に応じた摩擦損失を設定する。
- b. 原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位が下降側評価水位を下回る等、水位低下に対して海水ポンプが機能保持できる設計となっていることを確認する。
- c. 引き波時に水位が実際の取水可能水位を下回る場合には、下回っている時間において、原子炉補機冷却海水ポンプの継続運転が可能な貯水量を十分確保できる設計となっていることを確認する。なお、取水路又は取水ピットが循環水系と非常用海水冷却系で併用される場合においては、循環水系運転継続等による取水量の喪失を防止できる措置が施される方針であることを確認する。

【検討結果】

- a. 取水路の特性を考慮した原子炉補機冷却海水ポンプ取水性の評価水位

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原子炉補機冷却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流の連続式及び運動方程式を用いて管路解析を実施した。その際、取水口から取水ピットポンプ室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摩擦係数を考慮するとともに、貝付着やスクリーン損失及び防波堤の有無を考慮し、潮位のばらつきも考慮した。

追而

(評価水位については、入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

図 2.5-1 に取水ピットポンプ室内における基準津波による水位時刻歴波形 (水位下降側) を示す。

追而

(入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

図 2.5-1 3号炉取水ピットポンプ室における基準津波による水位時刻歴波形 (水位下降側)

b. 原子炉補機冷却海水ポンプ取水性

水理試験により確認した原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位は T. P. [] m であるため、取水可能水位を下回る時間においても、原子炉補機冷却海水ポンプの継続運転が十分可能なよう、取水口前面に海水を貯水する対策として貯留堰を設置し、取水性を確保する設計とする。原子炉補機冷却海水ポンプの定格流量と取水可能水位を表 2.5-1 に示す。水理試験については添付資料 9 参照。

表 2.5-1 海水系ポンプの区分、定格流量と取水可能水位

	区分	定格流量 (m ³ /h/台)	取水可能水位 (m)
原子炉補機冷却海水ポンプ	非常用	1,700	T. P. [] ^{*1}
循環水ポンプ	常用	114,000	T. P. -6.75 ^{*2}
海水取水ポンプ	常用	440	T. P. -3.11 ^{*2}

※ 1 : 水理試験にて確認した原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能限界水位

※ 2 : 吸込口下端高さ

[] 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

c. 冷却に必要な海水の確保

泊3号炉の取水口には、貯留堰を設置しており、貯留堰高さを下回る引き波が発生した場合でも、取水槽内に冷却水が貯留される構造となっている(図2.5-2)。

基準津波による3号炉取水口前面における水位時刻歴波形から、貯留堰の天端高さ T.P. -4.0m を下回る時間は、保守的に評価した場合でも最大で**分(地殻変動量+*.**m を考慮済)である。また、貯留堰の天端高さを下回る時間については、保守的な評価となるよう、引き波時における貯留堰天端高さを超える一時的な水位上昇による水位回復を見込まず、貯留堰天端高さを下回る時間を継続時間で評価する。この継続時間は最大**分である(図2.5-3)。

貯留堰高さを下回る引き波が発生した場合、常用海水ポンプである海水取水ポンプについては、取水可能水位を下回っているため、貯留水量に影響はない。また、もう一方の常用海水ポンプである循環水ポンプについては、気象庁から発信される大津波警報をもとに運転員が手動で停止する手順とすることとしている。なお、手動停止前に所定の設定値まで取水ピットスクリーン室水位が低下した場合は、循環水系統の設備保護の観点から自動で循環水ポンプが停止するインターロックとなっている(津波発生時のプラント運用については、添付資料20参照)。

したがって、貯留堰高さを下回る引き波が発生した場合は、手動停止操作又はトリップインターロック動作により貯留堰高さ(T.P. -4.0m)到達前に循環水ポンプは停止しているが、遊転時間分(トリップからポンプ停止までの時間)、循環水ポンプ2台が定格流量で取水するものと仮定した上で、非常用海水ポンプである原子炉補機冷却海水ポンプが継続して取水可能かを評価した。

(a) 取水槽内に貯留される水量：6,900m³・・・①

貯留堰高さ T.P. -4.0m から原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位 T.P. までの空間容量(添付資料10)

(b) 循環水ポンプが停止するまでに取水する水量：3,800m³・・・②

114,000m³/h ÷ 3,600 × 60 秒 × 2 台 = 3,800m³

(c) 原子炉補機冷却海水ポンプの取水に使用可能な水量：3,100m³・・・③

① - ② = 6,900m³ - 3,800m³ = 3,100m³

(d) 原子炉補機冷却海水ポンプの取水容量：6,800m³/h・・・④

1,700m³/h × 4 台 = 6,800m³/h

(e) 原子炉補機冷却海水ポンプ運転可能時間：約27分

③ ÷ ④ = 3,100m³ ÷ 6,800m³/h = 0.45 時間 ≒ 27 分

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

原子炉補機冷却海水ポンプの取水量は、表 2.5-2 から 6,800m³/h（4 台運転時）である。一方、取水槽内に貯留される冷却水のうち、原子炉補機冷却海水ポンプの運転に使用可能な水量は 3,100m³であるため、貯留堰高さを下回る引き波が発生した場合でも、約 27 分の間、同ポンプの運転継続が可能である。

すなわち、基準津波時に貯留堰高さを下回る時間、約*分 (**秒) に対し

追而

(貯留堰高さを下回る時間との比較結果については、
入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

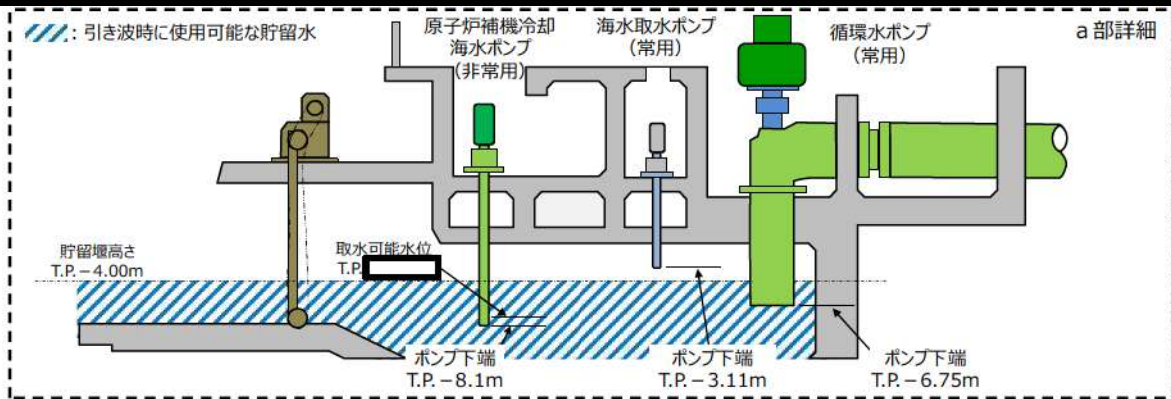


図 2.5-2 取水設備構造概要 (断面図)

表 2.5-2 原子炉補機冷却海水ポンプの取水量

	運転台数	流 量 (m ³ /h)	必要取水量 (m ³ /h)
原子炉補機冷却海水ポンプ	2 台 × 2 系統 [※]	6,800	6,800

※ 最大運転台数を考慮

追而
(入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

図 2.5-3 3号炉取水口前面 における水位時刻歴波形

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(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

【規制基準における要求事項等】

基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積が適切に評価されていること。

基準津波に伴う取水口付近の漂流物が適切に評価されていること。

非常用海水冷却系については、次に示す方針を満足すること。

- ・基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積，陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であること。
- ・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海水ポンプが機能保持できる設計であること。

【検討方針】

基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積や漂流物を適切に評価する。その上で、非常用海水冷却系について、基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積，陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であること，浮遊砂等の混入に対して非常用海水冷却系の海水ポンプである原子炉補機冷却海水ポンプが機能保持できる設計であることを確認する。

具体的には、以下のとおり確認する。

- a. 遡上解析結果における取水口付近の砂の堆積状況に基づき，砂の堆積高さが取水口下端に到達しないことを確認する。取水口下端に到達する場合は，取水口及び取水路が閉塞する可能性を安全側に検討し，閉塞しないことを確認する。
- b. 原子炉補機冷却海水ポンプ吸い込み口位置に浮遊砂が堆積し，吸い込み口を塞がないよう，浮遊砂の堆積厚に対して，取水ピットポンプ室床面から原子炉補機冷却海水ポンプ吸い込み口下端まで十分な高さがあることを確認する。
- c. 浮遊砂が混入する可能性を考慮し，原子炉補機冷却海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して軸固着しにくいものであることを確認する。
- d. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については，遡上解析結果における岩内港湾等を含めた発電所周辺，発電所取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波・引き波の方向，速度の変化を分析した上で，漂流物の可能性を検討し，漂流物により取水口が閉塞しないことを確認する。また，スクリーン自体が漂流物となる可能性が無いか確認する。

【検討結果】

a. 砂移動・堆積に対する通水性確保

3号炉取水口は、取水口底版高さが T.P. -8.0m であり、取水口前の海底面高さ T.P. -10.0m より約 2m 高い位置にある。

取水路は、高さ約 4.2m、幅約 4.2m の2連水路構造であり、取水路の呑み口高さは約 4.2m である。

追而

(砂移動・堆積による通水性評価については、
砂移動の解析結果を踏まえて記載する)

なお、基準津波による砂の移動・堆積の数値シミュレーションによる評価は添付資料 12 及び「泊発電所 3号炉 津波評価について」(参考資料 1) において説明する。また、砂の移動・堆積の数値シミュレーションに用いる底質土砂の密度や粒径は、泊発電所周辺海域における底質調査の結果より算定している(添付資料 13)。

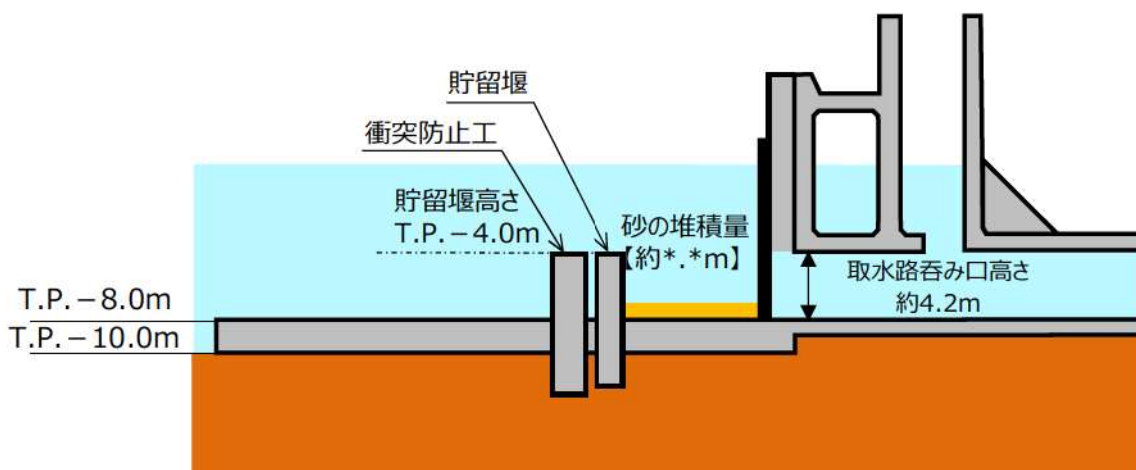


図 2.5-4 3号炉取水口における取水可能性の概念図

表 2.5-3 砂移動解析結果

基準津波	評価手法	浮遊砂濃度 上限値	3号炉取水口における 砂の堆積高さ (m)	取水路 呑み口高さ (m)
水位上昇側	<p style="text-align: center;">追而 (砂移動解析結果を踏まえて記載する)</p>			4.2
水位下降側				

表 2.5-4 津波による砂移動数値シミュレーションの手法及び計算条件

追而
(砂移動解析結果を踏まえて記載する)



图 2.5-5 3号炉取水路断面图

b. 取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さ

取水ピットポンプ室底面は T.P. -10.6m であり，原子炉補機冷却海水ポンプ下端は T.P. -8.1m であることから，ポンプ下端は取水ピットポンプ室底面から約 2.5m 高い位置にある。

追而
 (原子炉補機冷却海水ポンプの取水性評価については，
 砂移動解析結果を踏まえて記載する)

取水ピットポンプ室における砂の堆積厚さを表 2.5-5，原子炉補機冷却海水ポンプ高さ位置を図 2.5-6 に示す。

表 2.5-5 取水ピットポンプ室の砂の堆積厚さ

基準津波	原子炉補機冷却海水ポンプ	
	砂の堆積高さ (m)	海水ポンプ室底面からポンプ下端までの高さ (m)
上昇側	追而	2.50
下降側		

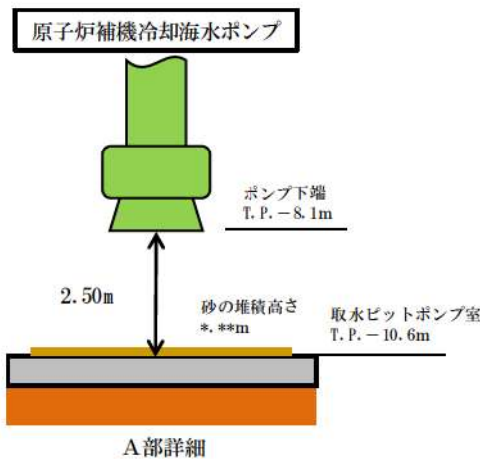
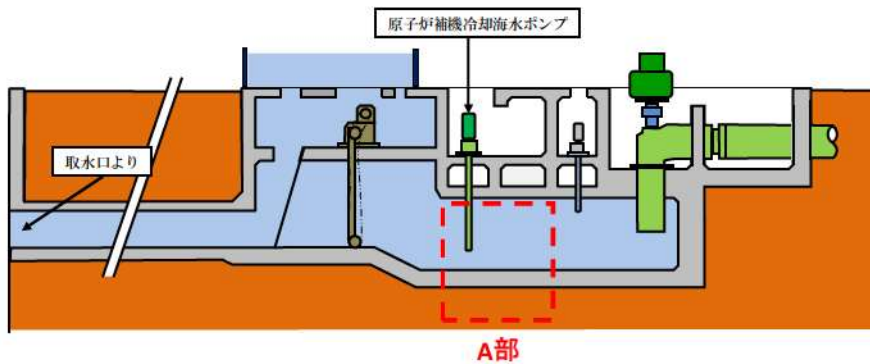


図 2.5-6 原子炉補機冷却海水ポンプ高さ位置

c. 混入した浮遊砂に対する機能保持

基準津波による浮遊砂については、スクリーン等で除去することが困難なため、原子炉補機冷却海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して軸固着することなく機能保持できる設計であることを、以下のとおり確認した。

原子炉補機冷却海水ポンプで取水した浮遊砂を含む多くの海水は揚水管内側流路を通過するが、一部の海水はポンプ軸受の潤滑水として軸受摺動面に流入する構造である（図 2.5-7）。

主軸スリーブ外径と軸受内径の差である摺動面隙間に対し、これより粒径の小さい砂が混入した場合は海水とともに摺動面を通過するか、または主軸の回転によって異物逃がし溝に導かれ連続排出される。

一方、発電所周辺の砂の平均粒径は約 0.2mm で、数ミリ以上の粒子はごく僅かであり、粒径数ミリの砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂は殆ど混入しないと考えられる（添付資料 12, 13）。

【摺動面隙間（許容最大）】

PTFE 軸受： ゴム軸受：

【異物逃がし溝】

PTFE 軸受：, ゴム軸受：

万が一、摺動面に混入したとしても回転軸の微小なずれから発生する主軸振れ回りにより、摺動面を伝って異物逃がし溝に導かれ排出されることから軸受摺動面や異物逃がし溝が閉塞することはなく、ポンプ軸固着への影響はない。

また、砂混入による軸受耐性の評価として、発電所周辺の砂が軸受に混入した場合の軸受摩耗評価を実施し、基準津波時の浮遊砂が軸受に巻き込まれたとしても、軸受摩耗量は許容隙間寸法以内であり、取水機能は維持されることを確認した。

添付資料 14 に原子炉補機冷却海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について示す。

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

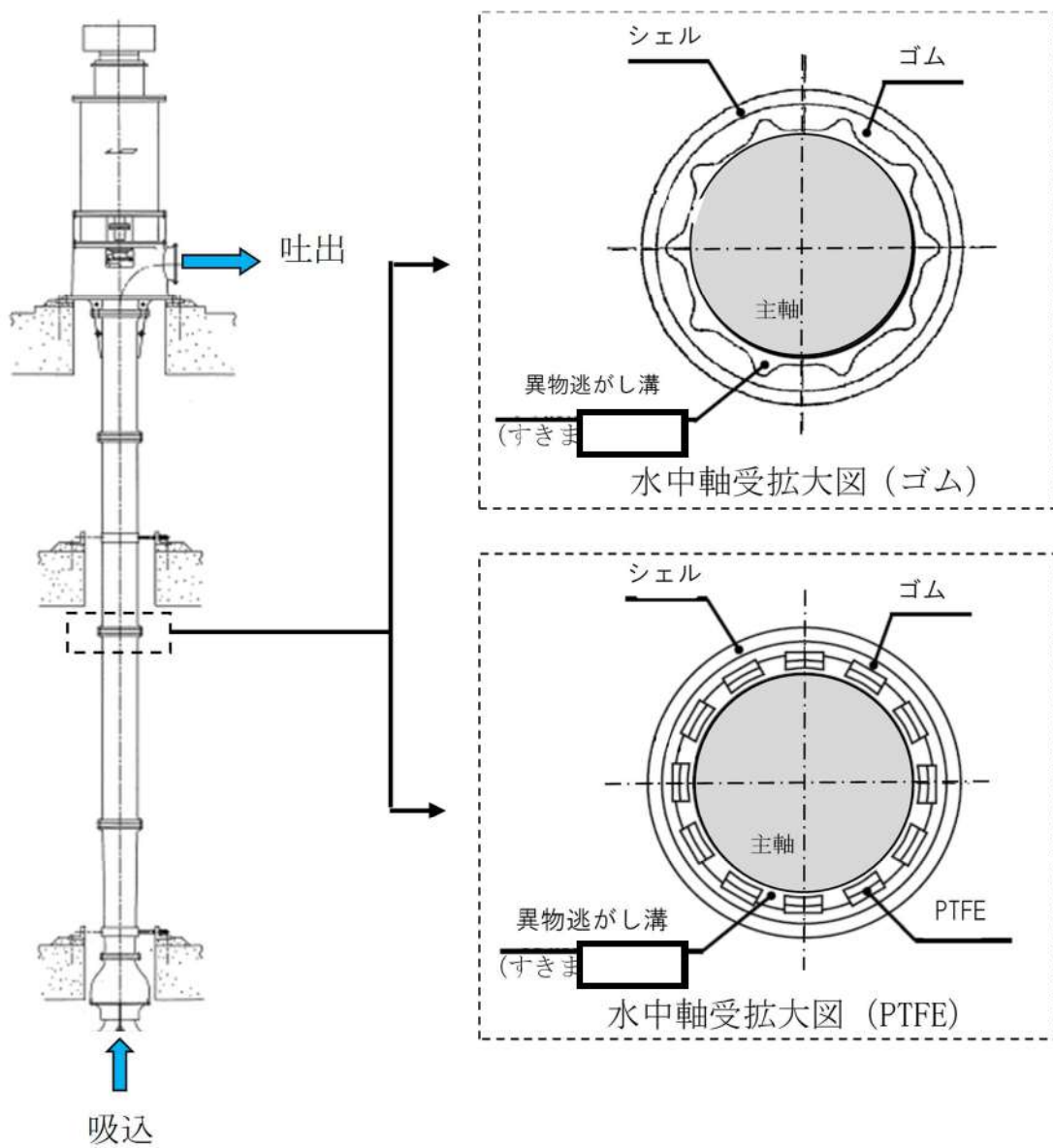


図 2.5-7 原子炉補機冷却海水ポンプ軸受構造図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

d. 混入した浮遊砂に対する取水性確保

海水系統に混入した微小の浮遊砂は、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナを通過し各熱交換器（原子炉補機冷却水冷却器，非常用ディーゼル発電機用各冷却器及び空調用冷凍機）を経て放水ピットへ排出されるが，その間の最小流路幅（各冷却器の伝熱管内径または伝熱板間隙）は [] から [] であり，発電所周辺の砂粒径約 0.2mm に対し十分大きく，閉塞の可能性はないものと考えられるため，原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能は維持できる（図 2.5-8，表 2.5-2）。

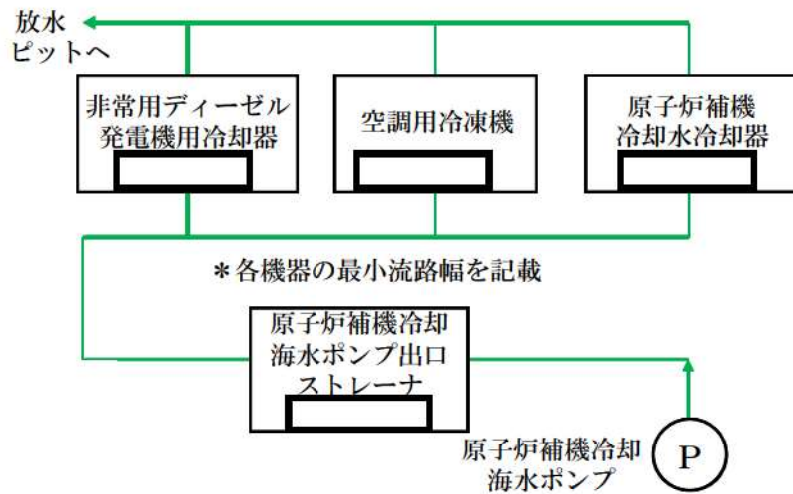


図 2.5-8 海水系統概略図

表 2.5-6 海水系統機器の最小流路幅

機器		最小流路幅*
非常用ディーゼル発電機	潤滑油冷却器	[] (伝熱管内径)
	清水冷却器	[] (伝熱管内径)
	空気冷却器	[] (伝熱管内径)
空調用冷凍機		[] (伝熱管内径)
原子炉補機冷却水冷却器		[] (伝熱板間隙)

※ 砂による閉塞の可能性を評価するため，各機器の最小流路幅である伝熱管内径又は伝熱板間隙を記載

[] 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

なお、原子炉補機冷却水冷却器については、他の熱交換器（多管式熱交換器：図 2.5-9）と異なるプレート式熱交換器（図 2.5-10）である。

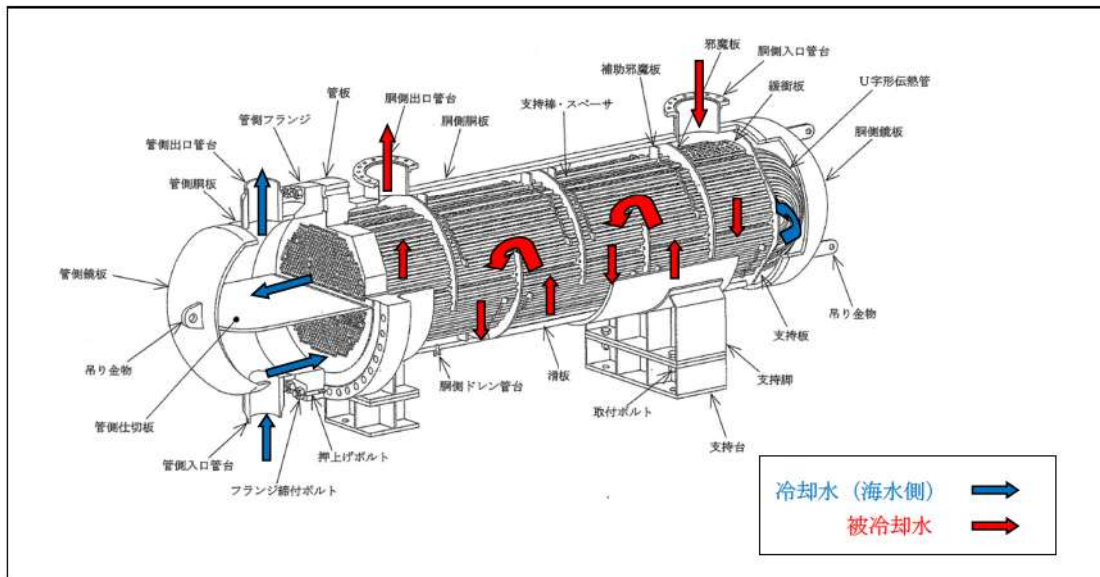


図 2.5-9 多管式熱交換器（U字管式）

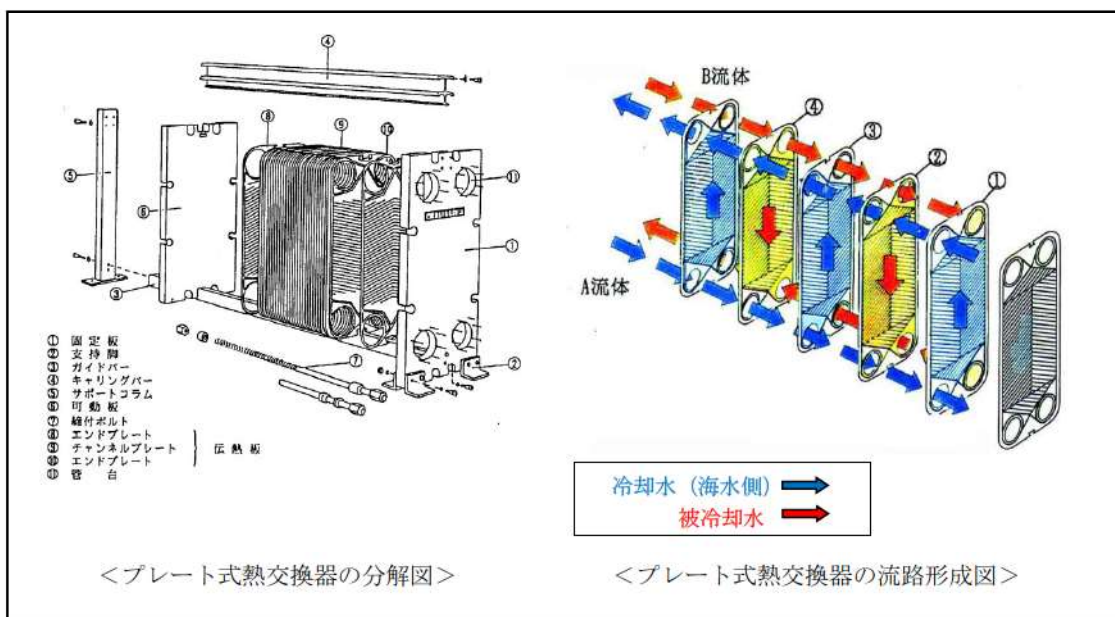


図 2.5-10 プレート式熱交換器

このため、プレート式熱交換器の最小流路幅は、伝熱部を構成する波板状のプレートの間隙となるが、熱交換器の構造は、ガスケットによりシールされた各プレート間の流路を海水と原子炉補機冷却水が交互に流れるこ

とで熱交換を行うシンプルな構造となっており、砂の堆積や閉塞は生じにくい。

また、原子炉補機冷却水冷却器の海水側の系統には逆洗ラインが設けられているため、万が一砂の堆積があったとしても、逆洗操作を実施することにより堆積した砂の除去が可能である。

このため、最小流路幅が小さい原子炉補機冷却水冷却器についても、砂の混入による閉塞の可能性はないと考える。

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

【規制基準における要求事項等】

津波防護施設については、その構造に応じ、波力による浸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、越流時の耐性等にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるように設計すること。

【検討方針】

津波防護施設（防潮堤，1号及び2号炉取水路流路縮小工，3号炉取水ピットスクリーン室防水壁，3号炉放水ピット流路縮小工及び貯留堰）については、その構造に応じ、波力による浸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、越流時の耐性等にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるように設計する。

【検討結果】

津波防護施設である防潮堤，1号及び2号炉取水路流路縮小工，3号炉取水ピットスクリーン室防水壁，3号炉放水ピット流路縮小工及び貯留堰の設計においては、波力による浸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。）に対して、基準津波による遡上波が直接到達，流入することを防止できるように防潮堤を設置する。また、海と接続する取水路，放水路から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。）への流入を防止するため、3号炉では、3号炉放水ピットに流路縮小工を設置し、流入経路となる可能性のある取水ピットスクリーン室上部開口部に対して防水壁を設置する。また、1号炉及び2号炉では、取水路内に流路縮小工を設置する。引き波時において、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保し、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプの機能を保持するため、3号炉取水口に貯留堰を設置する。

防潮堤，1号及び2号炉取水路流路縮小工，3号炉取水ピットスクリーン室防水壁，3号炉放水ピット流路縮小工及び貯留堰は、津波荷重や地震荷重等に対して、津波防護機能が十分保持できるように設計する。

防潮堤，1号及び2号炉取水路流路縮小工，3号炉取水ピットスクリーン室防水壁，3号炉放水ピット流路縮小工及び貯留堰の配置図を図4.1-1に示す。



図 4.1-1 防潮堤・1号及び2号炉取水路流路縮小工・3号炉取水ピットスクリーン
室防水壁・3号炉放水ピット流路縮小工・貯留堰 配置図

a. 防潮堤

(1) 構造

防潮堤は、敷地前面に設置するものであり、セメント改良土及び置換コンクリートによる堤体構造である。平面図を図 4.1-2 に示す。

セメント改良土及び置換コンクリートは岩盤に支持させる構造とし、防潮堤の幅は、すべり安定性を確保できるように設定する。

防潮堤の正面図を図 4.1-3 に、断面図を図 4.1-4 に示す。

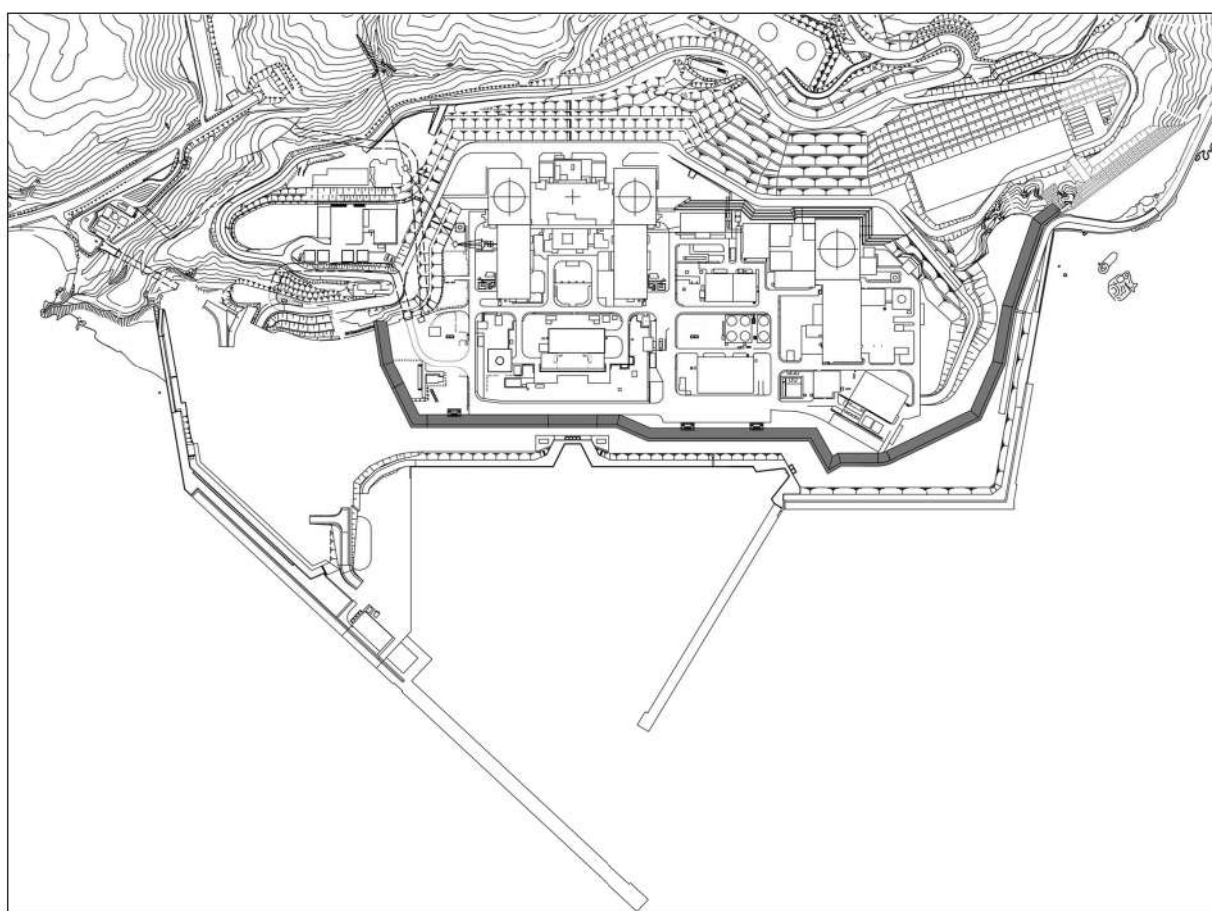


図 4.1-2 防潮堤 平面図

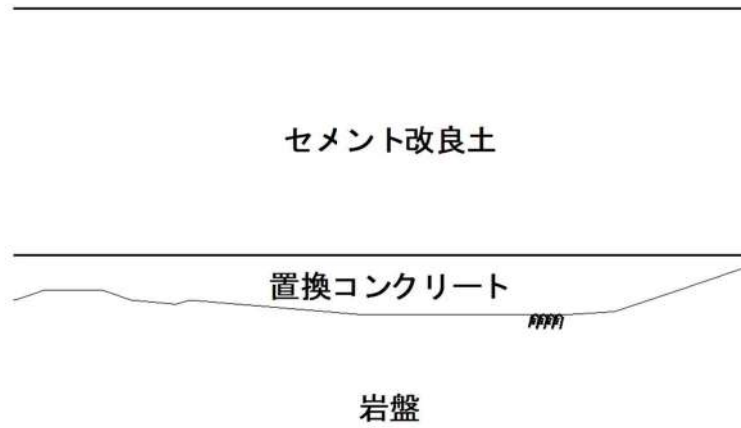


図 4.1-3 防潮堤 正面図

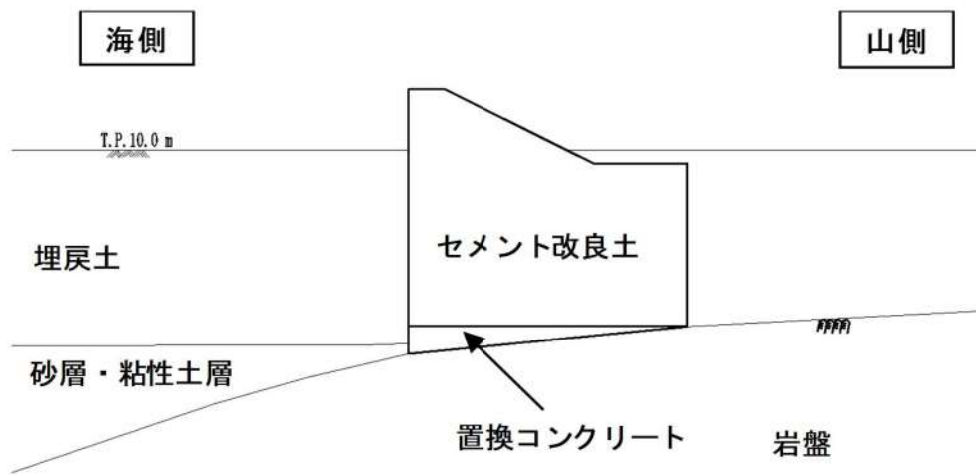


図 4.1-4 防潮堤 断面図

(2) 荷重組合せ

防潮堤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、漂流物衝突荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。なお、津波荷重については添付資料 22 に、衝突荷重については添付資料 23 に示す。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重
- ④常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料 21 参照）。

(3) 荷重の設定

防潮堤の設計において考慮する荷重は以下のように設定する。

①常時荷重

自重等を考慮する。

②地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

③津波荷重

防潮堤前面での遡上津波高さを適切に考慮する。

④漂流物衝突荷重

対象とする漂流物を定義し、漂流物の衝突力を漂流物衝突荷重として設定する。

⑤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_{d1} 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 24 に示す。

(4) 許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として、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、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、構成する部材が弾性域内に収まることを基本として、津波防護機能を保持していることを確認する。止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

b. 防水壁

(1) 構造

防水壁は、3号炉取水ピットスクリーン室上端等に設置し、3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部高さ T.P. +10.3m を超える津波が来襲した場合に、津波が敷地へ流入することを防止するものであり、鋼製及びRC造の構造物である。また、防水壁には車両が進入するため、人力で確実に開閉可能な鋼製の水密扉を設置する。

防水壁の概要を表 4.1-1 に示す。また、防水壁の配置を平面及び断面を図 4.1-5～7 に示す。

表 4.1-1 防水壁の概要

	設置位置	防水壁高さ
防水壁 (津波防護施設)	3号炉取水 ピットスクリーン室	追而 (入力津波の解析結果を 踏まえて記載する)

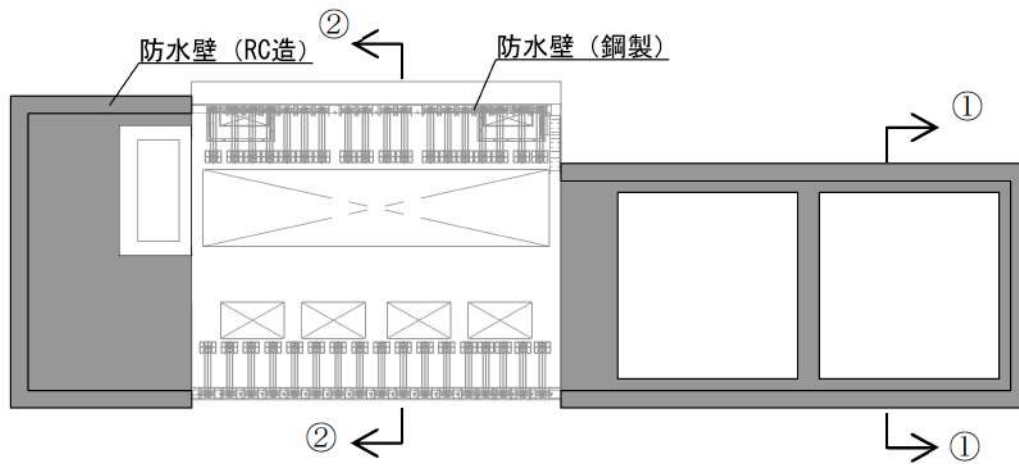


図 4.1-5 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 平面図

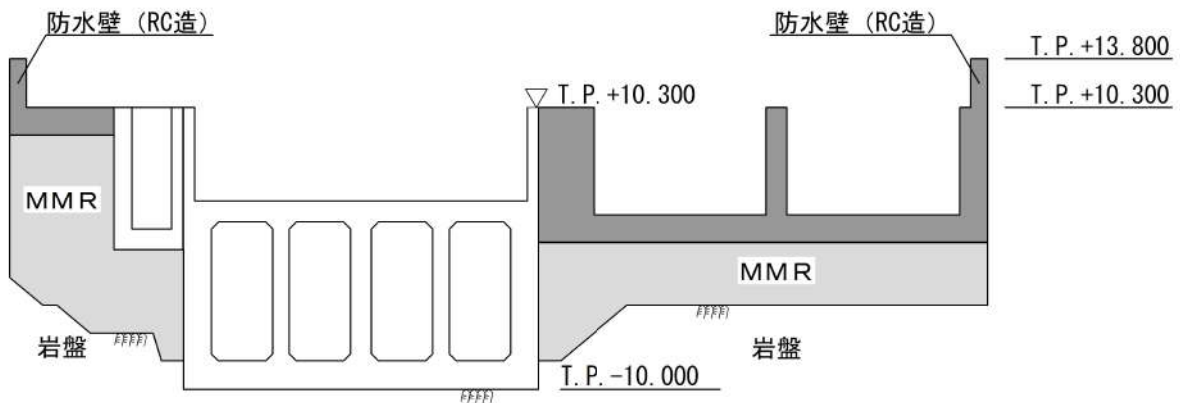
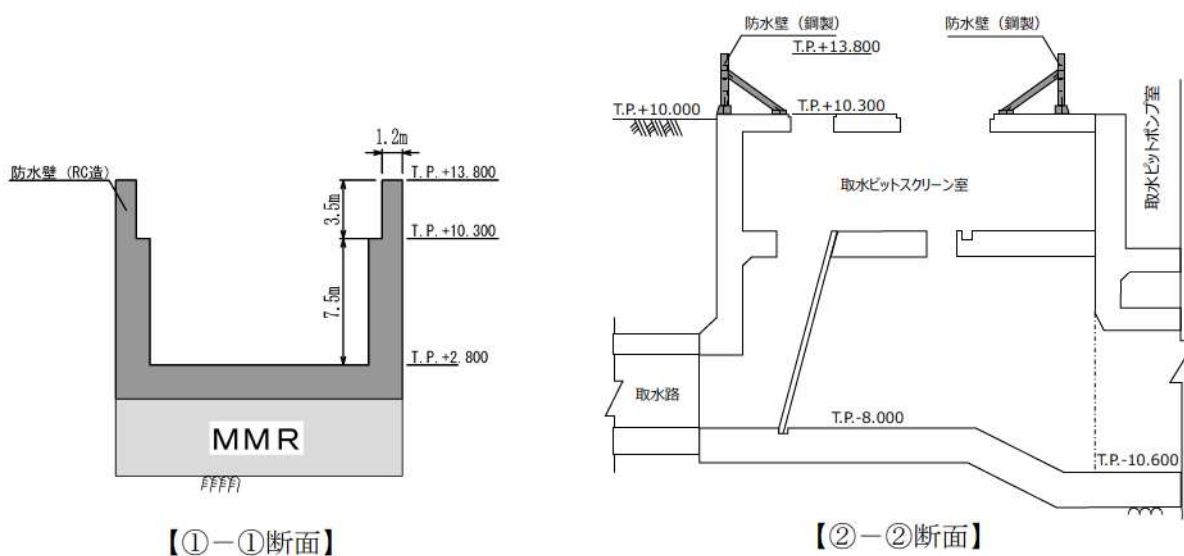


図 4.1-6 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 断面図



【①-①断面】

【②-②断面】

図 4.1-7 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁 構造概要図

(2) 荷重の組合せ

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料 21 参照）。

(3) 荷重の設定

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設計において考慮する荷重は以下のように設定する。

①常時荷重

自重等を考慮する。

②地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

③津波荷重

溢水発生時の静水圧及び地震時動水圧を考慮する。

④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_{d1} 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 24 に示す。

(4) 許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として、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、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、構成する部材が弾性域内に収まることを基本として、津波防護機能を保持していることを確認する。止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

c. 1号及び2号炉取水路流路縮小工

(1) 構造

1号及び2号炉取水路流路縮小工は、津波が1号及び2号炉の取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するため、取水路内に設置する構造物であり、それぞれの流路を鋼製部材により縮小するものである。

1号及び2号炉取水路流路縮小工の構造例を図4.1-8に示す。1号炉及び2号炉取水路流路縮小工は、津波荷重や地震荷重に対して津波防護機能が十分に保持できるように設計する。

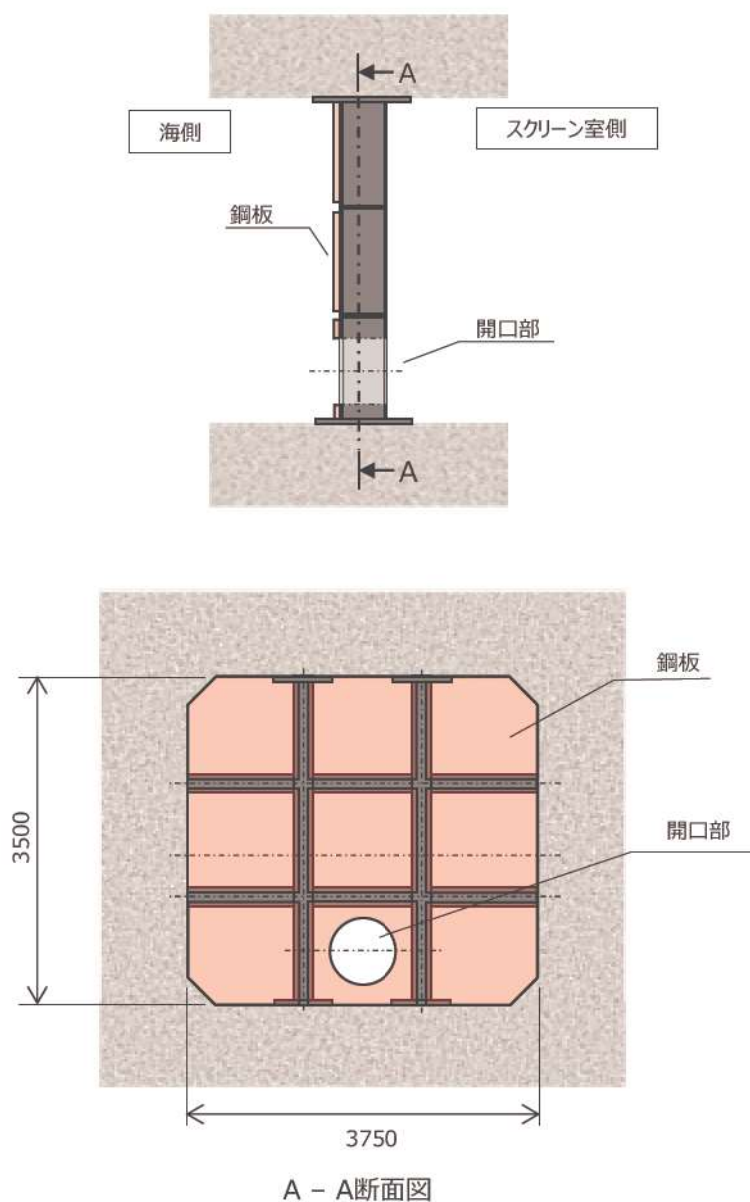


図 4.1-8 1号及び2号炉取放水路流路縮小工 構造例

(2) 荷重組合せ

1号及び2号炉取放水路流路縮小工の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、1号及び2号炉取放水路流路縮小工は水中に設置することから、その他自然現象の影響が及ばないため、その他自然現象による荷重との組合せは考慮しない（添付資料21参照）。

(3) 荷重の設定

1号及び2号炉取放水路流路縮小工の設計においては以下の荷重を考慮する。

- ①常時荷重
自重等を考慮する。
- ②地震荷重
基準地震動 S_s を考慮する。
- ③津波荷重

流路縮小工位置における津波荷重を考慮する。

- ④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_{d1} 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24に示す。

(4) 許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として、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、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認し、津波防護機能を保持していることを確認する。

d. 3号炉放水ピット流路縮小工

(1) 構造

流路縮小工は、3号炉放水ピットに設置する構造物であり、放水ピットからの流路をコンクリートにより閉塞するものである。

3号炉放水ピット流路縮小工の断面図を図4.1-9に示す。

また、流路縮小工の設置により、3号炉の放水性に影響がないことを確認している（添付資料31）。

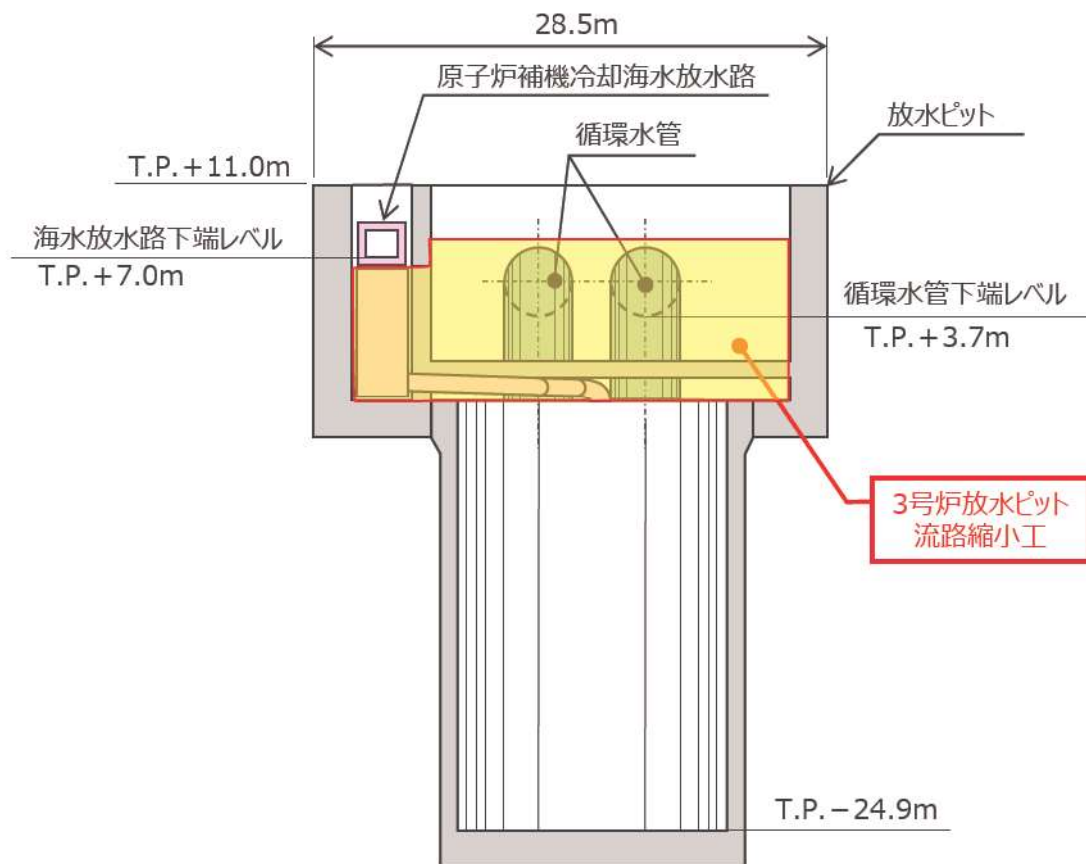


図 4.1-9 3号炉放水ピット流路縮小工 断面図

(2) 荷重組合せ

3号炉放水ピット流路縮小工の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料 21 参照）。

(3) 荷重の設定

3号炉放水ピット流路縮小工の設計においては以下の荷重を考慮する。

①常時荷重

自重等を考慮する。

②地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

③津波荷重

流路縮小工位置における津波荷重を考慮する。

④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_{d1} 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 24 に示す。

(4) 許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として、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、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、構成する部材が弾性域内に収まることを確認し、津波防護機能を保持していることを確認する。

e. 貯留堰

(1) 構造

貯留堰は、海中に設置された鋼管矢板構造の構造物である。鋼管矢板は、基礎岩盤上に根入れされており、継手部はモルタルを充填し止水性を確保する構造となっている。詳細を添付資料 26 に示す。

貯留堰の構造を図 4.1-10 に示す。

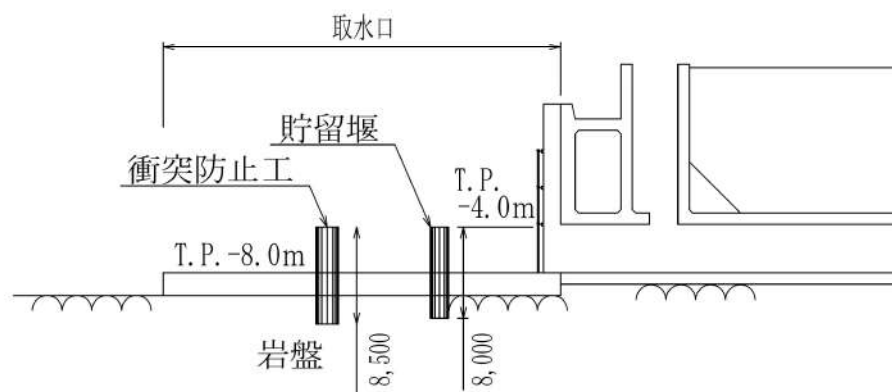


図 4.1-10 貯留堰 構造図

(2) 荷重の組合せ

貯留堰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、漂流物衝突荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

なお、津波荷重については添付資料 22 に、衝突荷重については添付資料 23 に示す。

- ①常時荷重+地震荷重
- ②常時荷重+津波荷重
- ③常時荷重+津波荷重+漂流物衝突荷重
- ④常時荷重+津波荷重+余震荷重

また、貯留堰は水中に設置することから、その他自然現象の影響が及ばないため、その他自然現象による荷重との組合せは考慮しない（添付資料 21 参照）。

(3) 荷重の設定

貯留堰の設計においては以下の荷重を考慮する。

①常時荷重

自重等を考慮する。

②地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

③津波荷重

貯留堰位置における津波の作用水圧を津波荷重として設定する。

④漂流物衝突荷重

対象とする漂流物を定義し、漂流物の衝突力を漂流物衝突荷重として設定する。

⑤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_{d1} 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 23 に示す。

(4) 許容限界

津波防護機能に対する機能保持限界として、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、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、構成する部材が弾性域内に収まることを基本として、津波防護機能を維持していることを確認する。止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

4. 2 浸水防止設備の設計

【規制基準における要求事項等】

浸水防止設備については、浸水想定範囲等における津波や浸水による荷重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よう設計すること。

【検討方針】

浸水防止設備（逆流防止設備、浸水防止蓋、ドレンライン逆止弁、水密扉、貫通部止水処置、貫通部止水蓋）については、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設計する。また、津波や浸水による荷重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よう設計する。

【検討結果】

浸水防止設備としては、「2. 設計基準対象施設の津波防護の基本方針」に示したとおり、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画に取水路、放水路等の経路から津波が流入及び漏水することがないように、1号及び2号炉の放水路、屋外排水路に逆流防止設備を、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁には水密扉及び重大事故対応における海水取水時に使用する開口部には貫通部止水蓋を設置する。また、浸水防護重点化範囲の境界にある開口部、貫通部、ドレンライン配管に対して、水密扉、浸水防止蓋、貫通部止水処置及びドレンライン逆止弁の設置等の浸水対策を実施する。

浸水防止設備の種類と設置位置を表 4.2-1 に示す。

各浸水防止設備の設計方針を以下に示す。

表 4.2-1 浸水防止設備の種類と設置位置

分類	種類	設備位置		箇所数 (参考)
外郭防護に係る 浸水防止設備	逆流防止設備	1号及び 2号炉	放水路	4
		屋外排水路		3
	浸水防止蓋	3号炉	原子炉補機冷却 海水ポンプエリア	2
	水密扉	3号炉	取水ピットスクリーン室 防水壁	2
	貫通部止水蓋	3号炉	取水ピットスクリーン室 防水壁	1
	ドレンライン 逆止弁	3号炉	原子炉補機冷却 海水ポンプエリア	2
	貫通部止水処置	3号炉	原子炉補機冷却 海水ポンプエリア (取水ピットスクリーン室側)	一式
内郭防護に係る 浸水防止設備	ドレンライン 逆止弁	3号炉	原子炉建屋と タービン建屋の境界	4※
	水密扉	3号炉	原子炉建屋及び原子炉補助建屋 と電気建屋の境界	2※
	貫通部止水処置	3号炉	原子炉補機冷却海水ポンプエリ ア(循環水ポンプエリア側)、 原子炉建屋とタービン建屋の境 界、原子炉建屋及び原子炉補助 建屋と電気建屋の境界、原子炉 補助建屋と出入管理建屋の境界	一式※

※内部溢水に対する防護設備と兼用

(1) 1号及び2号炉放水路逆流防止設備

津波が1号及び2号炉の放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する浸水防止設備として、1号及び2号炉の放水路に逆流防止設備を設置する。1号及び2号炉放水路逆流防止設備設置位置を図4.2-1に示す。

1号及び2号炉放水路逆流防止設備は、津波荷重や地震荷重等に対して、浸水防止機能が十分保持できるよう以下の方針により設計する。

a. 構造

1号及び2号炉放水路逆流防止設備は、放水路内の防潮堤水路横断部に対して設置し、構造は、鋼板、**の部材で構成され、海側からの水圧作用時の遮水性を有した設備である。1号及び2号炉放水路逆流防止設備構造例を図4.2-2、図4.2-3に示す。



図 4.2-1 1号及び2号炉放水路逆流防止設備設置位置

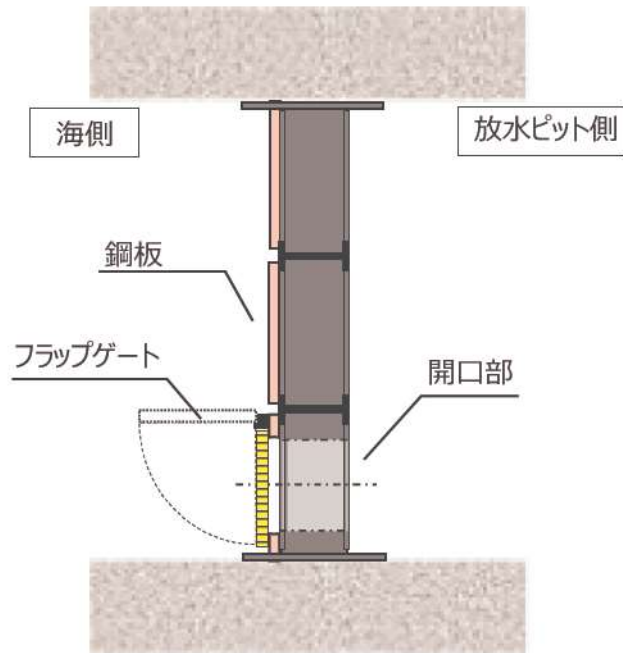


図 4.2-2 1号及び2号炉放水路逆流防止設備構造例（側面図）

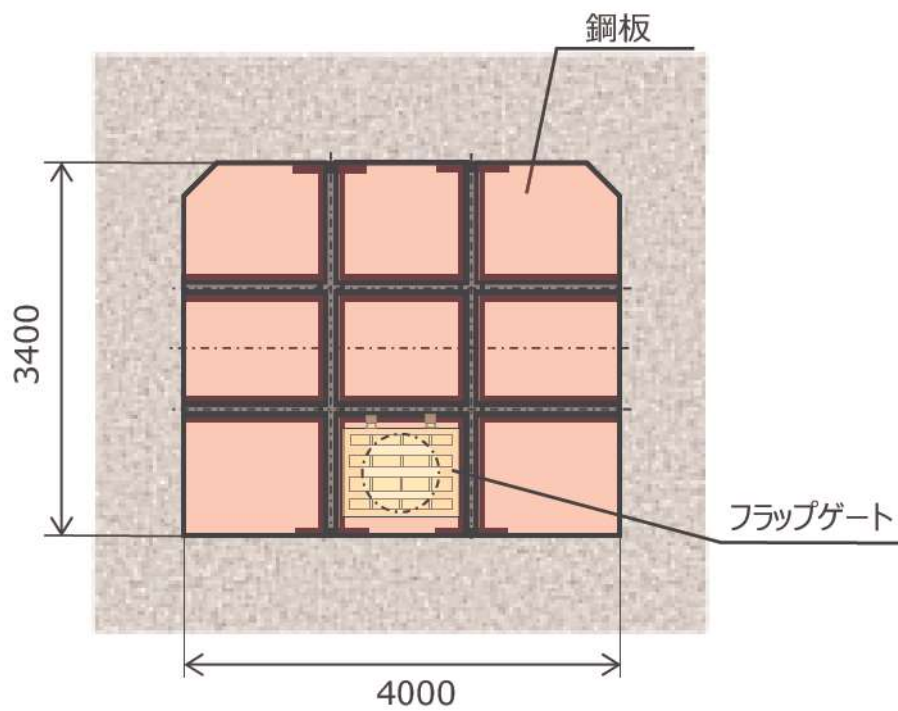


図 4.2-3 1号及び2号炉放水路逆流防止設備構造例（正面図）

b. 荷重組合せ

1号及び2号炉放水路逆流防止設備の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料 21 参照）。

c. 荷重の設定

1号及び2号炉放水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

- ①常時荷重
自重等を考慮する。
- ②地震荷重
基準地震動 S_s を考慮する。

- ③津波荷重
設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

- ④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_{d1} 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 24 に示す。

d. 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、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、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

(2) 屋外排水路逆流防止設備

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する浸水防止設備として、屋外排水路に逆流防止設備を設置する。屋外排水路逆流防止設備設置位置を図 4.2-4 に示す。屋外排水路逆流防止設備は、津波荷重や地震荷重等に対して、浸水防止機能が十分保持できるよう以下の方針により設計する。

a. 構造

屋外排水路逆流防止設備は、防潮堤を貫通する屋外排水路に対して設置されており、構造は、スキンプレート、桁等の部材で構成され、海側からの水圧作用時の遮水性を有した設備である。屋外排水路逆流防止設備構造例を図 4.2-5、図 4.2-6 に示す。



図 4.2-4 屋外排水路逆流防止設備設置位置

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

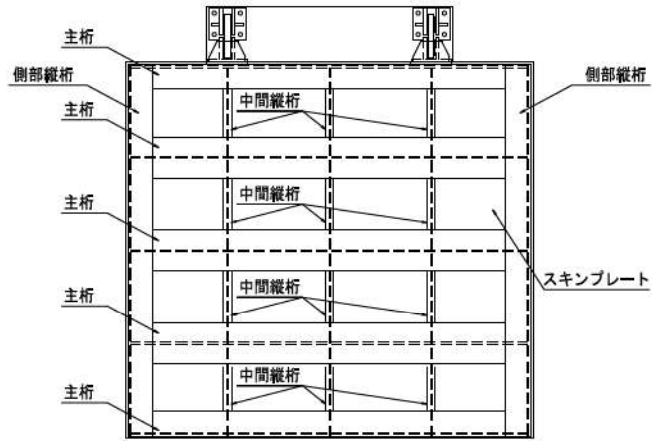


図 4.2-5 屋外排水路逆流防止設備構造例（正面図）

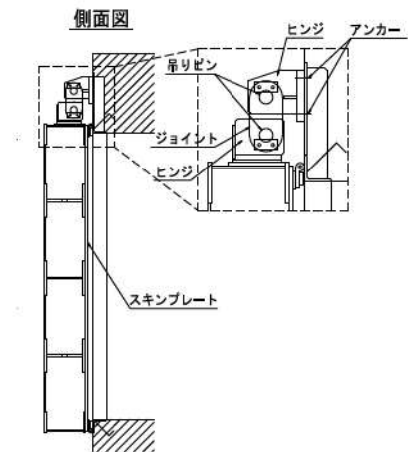


図 4.2-6 屋外排水路逆流防止設備構造例（断面図）

b. 荷重組合せ

屋外排水路逆流防止設備の設計においては、以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料 21 参照）。

c. 荷重の設定

屋外排水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は、以下のよう
に設定する。

- ①常時荷重
自重等を考慮する。
- ②地震荷重
基準地震動 S_s を考慮する。
- ③津波荷重
設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。
- ④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_{d1} 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 24 に示す。

d. 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、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、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、構成する部材が弾性域内に収まることを確認する。なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

(3) 水密扉

取水路を流入経路とした津波により浸水する区画と設計基準対象施設の津波防護対象施設を内包する建屋及び区画を接続する経路上に浸水防止設備として水密扉を設置する。設置位置は、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁である。

また、地震による海水系機器等の損傷による溢水が3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋に流入することを防止するため、浸水防護重点化範囲の境界に浸水防止設備として水密扉を設置する。水密扉設置位置を図4.2-7に示す。

水密扉は津波荷重や地震荷重等に対して、浸水防止機能が十分保持できるよう以下の方針により設計する。

なお、水密扉の運用管理については添付資料28に示す。

a. 構造

水密扉は、扉板、補強材、扉枠、カンヌキ、ヒンジ等の鋼製部材により構成し、扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体に固定する。また、扉枠にパッキンを取り付けることで浸水を防止する構造とする。構造例を図4.2-8、図4.2-9に示す。

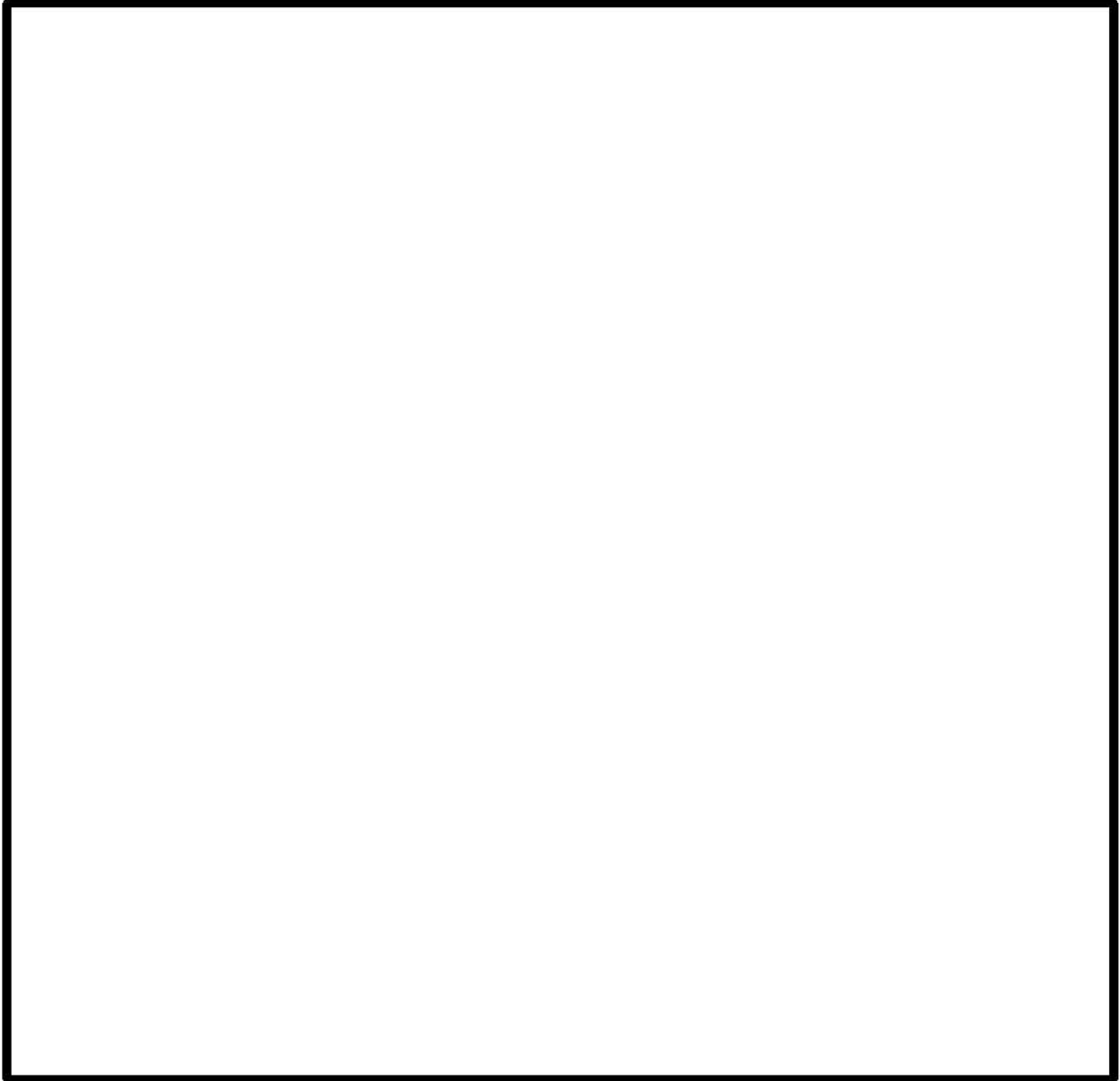



図4.2-7 水密扉設置位置図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

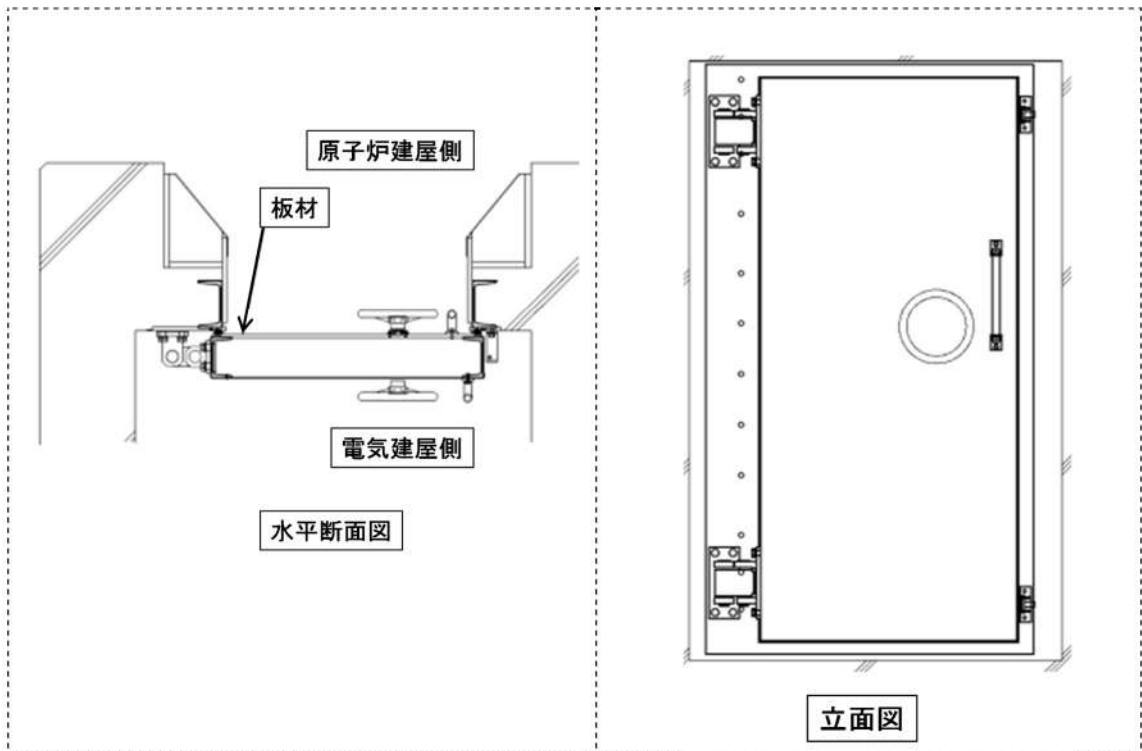


図 4. 2-8 水密扉構造例 (扉 No. 68)

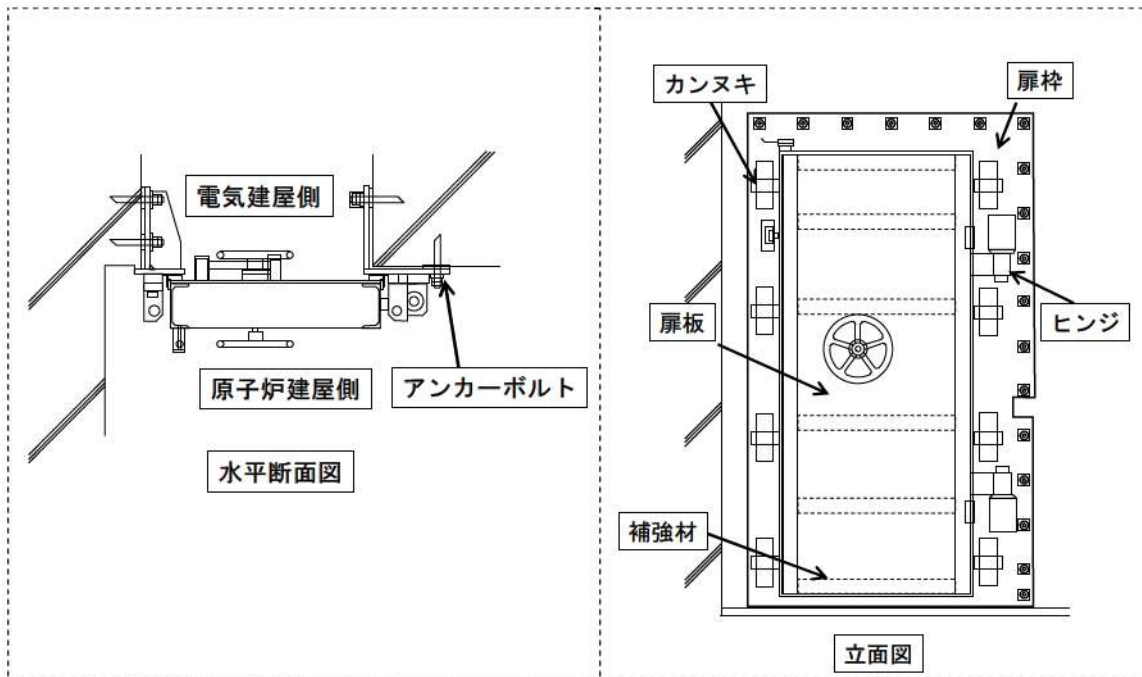


図4. 2-9 水密扉構造例 (扉No. 69)

b. 荷重組合せ

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁，3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋と電気建屋の境界，3号炉原子炉補助建屋と3号炉出入管理建屋の境界の水密扉の設計においては以下のとおり，常時荷重，津波荷重，地震荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また，設計に当たっては，地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料 21 参照）。

c. 荷重の設定

水密扉の設計において考慮する荷重は，以下のよう設定する。

- ①常時荷重
自重等を考慮する。
- ②地震荷重
基準地震動 S_s を考慮する。

- ③津波荷重
設置位置における，入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

- ④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_{d1} 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 24 に示す。

d. 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として，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，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，構成する部材が弾性域内に収まることを基本として，浸水防止機能を保持していることを確認する。

なお，止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

(4) 貫通部止水蓋

防水壁の貫通部からの津波の流入防止を目的として、防水壁の貫通部へ浸水防止設備として貫通部止水蓋を設置する。設置位置は、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の開口部である。貫通部止水蓋設置位置を図4.2-10に示す。

貫通部止水蓋は津波荷重や地震荷重等に対して、浸水防止機能が十分保持できるように以下の方針により設計する。

a. 構造

貫通部止水蓋は、**により構成し、浸水を防止する構造とする。構造例を図4.2-11に示す。

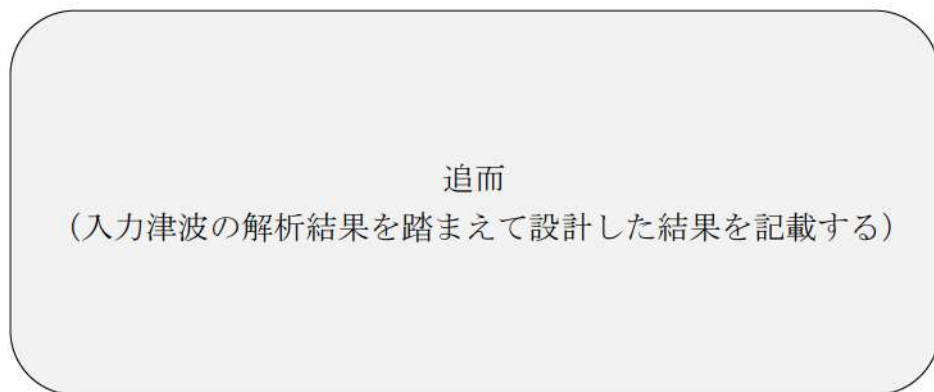


図4.2-10 貫通部止水蓋設置位置図

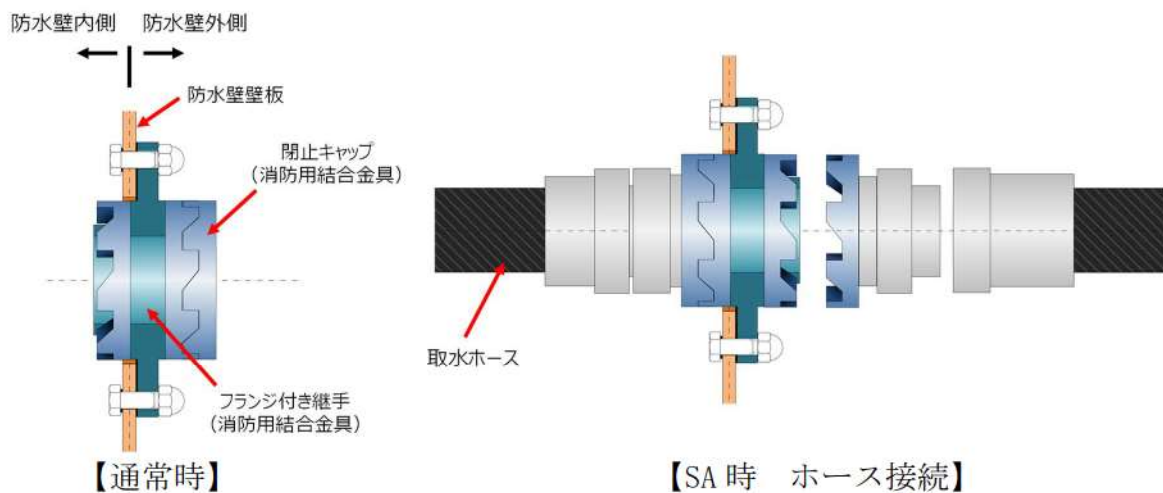


図4.2-11 貫通部止水蓋構造例

b. 荷重組合せ

貫通部止水蓋の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料 21 参照）。

c. 荷重の設定

貫通部止水蓋の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

①常時荷重

自重等を考慮する。

②地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

③津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

④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_{d1} 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 24 に示す。

d. 許容限界

浸水防止機能に対する機能保持限界として、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、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、構成する部材が弾性域内に収まることを基本として、浸水防止機能を保持していることを確認する。

なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

(5) 浸水防止蓋

取放水路を流入経路とした津波により浸水する区画と設計基準対象施設の津波防護対象施設を内包する建屋及び区画とを接続する経路の床面に浸水防止蓋を設置する。設置箇所は、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面の開口部(2箇所)である。浸水防止蓋設置位置を図4.2-12に示す。

浸水防止蓋は津波荷重や地震荷重等に対して、浸水防止機能が十分保持できるように以下の方針により設計する。

a. 構造

浸水防止蓋は、鋼製蓋とハッチ等から構成され、開口部の上部に取付ボルトにより固定される構造である。また、浸水防止蓋は、通常は閉止状態であり、定検時において原子炉補機冷却海水ポンプの点検で出入する際に開放する。浸水防止蓋構造例を図4.2-13に示す。

b. 荷重組合せ

浸水防止蓋の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重+地震荷重
- ②常時荷重+津波荷重
- ③常時荷重+津波荷重+余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する(添付資料21参照)。

c. 荷重の設定

浸水防止蓋の設計において考慮する荷重は以下のように設定する。

- ①常時荷重
自重等を考慮する。
- ②地震荷重
基準地震動 S_s を考慮する。
- ③津波荷重
設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。
- ④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_{d1} 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24に示す。

d. 許容限界

浸水防止設備に対する機能保持限界として、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、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、構成する部材が弾性域内に収まることを基本として、浸水防止機能を保持していることを確認する。

なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

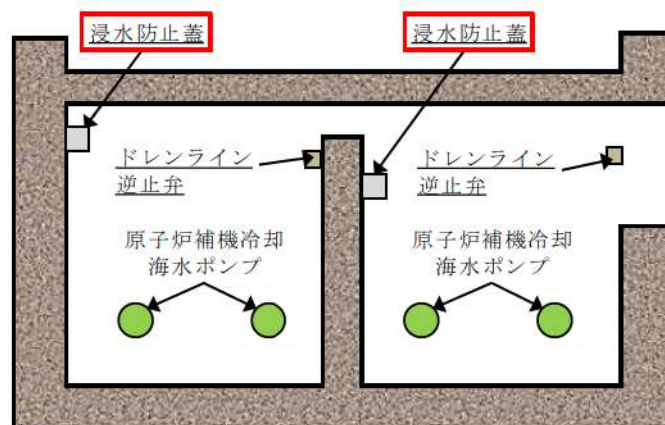
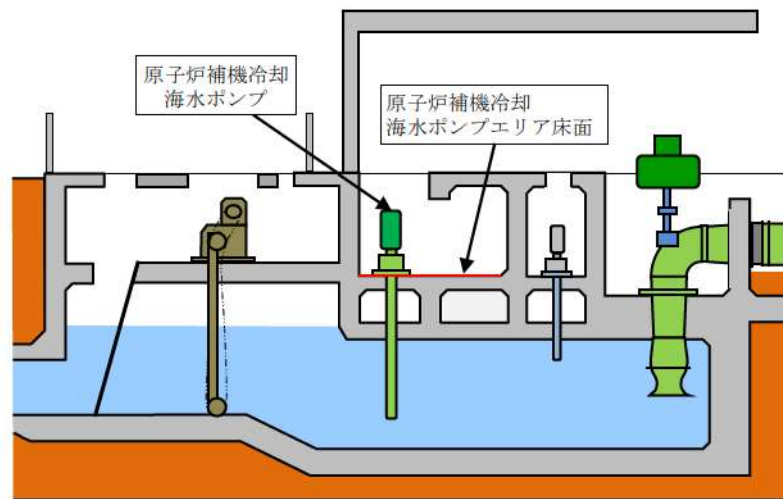
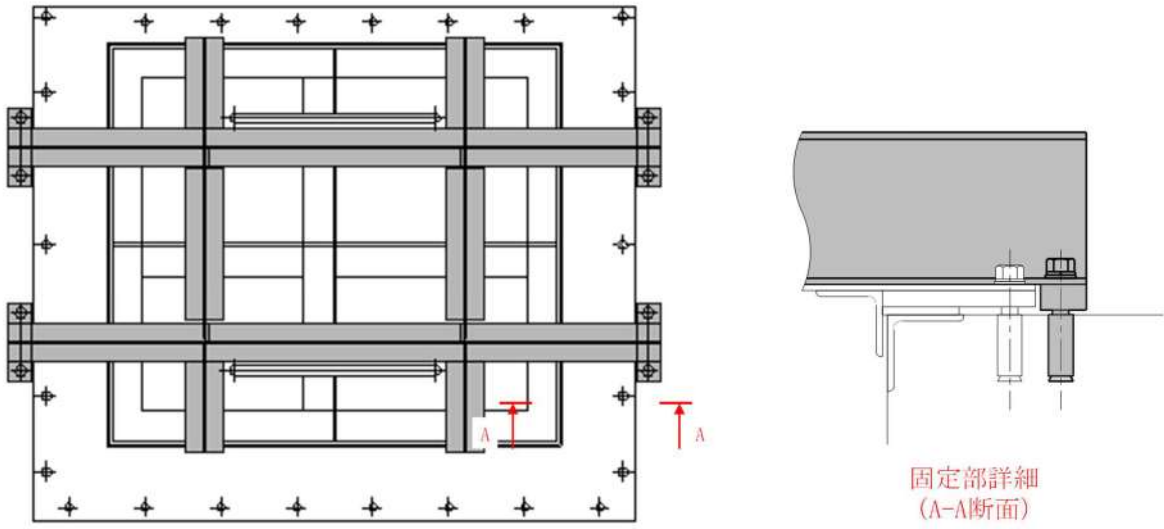


図 4.2-12 浸水防止蓋設置位置（原子炉補機冷却海水ポンプエリア）



平面図

図 4.2-13 浸水防止蓋構造例

(6) 貫通部止水処置

3号炉取水ピットスクリーン室に津波が流入した場合及び地震による3号炉循環水ポンプエリア内の循環水管等の損傷箇所を介して津波による溢水が発生した場合に、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリアに津波が流入しないように、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリアと3号炉取水ピットスクリーン室及び3号炉循環水ポンプエリアの境界に浸水防止設備として貫通部止水処置を実施する。図4.2-14に貫通部止水処置の実施箇所を示す。

また、地震による海水系機器等の損傷に伴う溢水及び損傷箇所を介しての津波による溢水が3号炉タービン建屋、電気建屋及び3号炉出入管理建屋で発生した場合に、隣接する3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋に流入することを防止するため、浸水防護重点化範囲の境界に浸水防止設備として貫通部止水処置を実施する。図4.2-15に貫通部止水処置の実施箇所を示す。

貫通部止水処置の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重＋地震荷重
- ②常時荷重＋津波荷重
- ③常時荷重＋津波荷重＋余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する（添付資料21参照）。

貫通部止水処置の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

①常時荷重

自重等を考慮する。

②地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

③津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

④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_{d1} 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24に示す。

また、上記荷重の組合せに対して、各止水構造の浸水防止機能が十分に保持できるよう、それぞれ以下の方針により設計する。

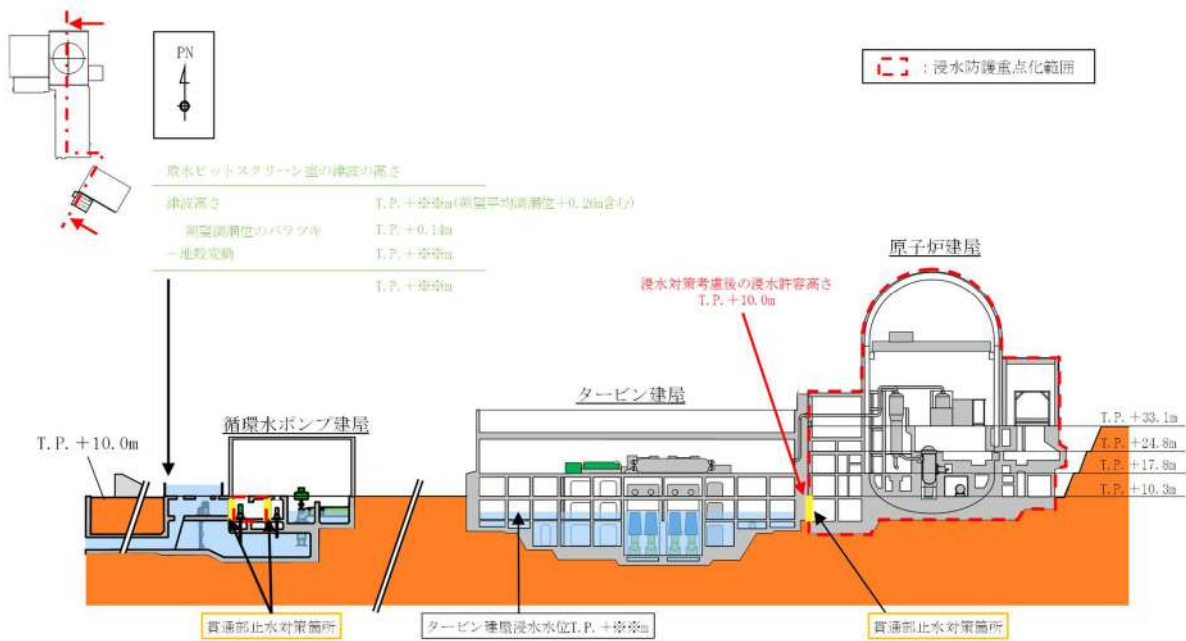


図 4.2-14 3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア及び3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋の境界の貫通部止水処置実施箇所

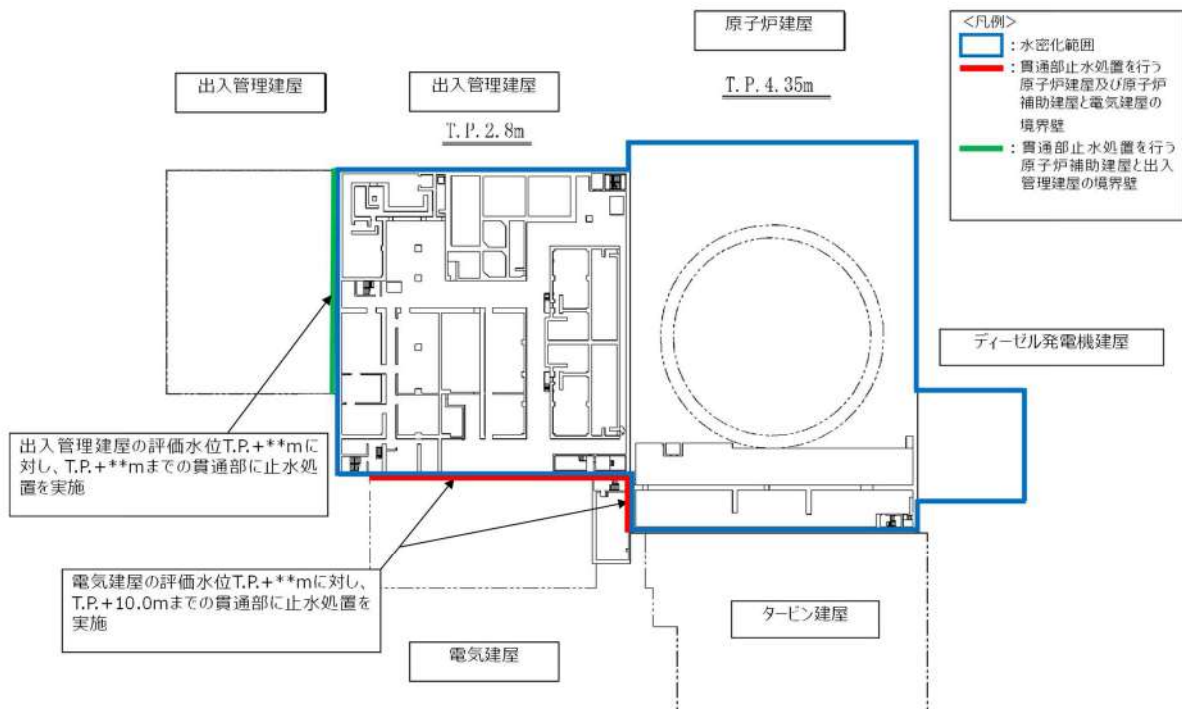


図 4.2-15 3号炉原子炉建屋及び3号炉原子炉補助建屋と電気建屋の境界の貫通部水処置実施箇所

a. 種類, 構造, 性能

貫通部の止水対策としては, シール材施工 (充てんタイプ, コーキングタイプ), ブーツラバー施工及びモルタル施工を実施することとしており, これらの止水対策が所定の耐水圧性能を有することを確認している。

表 4.2-2 貫通部シール材の種類と構造

構造	材質	備考
充てんタイプ	ウレタンゴム	DF シール、DF ブレーカ
	シリコンゴム	CT-18HH
コーキングタイプ	シリコン	シリコン
ブーツラバー	シリコン	シリコンゴム (高温配管)
モルタル	モルタル	モルタル

①シール材施工 (充てんタイプ, コーキングタイプ)

充てんタイプは貫通口と貫通物の間の隙間にウレタンゴム等を充填することにより止水する構造である。また, コーキングタイプは貫通口に鋼板の閉止板を設けて, シール材とともにボルト等にて取付けることにより止水する構造である。充てんタイプ及びコーキングタイプの耐水圧性能を表 4.2-3, 構造例を図 4.2-16 に示す。

表 4.2-3 充てんタイプ, コーキングタイプの耐水圧性能

シールの種類	材質	許容A/S (充てんタイプ)、 a/Δx (コーティングタイプ) 値	許容耐水圧
充てんタイプ	シリコンゴム	2.67 以上	20m 静水圧以上
	ウレタンゴム	2.41 以上	20m 静水圧以上
コーキングタイプ	シリコン	0.131 以上	20m 静水圧以上

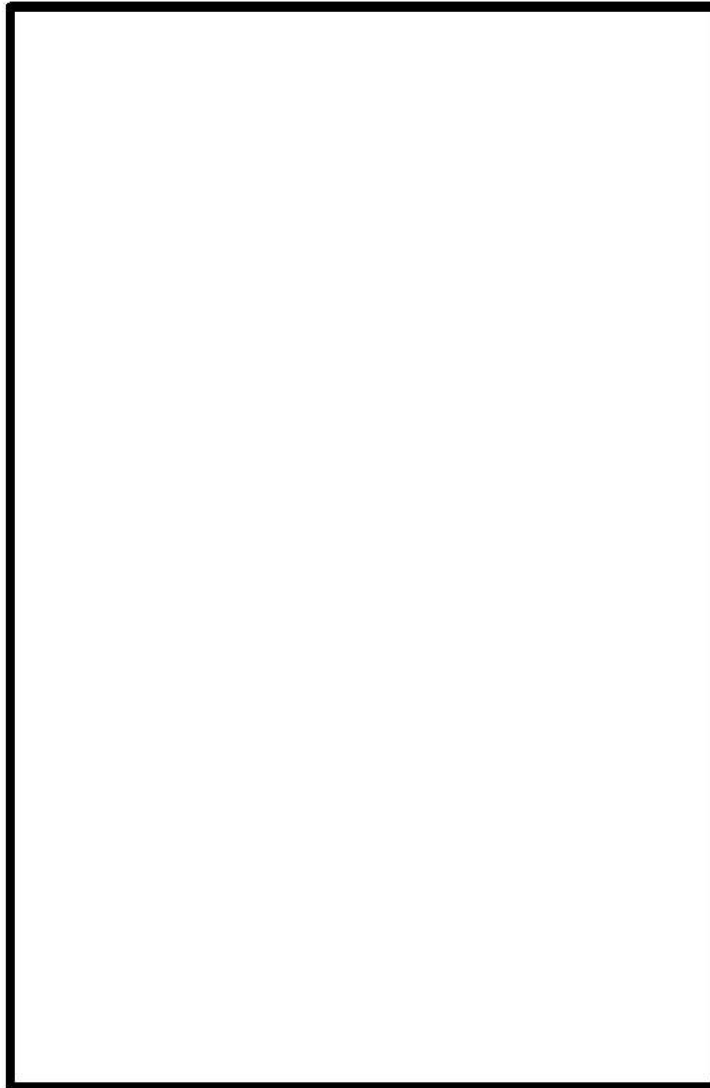


図 4.2-16 充てんタイプ，コーキングタイプの構造例

②ブーツラバー施工

ブーツラバーについては，熱変位のある高温配管（運転温度 95℃を超えるもの）に設置することとしている。ブーツラバーの耐水圧性能を表 4.2-4 構造例を図 4.2-17 に示す。

表 4.2-4 ブーツラバーの耐水圧性能

シールの種類	材質	許容耐水圧
ブーツラバー	シリコン	20m 静水圧以上


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



図 4.2-17 ブーツラバーの構造例

③モルタル材施工

モルタルは、貫通口と貫通物の間の隙間にモルタルを充填することにより止水する構造とし、充填硬化後は、貫通部内面、配管等の外面と一定の付着力によって結合される。

本構造の概要を図 4.2-18 に示す。



図 4.2-18 モルタルの構造例

b. 施工

①水密性

貫通部止水処置を実施している箇所については、直接津波波力(水平力)を受ける位置に設置されていない。このため、静的荷重(静水頭圧)に対する水密性を確保する。

耐水圧性能を確保するため、静的荷重(静水頭圧を想定)を用いた耐水圧試験を実施することにより、想定する浸水に対し、耐水圧性能を有する施工条件の確認を行い、実機施工時にはその結果を踏まえた施工を実施する。なお、ブーツラバーについては、止水性を有する材料を使用すること

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

としている。

○充てんタイプ、コーキングタイプの耐水圧試験について

図 4.2-19, 図 4.2-20 に試験モデル図, 試験装置を示す。

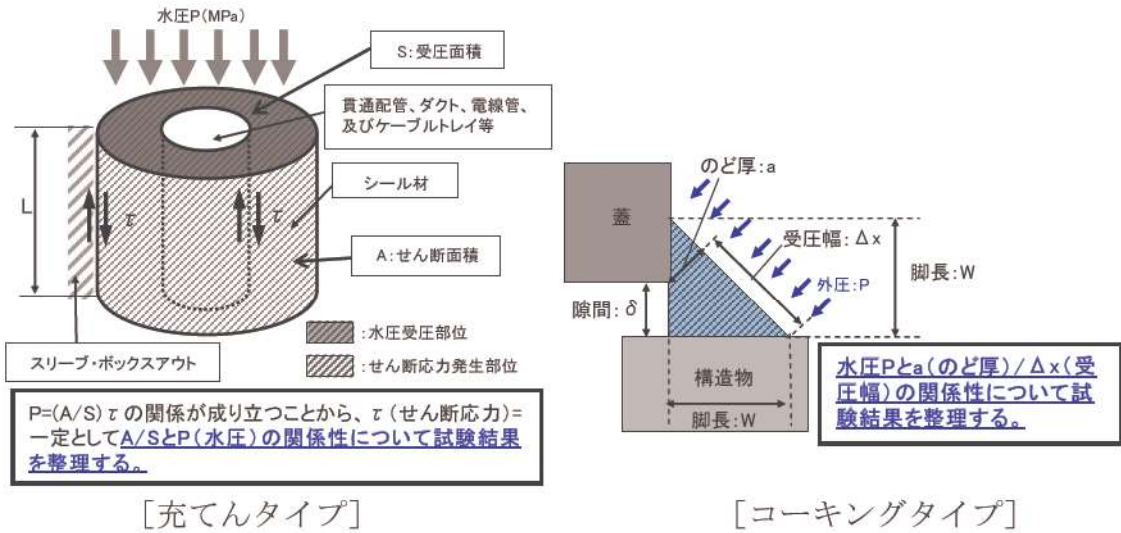


図 4.2-19 試験モデル図

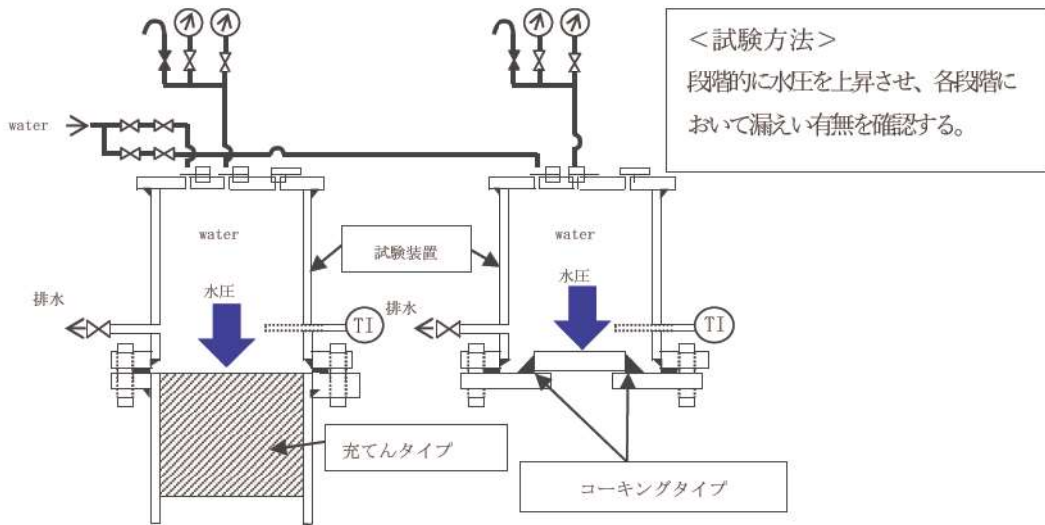


図 4.2-20 試験装置

試験にて得られた、水圧（P）と無次元化した A/S の関係性について整理を行い、試験にて耐圧性能を確認した A/S より算出した施工長さ以上となるようにシール施工を実施する（図 4.2-21）。

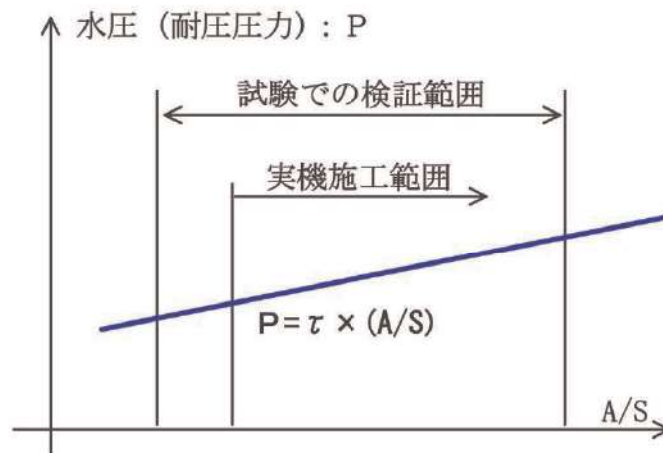


図 4.2-21 試験結果イメージ

○ブーツラバーの耐水圧試験について

伸縮性のあるシールカバーを貫通口と貫通物の隙間に設置することで、耐圧性及び水密性を確保することを基本としており、設置箇所想定される浸水に対して、浸水防止機能が保持できていることを、図 4.2-22 に示す実機を模擬した耐圧・漏水試験により確認する。

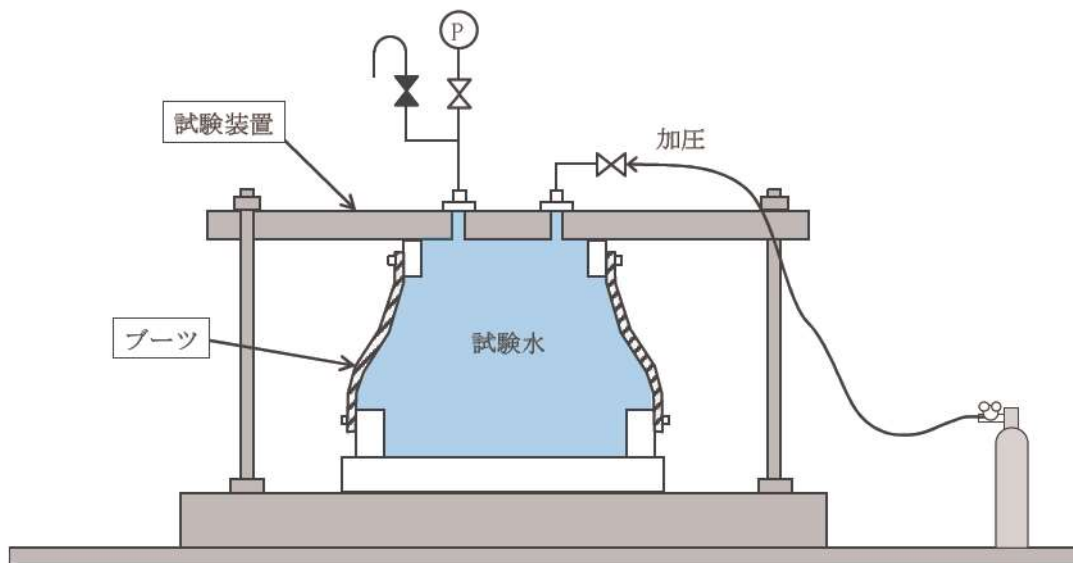


図 4.2-22 ブーツラバーの耐水圧試験概要図（内圧試験の例）

○モルタルの耐水圧性能について

貫通部の止水処置として使用するモルタルについて、性能試験等により、止水性能を確認し、以下のとおり静水圧に対し十分な耐性を有していることを確認している。

【検討条件】

モルタル付着強度は「コンクリート標準示方書（2002年制定）」による。

- ・スリーブ径：14B（355.6mm）
- ・スリーブ長さ：1,300mm
- ・配管径：10B（267.4mm）
- ・モルタル圧縮強度：30N/mm²
- ・モルタル付着強度：1N/mm²
- ・静水圧：0.1N/mm²（10m相当静水圧）

【計算結果】

①モルタル部分に作用する水圧荷重（P1）

静水圧がモルタル部分に作用したときに生じる荷重は以下のとおり。

$$P1 = 0.1\text{N/mm}^2 \times (355.62 \times \pi / 4) = 9.9\text{kN}$$

②モルタルの許容付着荷重（P2）

静水圧がモルタル部分に作用したときに、モルタルが耐える限界の付着荷重は以下のとおり。

$$P2 = 1\text{N/mm}^2 \times (\pi \times (355.6 + 267.4) \times 1,300) = 2,540\text{kN}$$

上式より、10m相当の静水圧が作用した場合においても、モルタル部分に生じる荷重9.9kNは、モルタル許容付着荷重2,540kNに比べて十分小さいため（P1<P2）、水密性能は十分に確保できる。

②耐震性

壁貫通部を通る配管等の貫通物は、図 4.2-23 のとおり、同一建屋内の支持構造物により拘束されており、地震時は建屋と配管等が連動した振動となることから、シール材への影響は軽微であり、健全性が損なわれることはないと考えている。また、モルタルは基本的に建屋壁と同等の強度を有した構造物であり、圧縮強度は高く、地震に対しては拘束点となるため、耐震性についても問題ない。

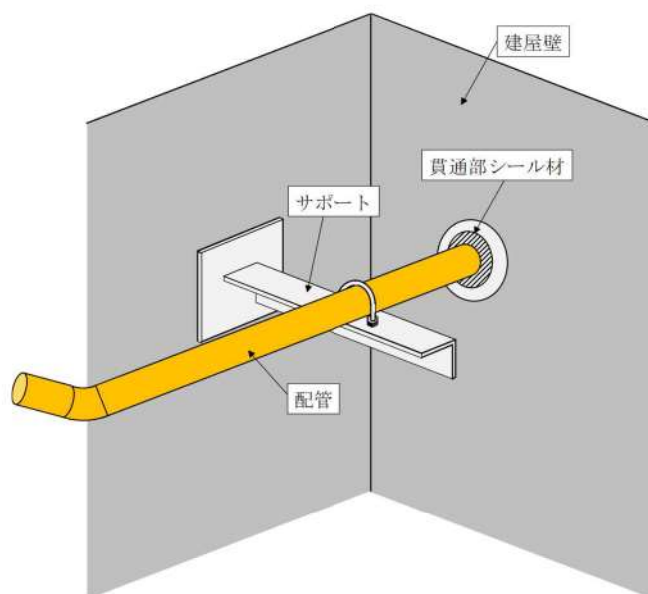


図 4.2-23 貫通部止水処置近傍のサポート設置イメージ

(7) ドレンライン逆止弁

設計基準対象施設の津波防護対象施設の設置エリアである、3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面のドレンライン配管に逆止弁が2箇所、3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋の境界壁を貫通するドレンライン配管に逆止弁が4箇所ある。(図4.2-24, 図4.2-25)

ドレンライン逆止弁の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組み合わせて設計を行う。

- ①常時荷重+地震荷重
- ②常時荷重+津波荷重
- ③常時荷重+津波荷重+余震荷重

また、設計に当たっては、地震及び津波以外の自然現象との組合せを適切に考慮する(添付資料21参照)。

ドレンライン逆止弁の設計において考慮する荷重は、以下のように設定する。

①常時荷重

自重等を考慮する。

②地震荷重

基準地震動 S_s を考慮する。

③津波荷重

設置位置における、入力津波高さに基づき算定される水圧を考慮する。

④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_{d1} 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24に示す。

また、上記荷重の組合せに対して、各止水構造の浸水防止機能が十分に保持できるよう、それぞれ以下の方針により設計する。

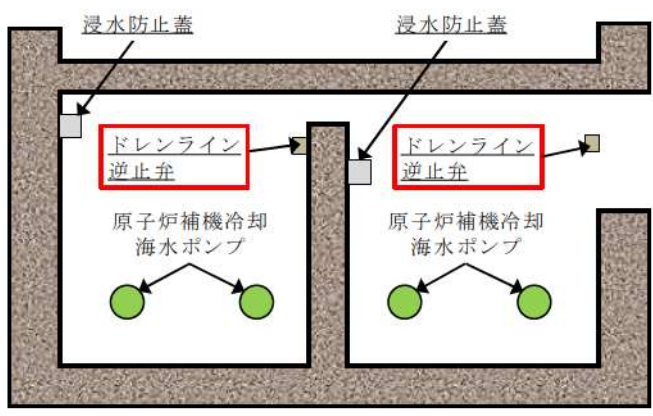
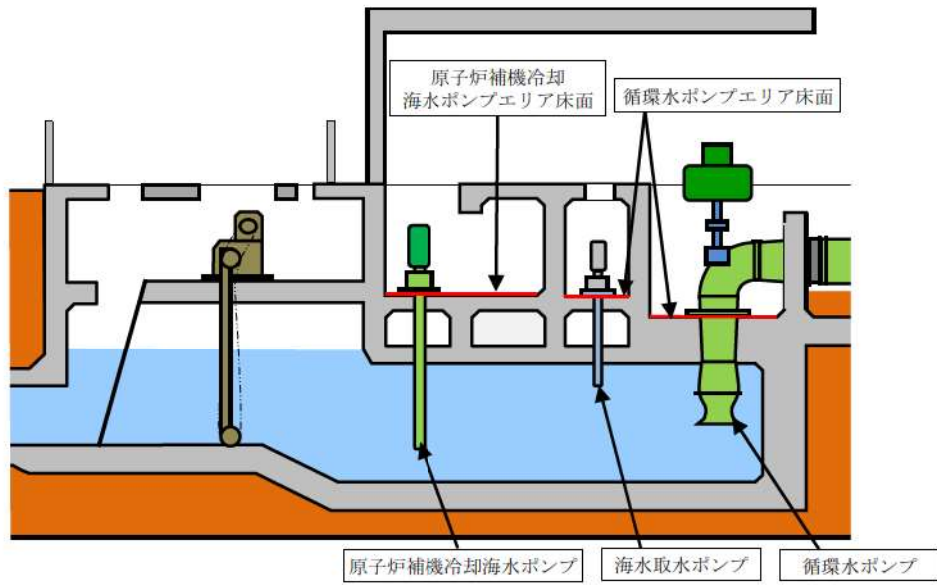


図 4.2-24 3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面に設置するドレンライン逆止弁の配置図

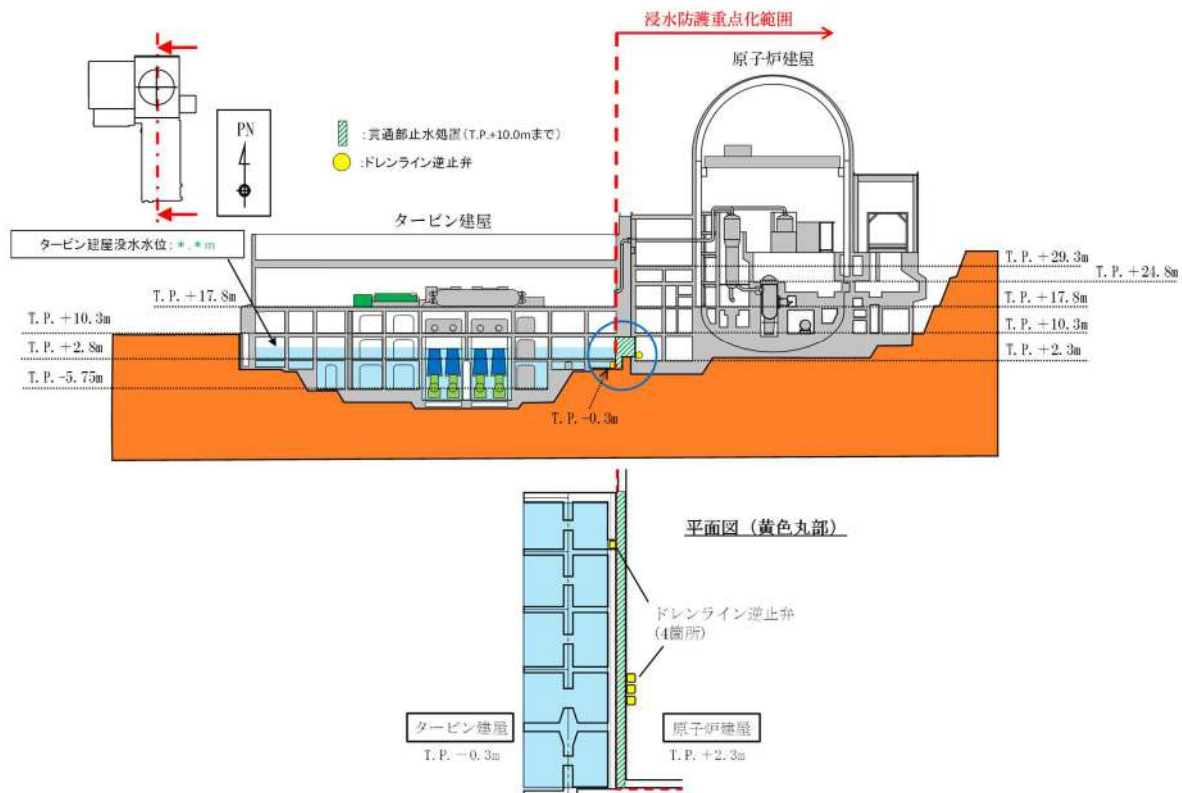


図 4.2-25 3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋の境界に設置するドレンライン逆止弁の配置図

a. 形状（寸法），材質，構造

ドレンライン逆止弁の構造例を図 4.2-26，図 4.2-27 に示す。また，ドレンライン逆止弁の仕様を表 4.2-5 に示す。

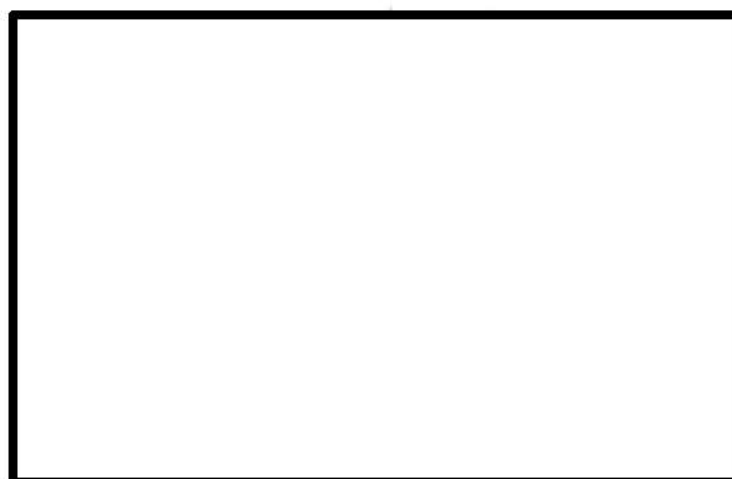


図 4.2-26 3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面に設置するドレンライン逆止弁の構造例

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



図 4.2-27 3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋の境界に設置するドレンライン逆止弁の構造例

表 4.2-5 ドレンライン逆止弁の仕様例

名称			フロート式逆止弁	
種類	—		3号炉原子炉補機冷却海水ポンプエリア床面ドレンライン逆止弁	3号炉原子炉建屋と3号炉タービン建屋の境界ドレンライン逆止弁
主要寸法	呼び径	mm	200A	80A, 100A
材料	本体	—	SUS316L	SUS303

b. 水密性

床面下部からの流入に対しては弁体が押し上げられ、弁座に密着することで漏水を防止する。なお、止水性能については耐圧・漏水試験で確認する。

c. 耐震性

基準地震動 S_s に対して、浸水防止機能が保持できることを評価または加震試験により確認する。

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

管路解析の詳細について

1. はじめに

海洋から取水路及び放水路を経て各評価地点までの水路の水理特性を考慮した管路計算を基準津波●を入力波形として解析を実施した。

2. 管路解析に基づく評価

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

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

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

解析モデルについて、管路は管路延長・管路勾配・管径を考慮したモデル化とし、各管路モデルで摩擦による損失を考慮する。摩擦損失以外の損失は次頁以降の解析モデルに示す各節点において考慮する。また、立坑部等は、面積を鉛直方向の分布に応じて考慮し、次頁以降の解析モデル図に示す池としてモデル化を行うこととする。管路解析モデルを図 3、モデル設定の考え方を表 3 に示す。

管路解析は、取・放水口における水位の時刻歴波形を入力条件、取・放水ピットにおけるポンプ取・放水量を境界条件として実施する。

表 4、5 及び図 4～8 に管路解析モデルに用いた各損失を示す。また、表 6 に各取放水施設の損失水頭表の整理結果、図 9 に損失水頭発生位置を示す。

水位上昇側の評価結果を表 6 に、水位下降側の評価結果を表 8 に示す。また、基準津波の各評価地点の最大の時刻歴波形をそれぞれ図 10 及び図 11 に示す。

表 1 条件設定

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

表 2 管路解析における計算条件

項目	計算条件
計算領域	【取水施設】 1, 2号炉 取水口～取水路～取水ピット※ ¹ 3号炉 取水口～取水路～取水ピット 【放水施設】 1, 2号炉 放水口～放水路～放水ピット※ ² 3号炉 放水口～放水路～放水ピット～一次系放水ピット
計算時間間隔	0.005 秒
取水ピット側境界条件 (ポンプ取水量)	1, 2号炉 : 4.0m ³ /s (水路1 連当たり 1.0m ³ /s) ※ ¹ 3号炉 : 2.0m ³ /s (水路1 連当たり 1.0m ³ /s)
放水ピット側境界条件 (ポンプ放流量)	1, 2号炉 : 4.0m ³ /s (水路1 連当たり 1.0m ³ /s) ※ ² 3号炉 : 2.0m ³ /s
摩擦損失係数 (マンニングの粗度係数)	【取水施設】 (貝付着なし) : 0.014m ^{-1/3} ・s※ ³ (貝付着あり) : 0.020m ^{-1/3} ・s※ ³ 【放水施設】 (貝付着なし) : 0.014m ^{-1/3} ・s※ ³ (貝付着あり) : 0.020m ^{-1/3} ・s※ ³
貝の付着代	10cm を考慮※ ³
局所損失係数	電力土木技術協会(1995) : 火力・原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版- 千秋(1967) : 発電水力演習 土木学会(1999) : 水理公式集(平成 11 年版)による
想定する潮位条件	水位上昇側 : 朔望平均満潮位 T.P. +0.26m に潮位のばらつき +0.14m を考慮 水位下降側 : 朔望平均干潮位 T.P. -0.14m に潮位のばらつき -0.19m を考慮
地盤変動条件	追而 (基準津波の審査を踏まえて記載する)
計算時間	地震発生後 3 時間まで

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

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

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

※基礎方程式

管路解析では、非定常の開水路及び管路流の連続式・運動方程式を用いた。

【開水路】

- ・運動方程式

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

- ・連続式

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

【管路】

- ・運動方程式

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

- ・連続式

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

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

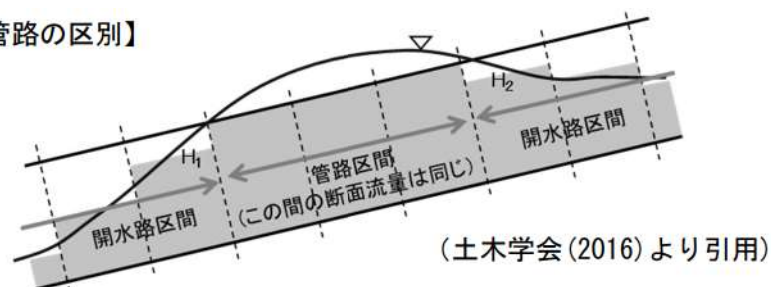
【立坑部等】

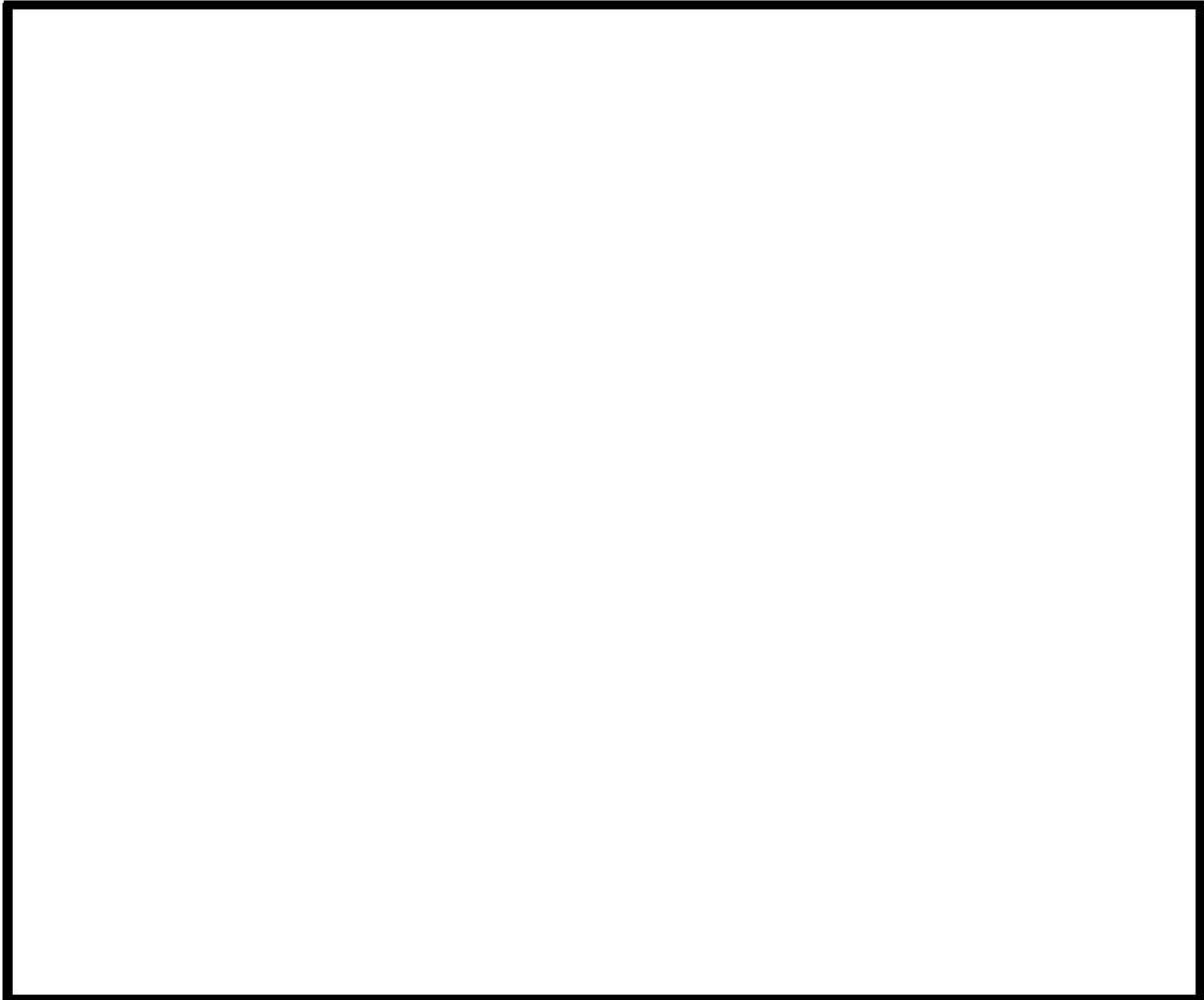
- ・連続式

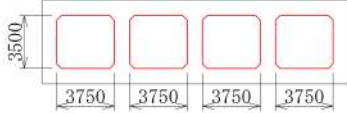

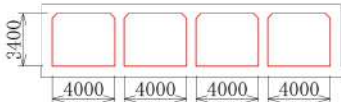
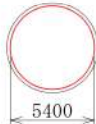
$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

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

【開水路・管路の区別】





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

— 貝付着考慮範囲

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

図1 貝付着考慮範囲

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

追而

(1号及び2号炉取水路流路縮小工を計画中であり、詳細は今後記載する)

図2-1 1, 2号炉取水施設平面図

追而

(1号及び2号炉取水路流路縮小工を計画中であり、詳細は今後記載する)

図2-2 1, 2号炉取水施設断面図

追而

(1号及び2号炉取水路流路縮小工を計画中であり、詳細は今後記載する)

図3-1 1, 2号炉取水施設の管路解析モデル図

表3-1 1, 2号炉取水施設のモデル設定の考え方

追而

(1号及び2号炉取水路流路縮小工を計画中であり、詳細は今後記載する)



図 2 - 3 3号炉取水施設平面図



図 2 - 4 3号炉取水施設断面図

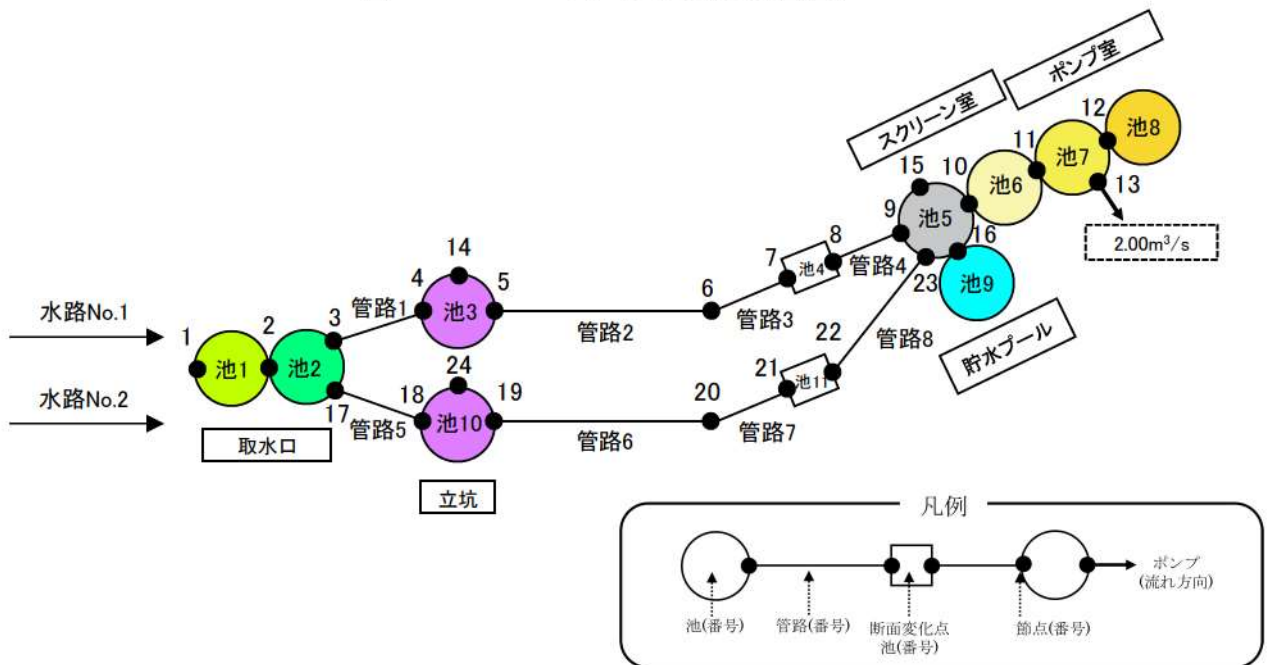


図 3 - 2 3号炉取水施設の管路解析モデル図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表 3-2 3号炉取水施設のモデル設定の考え方

箇 所		設定の考え方
取水口	池 1, 2	貯留堰による水位差を再現するため、池 1 と池 2 に分けて設定している。 池 1 は取水口における水位の時刻歴波形を入力条件として与えている。
立坑	池 3, 10	—
断面変化点	池 4, 11	解析上の理由より、池を設定している。
スクリーン室 及びポンプ室	池 5, 6, 7, 8	スクリーン室及びポンプ室内の各地点の評価を詳細に行うため、池 5～池 8 に分けて設定している。 なお、トラッシュピットは池 5 の中で考慮している。
貯水プール	池 9	スクリーン室（池 5）の水位が上昇し、T.P. +10.3m を超えた後、貯水プール（池 9）に流入するように設定している。
貯水プールから取水ピット スクリーン室 へと繋がる排 水管	—	排水管については検討中であるが、取水ピットスクリーン室（池 5）の鉛直方向の開口面積と比較して、十分に小さい設計とする。そのため、排水管からの津波の流入の影響は十分に小さく、評価結果に影響しないと考えられるため、排水管はモデル化しない。



追而

(1号及び2号炉放水路逆流防止設備を計画中であり、詳細は今後記載する)

図2-5 1, 2号炉放水施設平面図



追而

(1号及び2号炉放水路逆流防止設備を計画中であり、詳細は今後記載する)

図2-6 1, 2号炉放水施設断面図

追而

(1号及び2号炉放水路逆流防止設備を計画中であり、詳細は今後記載する)

図3-3 1, 2号炉放水施設の管路解析モデル図

表3-3 1, 2号炉放水施設のモデル設定の考え方

追而

(1号及び2号炉放水路逆流防止設備を計画中であり、詳細は今後記載する)

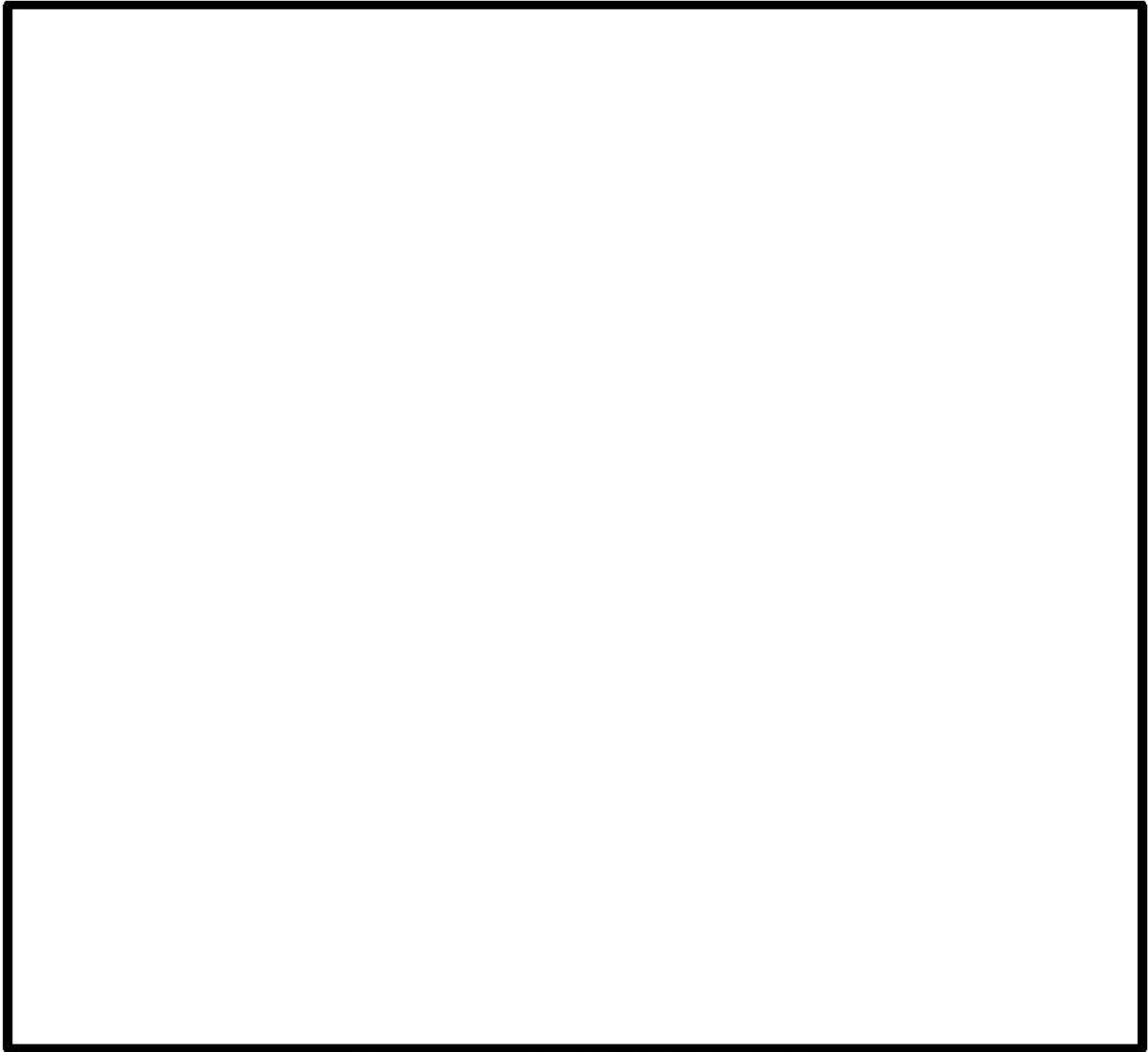
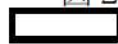


図 2 - 7 3号炉放水施設平面図



図 2 - 8 3号炉放水施設断面図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

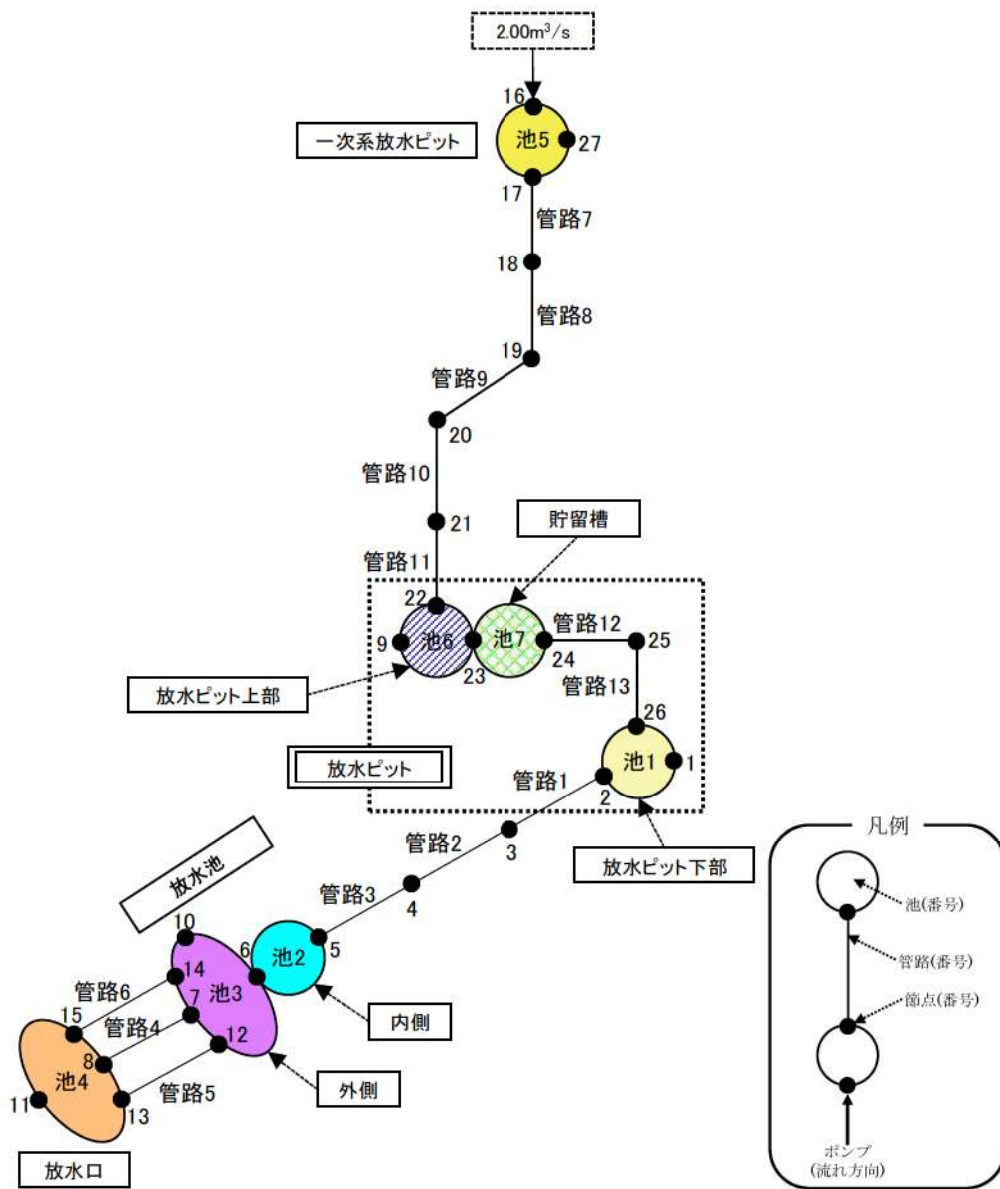


図 3 - 4 3号炉放水施設の管路解析モデル図

表 3-4 3号炉放水施設のモデル設定の考え方

箇所		設定の考え方
放水口	池 4	放水口における水位の時刻歴波形を入力条件として与える。
放水池	池 2, 3	放水池内側と放水池外側の間にある堰による水位差を再現するため、池 2 と池 3 に分けて設定している。
放水ピット (3号炉放水ピット 流路縮小工)	池 1, 6, 7 管路 12, 13	鉛直方向の流れを池 1, 池 6, 池 7, 水平方向の流れを管路 12, 管路 13 で再現するように、それぞれ池・管路を設定している。また、ポンプ放流の流れ(原子炉補機冷却海水放水路(管路 11)から放水ピット上部(池 6)を流れ、貯留槽(池 7)内で定常水位となる)を再現するため、池 6 と池 7 に分けて設定している。
3号炉放水ピット 流路縮小工における ベント管	—	ベント管は、3号炉放水ピット流路縮小工(池 7, 管路 12, 管路 13)の流路面積と比較して、十分に小さい設計とする。そのため、ベント管からの津波の流入の影響は十分に小さく、評価結果に影響しないと考えられるため、ベント管はモデル化しない。
一次系放水ピット	池 5	—

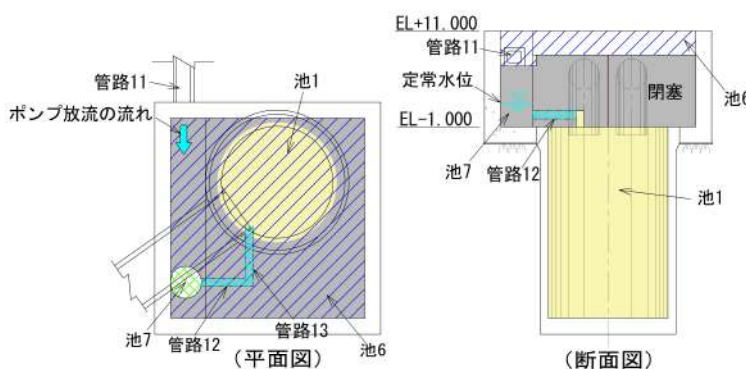


表3 損失水頭算定公式

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

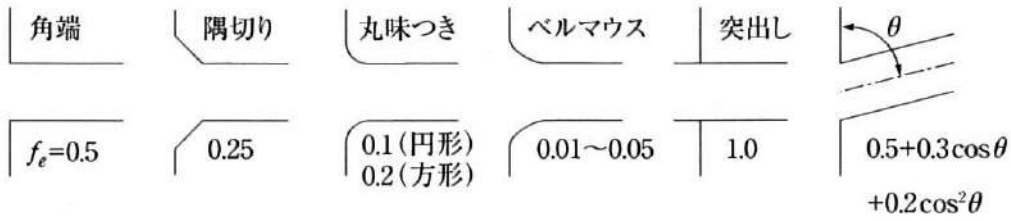


図4 入口形状と損失係数
(土木学会(1999)p. 375 より引用)

表5 急縮損失係数
(電力土木技術協会(1995)p. 830 より引用)

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

D_1, D_2 : 急縮前後の管路の径(m)

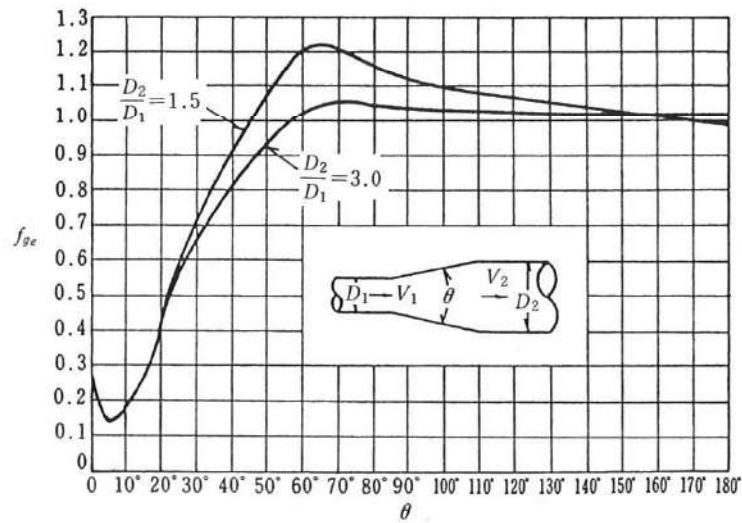


図5 漸拡損失係数
(電力土木技術協会(1995)p. 830 より引用)

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

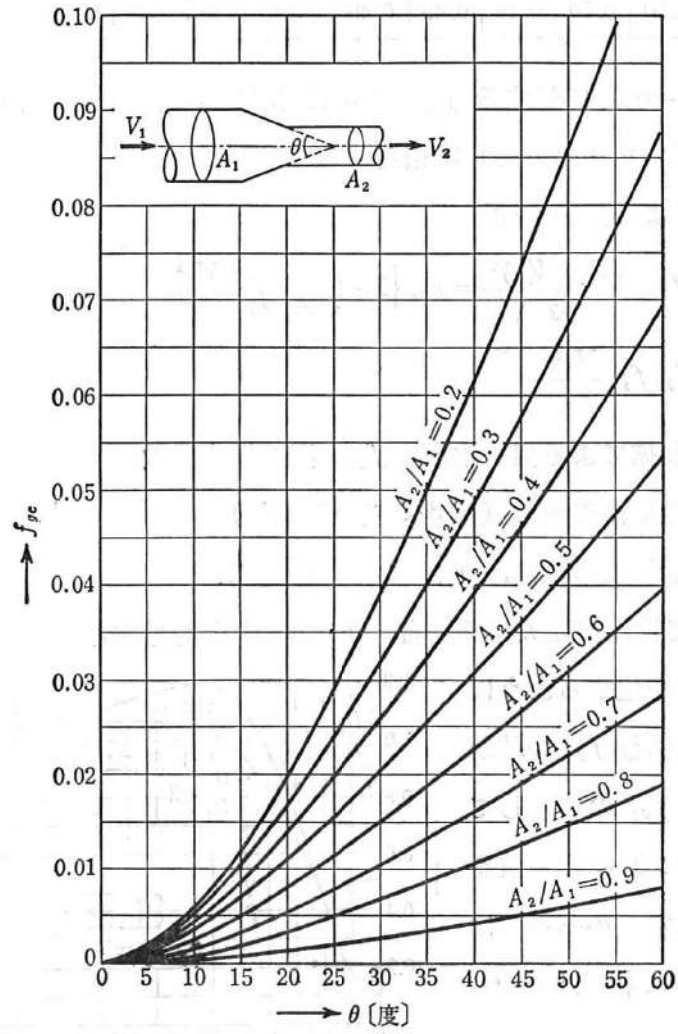


図6 漸縮損失係数
(千秋(1967)p. 84より引用)

A_1, A_2 : 漸縮前後の管断面積 (m²), V_1, V_2 : 漸縮前後の平均流速 (m/s) θ : 漸縮部の開き (°)
(※本施設では, 円形断面管と矩形断面管の漸縮に上記の図による値を適用する。)

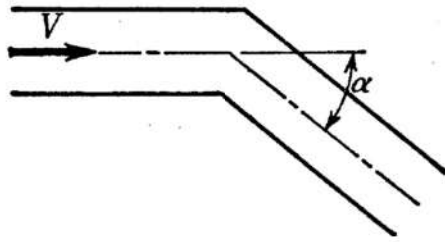


図7 屈折角
(千秋(1967)p. 88 より引用)

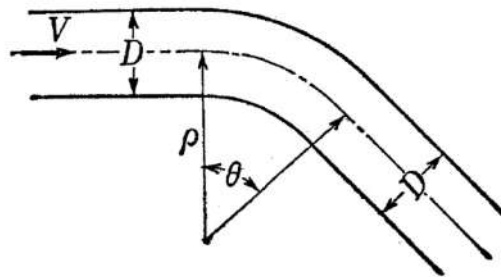


図8 曲がり, 曲率半径
(千秋(1967)p. 87 より引用)

表6-1 1, 2号炉取水施設の損失水頭表
(貝付着無し, スクリーンによる損失あり)

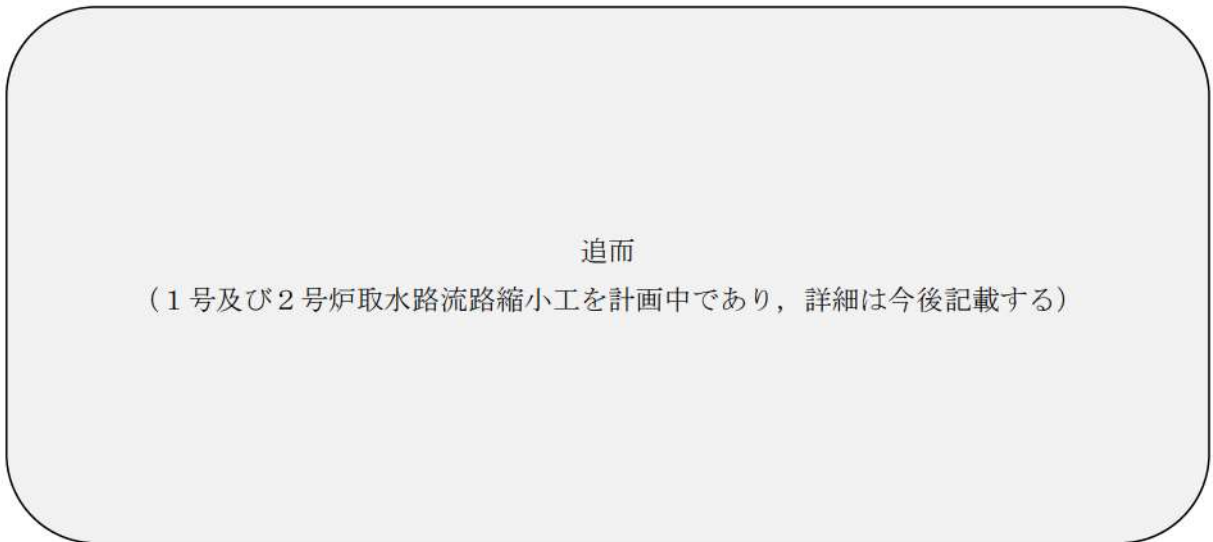


図9-1 1, 2号炉取水施設の損失水頭発生位置

表6-2 3号炉取水施設の損失水頭表
(貝付着無し, スクリーンによる損失あり)

場所	流量※1 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	水路No.1		水路No.2		
						損失水頭 (m)	モデル化	損失水頭 (m)	モデル化	
貯留堰	2.000	①堰	越流係数	1.550	79.200	0.000	節点2	0.000	節点2	
			堰幅(m)	19.800						
			定数γ	2.600						
取水口	1.000	②漸縮	F	0.063	40.000	0.000	節点3	0.000	節点17	
		③急縮	F	0.262	17.883	0.000	節点3	0.000	節点17	
取水路	1.000	④摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	17.883	0.000	管路1	0.000	管路5	
			長さ(m)	6.300						
			径深(m)	1.097						
		⑤摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	17.883	0.000	管路2	0.000	管路6	
			長さ(m)	60.458						
			径深(m)	1.097						
		⑥曲がり	F	0.076	17.883	0.000	節点6	0.000	節点20	
			粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	17.883	0.000	管路3	0.000	管路7	
		長さ(m)	13.744 (管路3) 16.539 (管路7)							
		径深(m)	1.097							
		⑧摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	24.547	0.000	管路4	0.000	管路8	
			長さ(m)	12.000						
径深(m)	1.263									
⑨摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	31.486	0.000	管路4	0.000	管路8			
	長さ(m)	14.500								
径深(m)	1.030									
⑩漸拡	F	0.064	17.883	0.000	節点9	0.000	節点23			
⑪急縮	F	0.062	25.931	0.000	節点9	0.000	節点23			
⑫流出	F	1.000	37.040	0.000	節点9	0.000	節点23			
取水槽	スクリーン	2.000	⑬トラベリン グスクリーン	F	15.608	139.800	0.000	節点10	0.000	節点10
	中間 スラブ	—※2	⑭急縮	F	0.433	86.208	—※2	池5	—※2	池5
	天端 開口部	—※2	⑮急拡	F	0.518	93.280	—※2		—※2	
			⑯急縮	F	0.319	190.620	—※2		—※2	
⑰急拡	F	0.697	—	—	—	—				
合計						0.000		0.000		

※1：損失水頭は、取水口から取水ピットへ流れる方向を正とし、ポンプ流量を用いて算出している。
 ※2：津波襲来時以外（ポンプ流量時等）には、損失水頭は発生しないため、「-」としている。

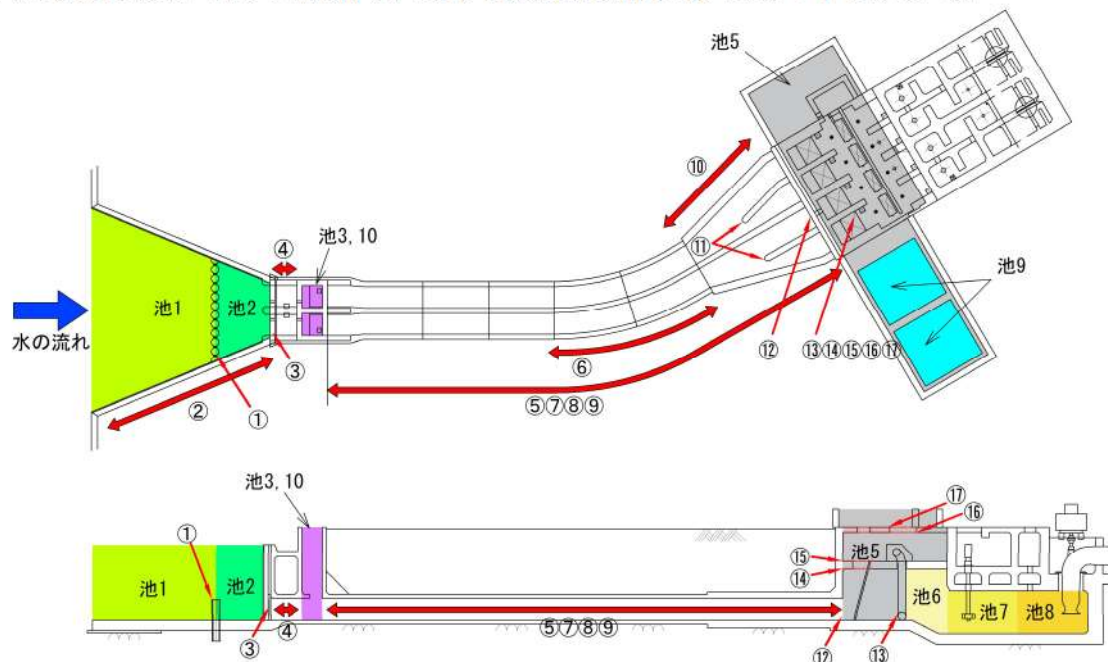


図9-2 3号炉取水施設の損失水頭発生位置（上図：平面図，下図：断面図）

表6-3 1, 2号炉放水施設の損失水頭表
(貝付着無し)

追而

(1号及び2号炉放水路逆流防止設備を計画中であり, 詳細は今後記載する)



追而

(1号及び2号炉放水路逆流防止設備を計画中であり、詳細は今後記載する)

図9-3 1, 2号炉放水施設の損失水頭発生位置

表6-4 3号炉放水施設の損失水頭表
(貝付着無し)

場所	流量※1 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)	モデル化
放水口 ～ 放水池	0.667	①流入	F	0.558	5.309	0.000	節点8
		②屈折	F	0.020	5.309	0.000	(節点13)
		③屈折	F	0.020	5.309	0.000	(節点15)
		④流出	F	1.000	5.309	0.001	節点7 (節点12) (節点14)
		⑤摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	5.309	0.000	管路4 (管路5) (管路6)
長さ(m)	20.309						
径深(m)	0.650						
放水池 ～ 放水ピット	2.000	⑥摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	78.540	0.000	節点5
			長さ(m)	18.500			
			径深(m)	2.500			
		⑦急縮	F	0.487	78.540	0.000	節点5
		⑧急縮	F	0.410	22.902	0.000	節点5
		⑨屈折	F	0.986	22.902	0.000	節点5
		⑩曲がり	F	0.018	22.902	0.000	節点4
		⑪曲がり	F	0.018	22.902	0.000	節点3
		⑫急拡	F	0.758	22.902	0.000	節点2
		⑬屈折	F	0.986	22.902	0.000	節点2
		⑭摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	22.902	0.001	管路1 ～3
			長さ(m)	615.100			
			径深(m)	1.350			
放水ピット	2.000	⑮摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	176.715	0.000	池1
			長さ(m)	18.400			
			径深(m)	3.750			
		⑯摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.785	0.012	池1
			長さ(m)	1.500			
			径深(m)	0.250			
		⑰急縮	F	0.500	0.785	0.166	池1
		⑰摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	0.785	0.105	管路12 ～13
			長さ(m)	13.000			
			径深(m)	0.250			
		⑲屈折	F	0.986	0.785	0.327	節点26
		⑳屈折	F	0.986	0.785	0.327	節点25
		㉑急拡	F	0.880	0.785	0.291	節点24
		㉒屈折	F	0.986	0.785	0.327	節点24
㉓摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	12.566	0.000	池7		
	長さ(m)	6.500					
	径深(m)	1.000					
㉔急拡	F	0.733	12.566	0.001	節点23		
合計						1.558	

場所	流量※1 (m ³ /s)	種類	係数		断面積 (m ²)	損失水頭 (m)	モデル化
放水ピット ～ 一次系 放水ピット	2.000	㉕流入	F	0.500	1.299	0.060	節点22
		㉖屈折	F	0.000	1.299	0.000	節点21
		㉗曲がり	F	0.115	1.299	0.014	節点20
		㉘曲がり	F	0.115	1.299	0.014	節点19
		㉙屈折	F	0.000	1.299	0.000	節点18
		㉚流出	F	1.000	1.299	0.121	節点17
	—※2	㉛急縮	F	0.455	3.300	—※2	池5
	2.000	㉜摩擦	粗度係数(m ^{-1/3} ・s)	0.014	1.299	0.205	管路7 ～11
			長さ(m)	141.071			
			径深(m)	0.425			
合計						0.414	

※1：損失水頭は、放水口から一次系放水ピットへ流れる方向を正とし、ポンプ流量を用いて算出している。

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

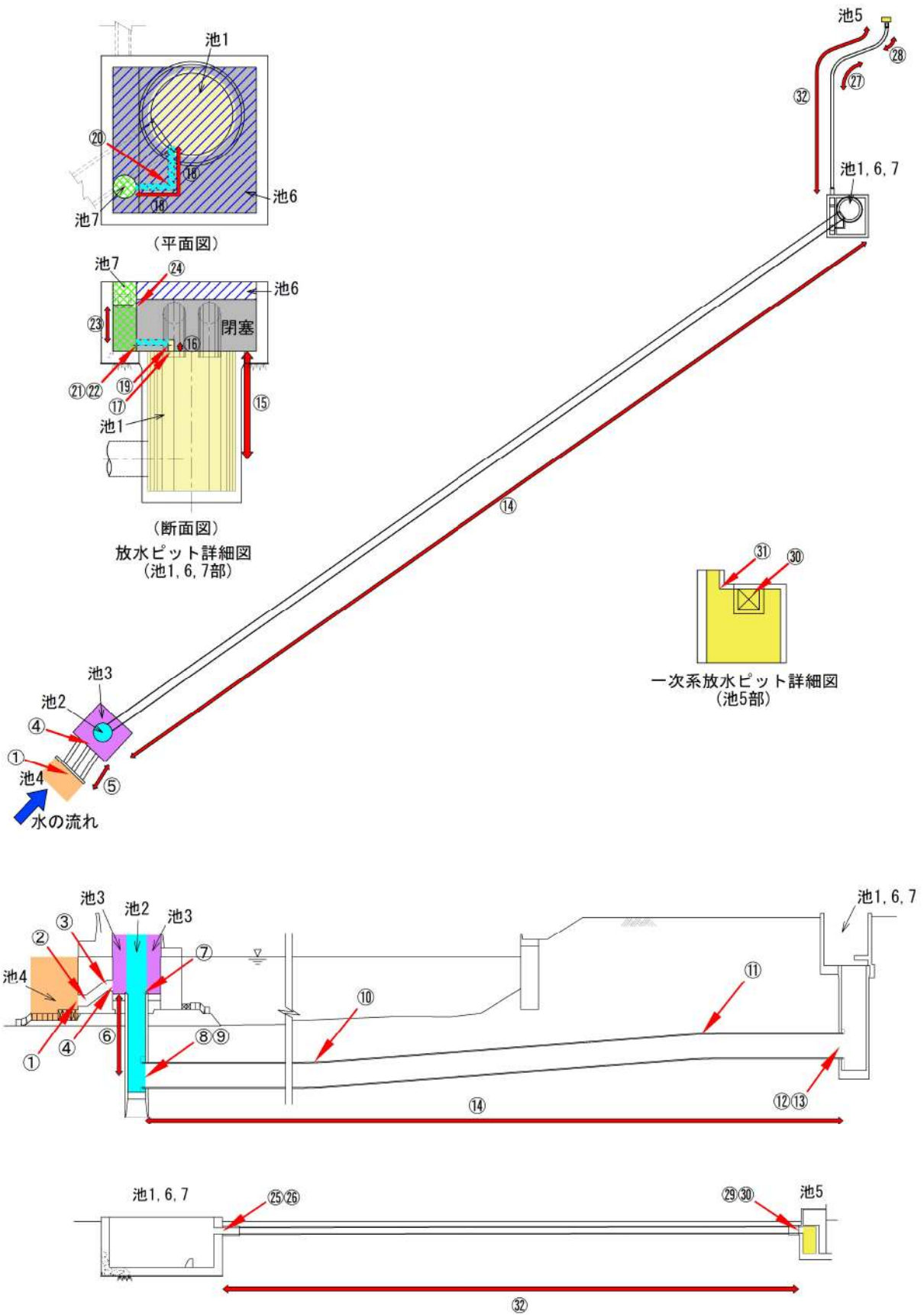


図9-6 3号炉放水施設の損失水頭発生位置
(上図：平面図，中図・下図：断面図)

表7 水位上昇側の評価結果

追而
(解析結果を記載する)

表8 水位下降側の評価結果

追而
(解析結果を記載する)

追而
(解析結果を記載する)

図 10 水位上昇側の時刻歴波形

追而
(解析結果を記載する)

図 11 水位下降側の時刻歴波形

【参考文献】

- 1) 土木学会(2016)：原子力発電所の津波評価技術 2016, 平成 28 年 9 月, 土木学会原子力土木委員会, 津波評価小委員会.
- 2) 電力土木技術協会(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版-
- 3) 千秋(1967)：発電水力演習
- 4) 土木学会(1999)：水理公式集(平成 11 年版)

海水ポンプの水理試験について

試験概要

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

従来設計においては、日本機械学会基準「ポンプの吸込水槽の模型試験法」（JSME S 004-1984）（以下「JSME 基準」という。）の「7. 試験結果の判定」に基づき、短時間の事象である引き津波に対しては、クラスⅡの断続渦を許容基準としている。すなわち、引き波時の水位において連続渦は許容しないが断続渦を許容する設計としている。具体的な水位としては、JSME 基準の「解説 2. 吸込水槽の標準形状」に基づき、クラスⅡの 1.4D（D：ベルマウス径）の没水深さを考慮した T.P. -6.98m を海水ポンプの取水可能水位と設定している（図 1 及び表 1）。なお、没水深さ 1.4D は、表 1 に示す吸込水槽の標準形状 (a) 直線形～(d) 複数形に対する最小没水深さを包括して 1.4D とした。

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

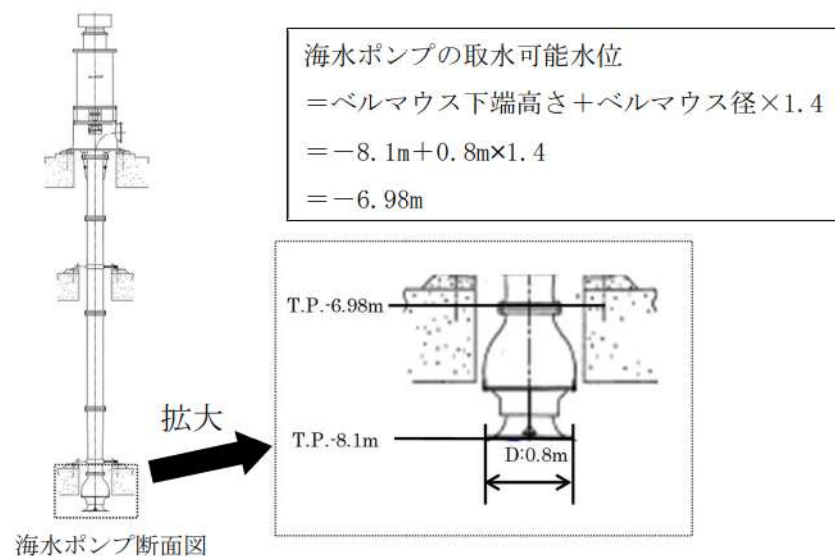


図 1 従来設計における海水ポンプ取水最低水位の考え方

表1 吸込水槽の標準形状に対する最小浸水高さ (H_s)

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

注1) 水槽の各形式については解説図2・1を参照のこと。

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

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

海水ポンプ水理試験の試験内容および試験結果は以下のとおりである。

1. 準拠規格

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

2. 試験項目

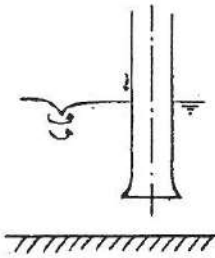
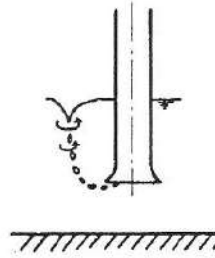
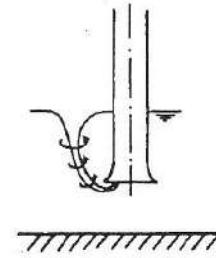
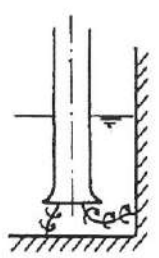
TSJ 基準に準拠し、以下の試験により模型水槽内の渦（空気吸込渦，水中渦）の発生状況を観察し，海水ポンプの取水可能限界水位を確認した。

(1) 空気吸込渦試験

(2) 水中渦試験

ここで，水中渦試験は，水槽内の側壁や床面から生じる水中渦発生の有無を確認するものであり，ポンプの取水可能限界水位を確認することと直接関係ないものであるが，水中渦はポンプの振動・騒音の原因となる恐れがあることから，ポンプの健全性の確認のため，空気吸込渦試験と合わせて実施した。渦の形態と定義を表2に示す。

表2 渦の形態と定義

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

3. 試験装置

(1) 模型水槽の範囲

TSJ 基準に準拠し、図2のように取水路におけるスクリーンからポンプに至る部分を模型水槽の範囲とした。



図2 模型水槽の範囲

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(2) 模型縮尺

TSJ 基準「5. 2 模型水槽の寸法範囲」の“模型試験におけるベルマウス径は 100mm 以上とする。”に準拠し、模型ポンプの吸込ベルマウス径が 100mm 以上となる模型を縮尺 1/8 で縮小し作成した。

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

(3) 試験装置の構成

試験装置の概略図及び試験装置の写真を図 3 及び図 4 に示す。試験装置で模擬した主な内容は以下のとおり。

- ①泊 3 号炉は、海水ポンプが 4 台設置されており、スクリーン室上流の取水路が曲がっていることから模型は 4 水路全てを再現した（試験装置は 2 水路で流水路を変えて模擬）。
- ②本試験の目的が海水ポンプのベルマウス近傍の渦発生状況の確認であることから、海水ポンプのベルマウスの形状については、実機と幾何学的に相似な形状で製作した。
- ③ピット下流に設置されている循環水ポンプは外形相似で製作した。また、ピット下流に設置されている海水取水ポンプ及びピット上流に設置されているスクリーン洗浄ポンプは、代表径の円柱構造物で模擬して製作した。なお、今回の試験では、海水ポンプの取水可能水位までに、その他のポンプの吸込口が露出することから、取水は行わないこととした。
- ④バースクリーンおよびトラベリングスクリーンは抵抗係数を合わせた金網や格子で模擬した。

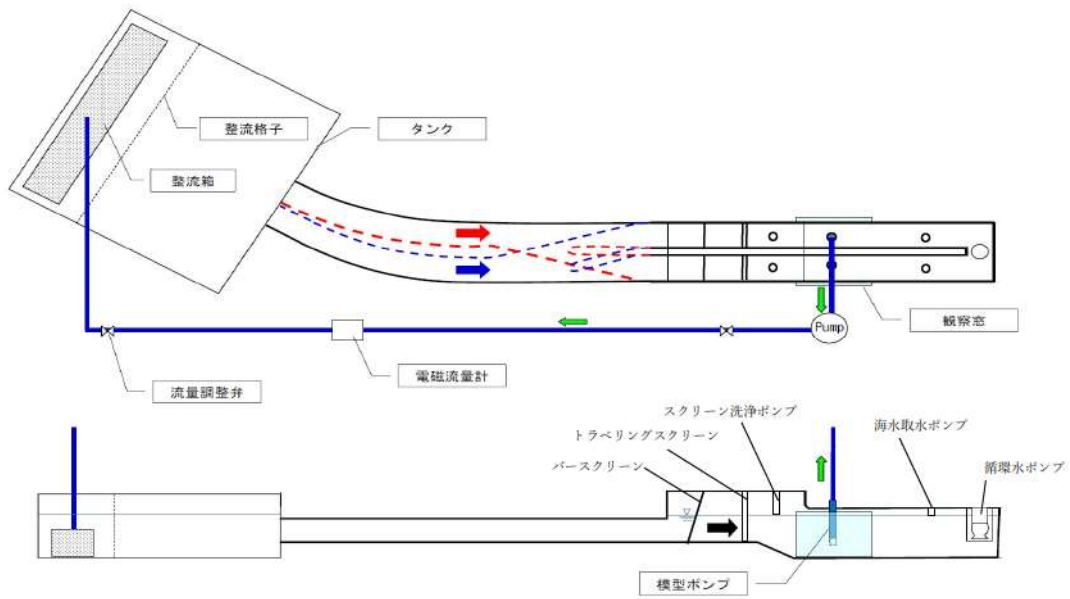


図3 水理試験装置概略図



試験装置全景



ポンプ部ベルマウス

図4 水理試験装置写真

4. 試験条件

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

(1) 空気吸込試験

取水槽や取水路の流れは、重力と流れの慣性力の比である無次元数（フルード数 F_r ）を模型と実機で一致させれば、主要な流れを相似にすることができる。ここでフルード数は以下の式で算出できる。

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}}$$

ここで、 F_r ：フルード数

V ：流速

g ：重力加速度

L ：代表長さ

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

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

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

ここで、 V ：流速

Q ：流量

L ：代表長さ（ベルマウス口径 D ）

添字は m ：模型， p ：実機を示す。

(2) 水中渦試験

TSJ 基準に準拠し、流速一致の相似条件で試験を実施した。このときの相似条件は次のとおりである。

$$V_m = V_p$$

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

ここで、V：流速

Q：流量

L：代表長さ（ベルマウス口径D）

添字は m：模型，p：実機を示す。

以上より、試験条件は表 3 のとおりとなる。

表 3 水理試験の試験条件

	実機	空気吸込渦試験	水中渦試験
L：代表長さ (mm)	Φ 800	Φ 100	Φ 100
V：流速 (m/s)	0.94	0.62	0.94
Q：流量 (m³/h)	1,700	17.5	26.5

なお、海水ポンプ水理試験における海水ポンプ実機の流量条件については、上表のとおり定格流量 1,700m³/h であるが、原子炉補機冷却海水系における設計上想定する海水ポンプ 1 台当たりの流量は表 4 に示すとおり、1,349～1,648m³/h であることから、実機の海水ポンプ流量のばらつきを考慮したとしても水理試験の試験条件は妥当である。

表 4 泊 3 号炉海水ポンプの運転モード

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

※ 1 各欄上の数値は運転台数を示す。

※ 2 片系列での運転台数

※ 3 片系列 2 台の合計 4 台であるが、1 系列当たりの使用台数は 1 台

5. 試験方法

- (1) 試験装置への水道水の注入または排水により、所定の水位に設定する。
- (2) 送水ポンプを起動し所定の流量で安定させた後、空気吸込渦および水中渦の発生状況を確認する。
- (3) 渦の発生状況は肉眼で10分間の観察を行う。

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

6. 判定基準

(1) 空気吸込渦試験

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

(2) 水中渦試験

肉眼で観察して渦（空洞）が見えないこと。ただし、渦糸は許容する。

※渦糸：旋回流により気泡が集まり、糸状に見える事象

7. 試験結果

空気吸込試験および水中渦試験の結果を表5に示す。試験の結果、ベルマウス径の1.4倍を考慮した設計上の取水可能水位 T.P. -6.98m では連続渦が発生しないことを確認した。さらに試験水位を下げ T.P. では連続渦が発生しないことを確認した。その後、さらに試験水位を下げ T.P. で連続渦の発生を確認した。

なお、水中渦は発生しないことを確認した。

以上より、泊3号炉の取水可能な限界水位は T.P. あることが確認された。

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表5 海水ポンプの水理試験結果

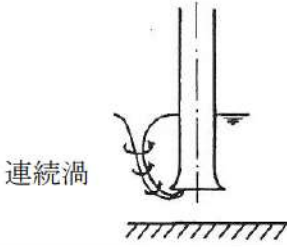
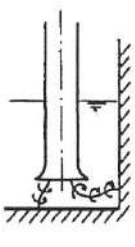
渦の種類	空気吸込渦	水中渦
	 <p>連続渦</p>	
判定基準	<ul style="list-style-type: none"> 連続渦は許容しない くぼみ渦，断続渦は許容する。 	<ul style="list-style-type: none"> 渦発生を許容しない
試験結果	<ul style="list-style-type: none"> 水位 T. P. [] で断続渦および連続渦は発生しない。 水位 T. P. [] で連続渦発生を確認。 	<ul style="list-style-type: none"> 渦は発生しない。



図5 渦発生状況

[] 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8. 試験の妥当性について

(1) 津波来襲時の水面揺動に関する考察

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

(2) スケール効果について

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

(参考：フルード数 F_r)

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

ここで、 F_r ：フルード数

V ：流速

g ：重力加速度

L ：代表長さ

添字は m ：模型， p ：実機を示す。

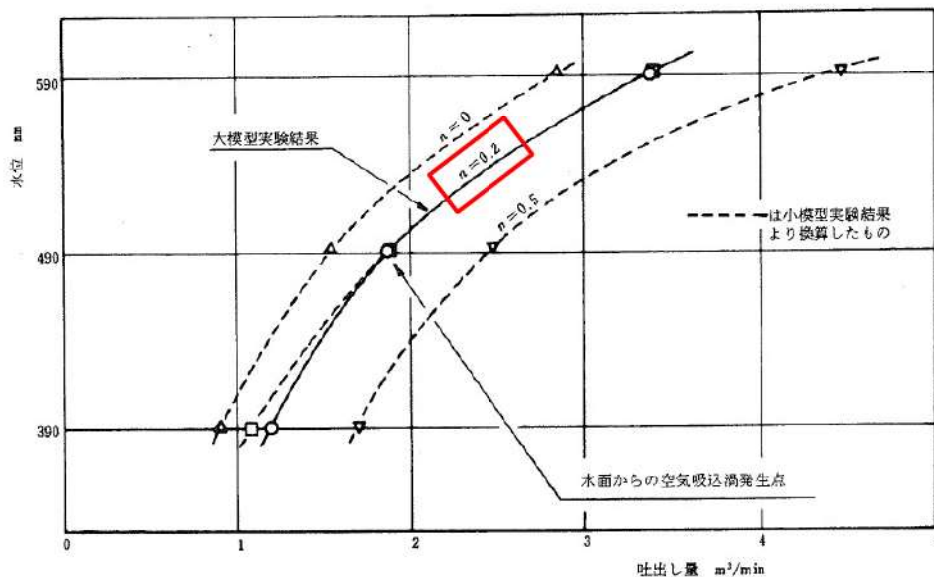
- ・しかし、空気吸込渦は、水面と海水ポンプのベルマウスを結ぶ渦であり、ベルマウスへ向かう水中の流れにも関係することから、表面張力や粘性への影響を考慮する必要がある。
- ・このため、模型比とフルード数 F_r に対する倍率の関係に関して各種試験が行われており、模型比と流速比との間に次式が成り立つとし、指数 $n=0.2$ が一般に利用されており、TSJ 規格においても推奨されており、本試験においても採用している。

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

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

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

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



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

- ・ なお、同解説においては、上記のような指数 n=0.2 とし相似則が有効に働く模型寸法として、ポンプのベルマウス口径を 100mm 以上とすることとされており、本試験においては、海水ポンプのベルマウス口径を 100mm とし模型を作成し試験を実施している。

以上のように、本試験においては空気吸込渦を観察する上で最良な相似条件のもと実施している。

基準類における衝突荷重算定式について

1. はじめに

泊発電所において考慮する漂流物の衝突荷重の算定に当たり、既往の算定式について調査し、適用する算定式について検討した。

2. 基準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、記載されている参考規格・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（（社）日本道路協会、平成14年3月）」及び「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（案）（財）沿岸技術研究センター、（社）寒地港湾技術研究センター（平成21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。

a. 道路橋示方書・同解説 I 共通編

(a) 適用範囲・考え方

流木その他の流送物の衝突のおそれがある場合の衝突荷重を算定する式を示している。

(b) 算定式

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

ここで、P：衝突力（kN）

W：流送物の重量（kN）

v：表面流速（m/s）

b. 津波漂流物対策施設設計ガイドライン（案）

(a) 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、漁船のほか、車両、流木、コンテナにも適用される。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、漂流物の侵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を示している。

(b) 算定式

船舶の衝突エネルギー $E = E_0 = W \times v^2 / 2g$

※船の回転により衝突エネルギーが消費される（1/4点衝突）の場合：

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

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

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）

γ_w ：海水の単位体積重量（kN/m³）

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

3. 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

安藤ら（2006）によれば，南海地震津波による被害を想定して，高知港を対象に平面二次元津波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，船舶については道路橋示方書による式を選定している（表1参照）。

表1 各施設の許容漂流速度
（安藤ら（2006）に一部加筆）

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

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

4. 漂流物による衝突力算定式に関する既往の研究論文

「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 中間報告 その2」(平成23年10月 東京大学生産技術研究所)では、「漂流物が建築物に及ぼす影響の評価について研究途上の段階であり、断片的な知見が得られているのみである。

また、建築物に被害をもたらした漂流物の詳細情報は被害調査から得られず、既往の知見は検証できなかつた」としており、漂流物が建築物に衝突する際に瞬間的に作用する衝突力に関する既往の研究を示しているが、「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。」としている。

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

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文 (1/3)

既往の評価式	内 容
<p>(a) 松富の評価式</p> <p>[1] 松富英夫：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性，土木学会論文集，No. 621，pp. 111-127，1999. 5</p>	<p>松富[1]は，津波による流木の衝突力を次式のとおり提案している。本式は，円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。</p> $\frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{v_{A0}}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \left(\frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4}$ <p>ここで，F_m：衝突力 C_{MA}：見かけの質量係数（段波，サージでは1.7，定常流では1.9） v_{A0}：流木の衝突速度 D：流木の直径 L：流木の長さ σ_f：流木の降伏応力 γ：流木の単位体積重量 g：重力加速度</p> <p>被衝突体を縦スリット型の受圧壁とし，津波の遡上を許容しつつ流木の浸入を防ぐことを想定している。</p>
<p>(b) 池野らの評価式</p> <p>[2] 池野正明・田中寛好：陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第50巻，pp. 721-725，2003</p>	<p>池野ら[2]は，円柱以外にも角柱，球の形状をした木材による衝突力を次式のとおり提案している。</p> $\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5}$ <p>ここで，F_H：漂流物の衝突力 S：係数 (5.0) C_{MA}：付加質量係数（円柱横向き：2.0 (2 次元)，1.5 (3 次元)，角柱横向き：2.0~4.0 (2 次元)，1.5 (3 次元)，円柱縦向き：2.0 程度，球：0.8 程度) V_H：段波波速 D：漂流物の代表高さ L：漂流物の代表長さ M：漂流物の質量 g：重力加速度</p> <p>各種形状の漂流物（横向きと縦向き配置の円柱と角柱及び球）の衝突について，付加質量係数を変化させて検証しているが，船舶の形状までは検証されていない。</p>
<p>(c) 水谷らの評価式</p> <p>[3] 水谷法美ら：エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究，海岸工学論文集，第52 巻pp. 741-745，2005</p>	<p>水谷ら[3]は，津波により漂流するコンテナの衝突力を次式のとおり提案している。</p> $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \frac{WV_x}{gdt}$ <p>ここで，F_m：漂流衝突力 dt：衝突時間 m：最大遡上水位 w：水の密度 B_c：コンテナ幅 V_x：コンテナの漂流速度 W：コンテナ重量 g：重力加速度</p> <p>陸上に設置されたコンテナにより堰き止められる水塊の重量（付加質量）に基づき衝突力を評価している。</p>

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文 (2/3)

既往の評価式	内 容
<p>(d) 有川らの評価式</p> <p>[4] 有川太郎ら：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験，海岸工学論文集，第54巻，pp. 846-850, 2007</p> <p>[5] 有川太郎ら：津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験，土木学会論文集B2, Vol. 66, No. 1, pp. 781-785, 2010</p>	<p>有川ら[4]は，コンクリート構造物に鋼製構造物（コンテナ等）が漂流衝突する際の衝突力を次式のとおり提案している。</p> $F = \gamma_p \chi^{2/5} \left(\frac{5}{4} \tilde{m} \right)^{3/5} v^{6/5}$ $\chi = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2}, \quad k = \frac{1 - \nu^2}{\pi E}, \quad \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ <p>ここで，F：衝突力 a：衝突面半径の1/2（コンテナ衝突面の縦横長さの平均の1/4） E：ヤング率（コンクリート版） ν：ポアソン比 m：質量 v：衝突速度 p：塑性によるエネルギー減衰効果（0.25） m やk の添え字は，衝突体と被衝突体を示す。 また，有川ら[5]は，松富[1]にならい，上式において $m = C_{MA} m$（C_{MA}：サージタイプの1.7）とすることで，流木のコンクリート版に対する衝突力を評価できるとしている。</p> <p>塑性によるエネルギー減衰効果を考慮した考え方である。</p>
<p>(e) FEMA2nd (2012) の評価式</p> <p>[6] FEMA : FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY</p>	$F_i = 1.3 u_{max} \sqrt{k m_d (1 + c)}$ <p>ここで，F_i：衝突力 c：付加質量係数 u_{max}：漂流物を運ぶ流体の最大流速 m_d：漂流物の質量 k：漂流物の有効軸剛性</p> <p>流木とコンテナに対して提案されたものである。</p>

表2 漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文 (3/3)

既往の評価式	内 容
<p>(f) FEMA^{3rd} (2019) の評価式</p> <p>[7] FEMA : FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY</p>	<p>FEMA 2nd (2012) からの変更点は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波に関する報告や教訓の追加。 ・FEMA 2nd (2012) の過剰な保守性を排除するために漂流物衝突式を改訂。 ・参考文献を最新バージョンに更新。 <p>漂流物（例：浮遊流木、木材、輸送用コンテナ、自動車、ボート等）による衝撃力は、建物に重大な損傷を与える可能性があり、丸太、自動車、輸送用コンテナ等による衝撃に対する設計荷重について、ASCE (2016) に示されているとしている。</p> <p>なお、FEMA 2nd (2012) で示されていた衝突荷重算定式の記載は削除されている。</p> <p>車両、流木、コンテナに対して提案されたものである。</p>
<p>(g) ASCE (2016) の評価式</p> <p>[8] ASCE : American Society of Civil Engineers</p>	$F_{ni} = u_{max} \sqrt{k m_d}$ $F_i = I_{tsu} C_0 F_{ni}$ <p>ここで、F_{ni}：最大瞬間漂流物衝突力 k：有効剛性 m_d：漂流物の質量 u_{max}：敷地内における漂流物が十分に浮き上がる水深での最大流速 I_{tsu}：重要度係数 C_0：回転係数</p> <p>車両、流木、コンテナに対して提案されたものである。</p>

5. 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こととし、安全側に敷地における最大津波流速を用いる。

追而
(基準津波の審査を踏まえて記載する)

6. 評価すべき漂流物の設定

各津波防護施設の漂流物の衝突荷重として考慮する漂流物については、津波防護施設の構造や設置位置、さらに基準津波の特性（流向・流速）を適切に考慮した上で、津波防護施設ごとに設定する。

衝突対象とする漂流物は、漂流物の調査範囲に設置されている施設・設備の中から適切に抽出する。

追而
(漂流物評価結果を踏まえて記載する)

7. 漂流物の衝突荷重の設定方針（設置変更許可段階）

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

防潮堤の構造成立性評価では，現時点の漂流物評価結果^{※1}を踏まえ，以下を対象とした衝突荷重を算定し^{※2}，保守性を見込んで，衝突荷重に設定する（別紙1参照）。

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

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

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

なお，漂流物の衝突荷重は，設計及び工事計画認可段階において改めて設定する。

8. 漂流物の衝突荷重の設定方針（設計及び工事計画認可段階）

漂流物の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・仕様が漂流物の衝突荷重の大きさに関係することから、設計及び工事計画認可段階において以下を考慮したうえで改めて設定する。

- ・漂流物の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、「既往の漂流物の衝突荷重の算定式」若しくは「非線形構造解析」を適切に選定する。
- ・漂流物の衝突荷重の主な影響因子として、「対象漂流物、衝突速度、衝突位置（標高）、荷重組合せ、衝突形態（漂流物の向き）及び作用面積」を抽出した。漂流物の衝突荷重の評価に当たっては、表3のとおり設計上の考慮を行う。

表3 設計及び工事計画認可段階における設計上の考慮

影響因子	設計及び工事計画認可段階における設計上の考慮
対象漂流物	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>迫而 (漂流物評価結果を踏まえて記載する)</p> </div>
衝突速度	・安全側に敷地における最大津波流速を用いる。
衝突位置 (標高)	・漂流物の衝突荷重が作用する位置は、安全側に最大津波高さ（入力津波高さに高潮ハザードの裕度を加えた高さ含む）を用いる。
荷重組合せ	・最大津波高さと最大津波流速は同地点・同時刻に発生しないものの、安全側に漂流物の衝突荷重（最大津波流速）と津波荷重（最大津波高さ）が同時に作用する組合せを考慮する。
衝突形態 (漂流物の向き)	・非線形構造解析において、衝突形態（漂流物の向き）の影響を検討したうえで、安全側になる条件を考慮する。
作用面積	・非線形構造解析において、作用面積の影響を検討したうえで、安全側になる条件を考慮する。

防潮堤の構造成立性評価に用いる漂流物の衝突荷重の設定

1. 漂流物の衝突荷重の設定方針

設置変更許可段階における防潮堤の構造成立性評価では、現時点の漂流物評価結果^{※1}を踏まえ、以下を対象とした衝突荷重を算定し^{※2}、保守性を見込んで、衝突荷重に設定する。

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

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

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

なお、漂流物の衝突荷重は、設計及び工事計画認可段階において改めて設定する。

漂流物の衝突荷重算定条件を表4に、漂流物による衝突荷重算定フローを図1に示す。

表4 漂流物による衝突荷重算定条件

対象とした漂流物	重量等	到達形態	流速 (衝突速度)	初期配置 区分	適用式
小型船舶 (FRP)	総トン数：5t (排水トン数：15t ^{※1})	浮遊	18m/s ^{※2}	直近海域	FEMA (2012) ^{※3}
船舶 (FRP)	総トン数：20t (排水トン数：60t ^{※1})	浮遊	18m/s ^{※2}	前面海域	道路橋示方書

※1: 「漁港・漁場の施設の設計参考図書 (水産庁, 2015年)」より、総トン数の3倍の重量として考慮する。

※2: 現時点の最大津波流速である18m/s[※]に設定する。

※3: 適用式における付加質量係数Cは、保守的に最大値のC=1を適用する。

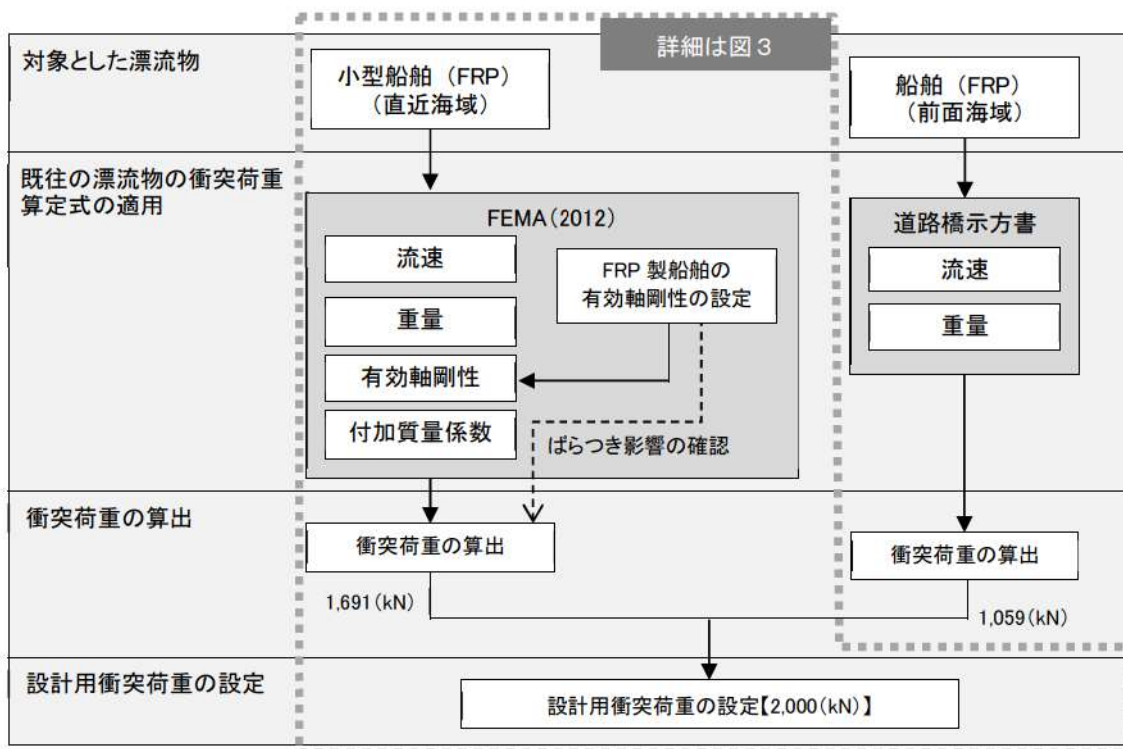


図1 漂流物による衝突荷重算定フロー

2. 有効軸剛性の設定（小型船舶（総トン数5t））

船舶の軸剛性としては、「甲斐田・木原（2017）」が既往の文献を整理し、総トン数400～4000tの鋼製の大型船舶の有効軸剛性が示されている。

一方、評価対象としている小型船舶の最大の総トン数は5tであることから、大型船舶から小型船舶へ外挿する方法が考えられるが、評価対象としている小型船舶はFRP製の船舶であるため、材質の違いにより外挿する方法は適用が困難であると考えられる。

このような状況を踏まえ、FRP製の材質を考慮できる方法を用い、荷重-変位関係から軸剛性を算出することとした。

軸剛性の算出に当たっては、「FEMA（2012）」で示されている鋼製コンテナの軸剛性が短軸方向よりも長軸方向（船首方向に相当）の剛性が大きいこと、「甲斐田・木原（2017）」で示されている鋼製船舶の軸剛性が船首方向であることから、船首方向の軸剛性とする。

なお、後述のとおり、小型船舶（FRP）の軸剛性については、鋼製船舶を対象とした「土木学会（1994）」の座屈強度をFRP材料に置き換えて算出するため、FRP製船舶と鋼製船舶の類似（同等）性及び用いる知見の適用性（軸剛性の設定方法の妥当性）を示した上で、軸剛性の算出における各パラメータのばらつきを考慮し、設計への適用性（軸剛性の設定の保守性）を確認することとする。

小型船舶（FRP）の衝突荷重算出の詳細フローを図3に示す。

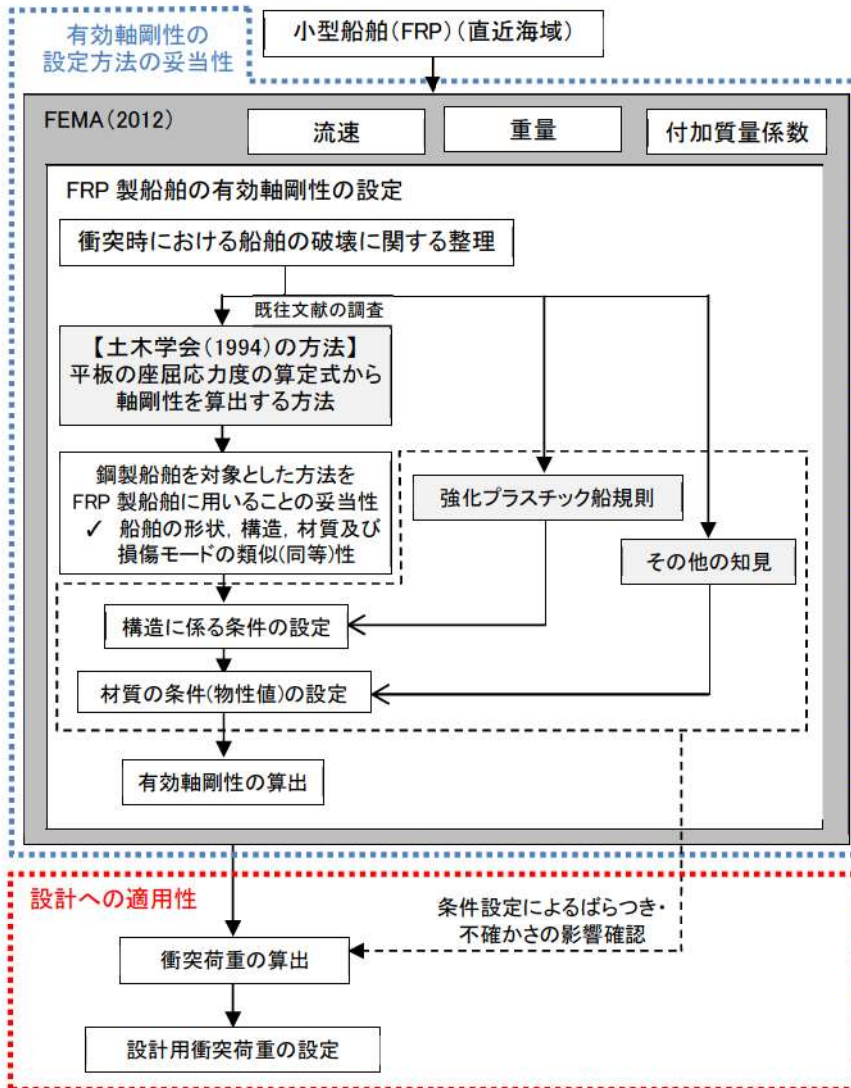


図3 小型漁船 (FRP) の衝突荷重算出の詳細フロー

(1) 衝突時における船舶の破壊に関する整理

剛性及び強度が大きい津波防護施設に対して、小型船舶（FRP）の座屈強度は小さいと考えられることから、「土木学会（1994）」で示されている破壊進展と同様に、FRP製船舶が圧壊していくこととなり、圧壊が進むにつれて衝突エネルギーが減少しつつ圧壊荷重が上限となって圧壊は終了する。これと同時に、被衝突側の強固な弾性体である津波防護施設にその圧壊荷重（最大荷重）が作用する。

「土木学会（1994）」によれば、図4に示すように、剛性及び強度が大きい海洋構造物に対する船舶の圧壊荷重と変形量との関係が示されており、以下のような破壊進展となる。

- ✓ 船舶の衝突初期は、船首が傾斜しているため接触面が小さく、圧壊が進むに従って荷重（反力）はほぼ直線的に増加する。
- ✓ 船舶の破壊が進み、船首の傾斜部が全部破壊し、船体の全面が海洋構造物に接触すると、その後の荷重はほぼ一定値に達する。この時の荷重は、船首側からの圧壊による座屈荷重とほぼ同等とみることができるとされている。

以上を踏まえ、FRP製船舶の圧壊荷重を求めた上で、軸剛性を算出することとする。

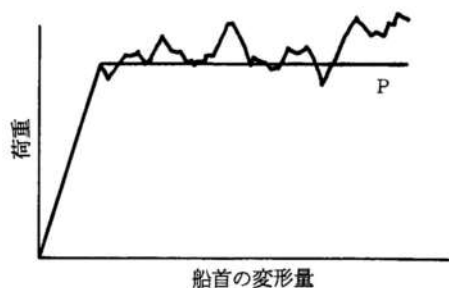


図4 荷重と船首の変形量（「土木学会（1994）」）（1/2）

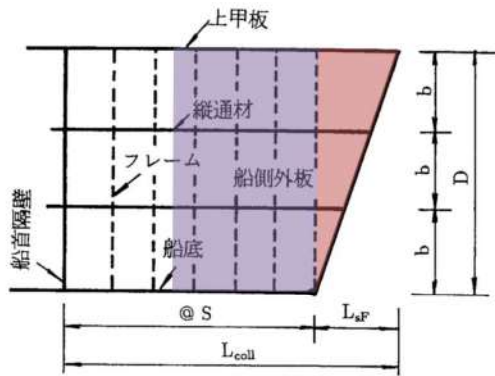


図 3.3 船首部の標準型

土木学会(1994)

「船が海洋構造物に船首衝突し、船首から圧壊が起り食い込んで行くときは、まず船首前端から船首傾斜部が圧壊する。そして、さらに圧壊が進むと深さが一樣となる船首部の圧壊へと食い込みが拡大していく。」

「衝突船が海洋構造物に衝突し、船体が圧壊するときは、その衝突エネルギーは船首の圧壊によって吸収される。この船首の圧壊による吸収エネルギーは、図 3.6 の点線で囲まれる面積で求められる。」

【解釈】

図 3.3 の船首傾斜部(赤色部)が壊れる際には、図 3.6 及び図 3.7 の赤色部で示すように圧壊荷重及び船側の吸収エネルギーが増加する。一方、船首傾斜部が完全に壊れ、図 3.3 の船首傾斜部よりも船体側(青色部)が壊れ始めると、構造が長手方向に一樣であることから、図 3.6 のように圧壊荷重は一定となり、吸収エネルギーは図 3.7 のように線形に増加することとなる。

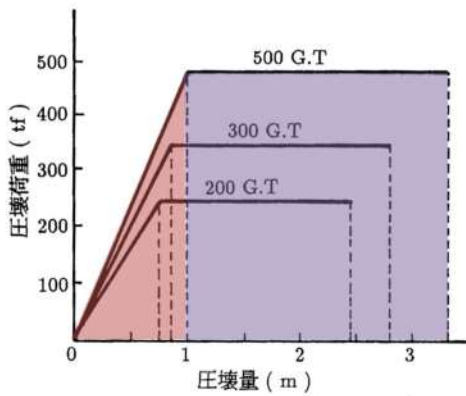


図 3.6 圧壊荷重と圧縮量

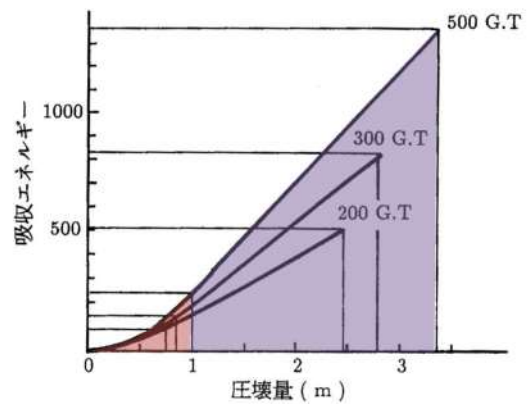


図 3.7 船側強度の算定

図 4 荷重と船首の変形量 (「土木学会 (1994)」に一部加筆) (2/2)

(2) 土木学会 (1994) の方法

「土木学会 (1994)」では、船舶の圧壊荷重 (船首強度) P_c について、図 5 に示す平板の座屈応力度の算定式から座屈強度 (σ_c) を算出し、船首形状寸法等を乗じることによって求められるとしている。「土木学会 (1994)」で検討対象としている船舶は、大型の鋼製船舶ではあるが、座屈強度 (σ_c) の算定式は一般的な平板の座屈応力度の算定式であることから、ヤング率とポアソン比で適切に考慮することで、鋼製以外の船舶にも適用可能である。

また、「土木学会 (1994)」によれば、船舶の破壊が進み、船首傾斜部がすべて破壊した際に圧壊荷重 P_c に達し、その後圧壊荷重 P_c が一定値として作用することとなる (図 6 参照)。

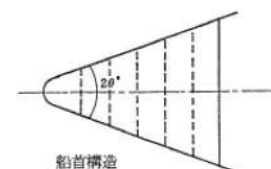
そのため、圧壊荷重 P_c を船首傾斜部の長さ L_{sf} で除した値が船舶の軸剛性 k_c となる (大型の鋼製船舶を対象に、「甲斐田・木原 (2017)」で示されている軸剛性と土木学会 (1994) により算出した軸剛性の比較を参考資料 1 に示す)。

ここで算出される軸剛性は、船首傾斜部のみに適用され、圧壊荷重に達した後は衝突荷重は一定値となることが想定されるが、本評価では一定となる圧壊荷重をそのまま衝突荷重とは考えずに、保守的に衝突速度に応じて荷重が増大することを仮定し、衝突荷重を算出することとする。

なお、「基礎からわかるFRP (強化プラスチック協会編, 2016)」によれば、「圧縮荷重が作用する場合には、圧縮強度を基準に構造設計するのではなく、座屈強度を基準に構造設計する必要がある。」とされていることから、FRP製船舶の圧壊荷重に座屈強度を用いることは妥当である。

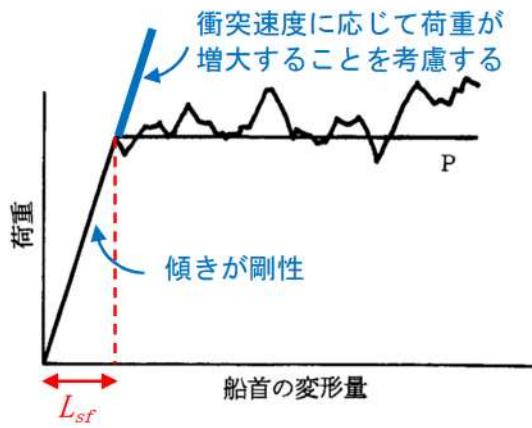
以上を踏まえ、「土木学会 (1994)」に示された圧壊荷重の算出方法を用いて、軸剛性を算出する。

$\sigma_c = k \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2$	σ_c : 座屈強度 (tf/m ²)	P_c : 厚壊荷重 (船首強度) (tf)
$P_c = 2Dt (\cos \theta) \sigma_c$	k_c : 軸剛性 (tf/m)	E : ヤング率 (tf/m ²)
$k_c = \frac{P_c}{L_{sf}}$	ν : ポアソン比	a : 横肋骨心距 (mm)
	k : 座屈係数 ((b/a+a/b) ²)	b : 縦肋骨新距 (mm)
	t : 船側外板厚 (mm)	D : 船の深さ (m)
	L_{sf} : 船首傾斜の長さ (m)	2θ : 船首角度 (°) (35° ~ 70°)

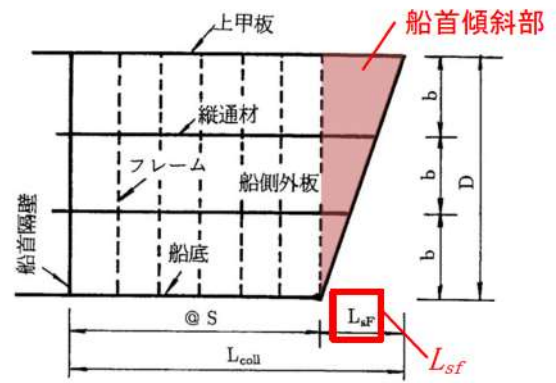


船首構造
船首角度 (「土木学会 (1994)」)

図 5 土木学会 (1994) を用いた軸剛性の算定方法



荷重と船首の変形量
 (「土木学会(1994)」に一部加筆)



船首部の標準型
 (「土木学会(1994)」に一部加筆)

図6 土木学会(1994)を用いた軸剛性の考え方

5

(3) 鋼製船舶を対象とした方法をFRP製船舶に用いることの妥当性

「土木学会(1994)」で示されている座屈強度(σ_c)の算定式は一般的な平板の座屈応力度の算定式であるため、ヤング率とポアソン比で適切に考慮することで、FRP製船舶に適用することが可能であると考えられるが、「土木学会(1994)」で検討対象としている船舶が鋼製船舶であることを踏まえ、FRP製船舶と鋼製船舶の形状、構造、材質及び損傷モードに関する類似(同等)性について確認を行った。

a. 船舶の形状に関する類似(同等)性

「小型漁船のインベントリ分析に関する研究-A:モデル船の建造・運航状況調査-(海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号(平成15年))」(以下「海技研報告(平成15年)」という。)に、総トン数14tのアルミ合金漁船とFRP製の船舶の図面が示されている(図7)。

これらの図面から、FRP漁船とアルミ合金漁船の寸法、外形及び断面はほぼ同じであることが確認したことから、FRP製船舶と鋼製船舶の形状は類似性を有すると判断した。

表-2.1 アルミ合金漁船の主要目表

全長	21.66m
全幅	4.78m
型深さ	1.21m
登録長	17.60m
登録幅	4.38m
登録深さ	1.20m
測定長	19.20m
測定幅	3.90m
測定深さ	1.20m
計画総トン数	14トン
主機関	YANMAR 6LX-ET (定格出力) 650PS
定員	6人
用途	小型機船底びき網漁業
燃料油の種類	A重油
燃料油の消費量	160g/(ps・hr)
発電機動力	主機駆動



写真-2.1 アルミ合金漁船

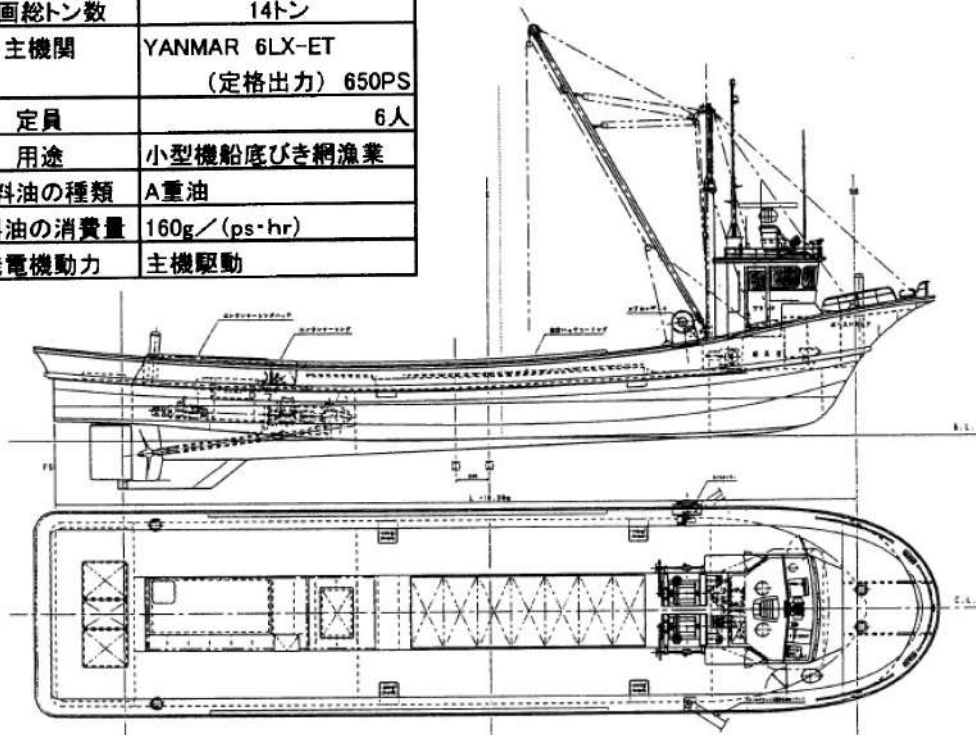


図-2.1 アルミ合金漁船の一般配置図

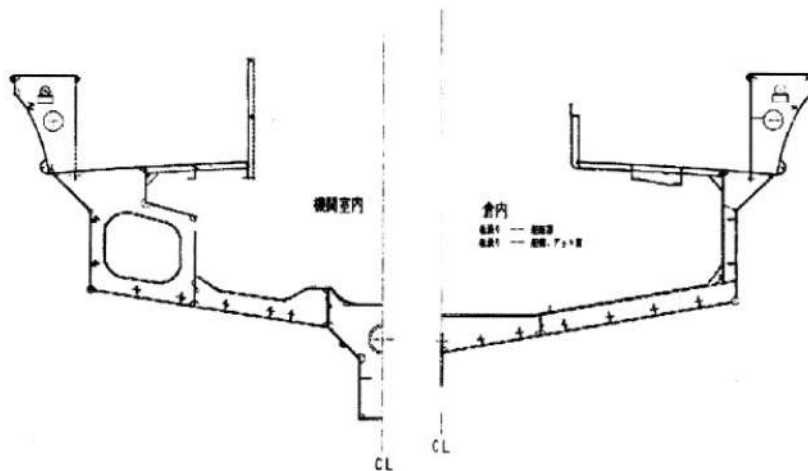


図-2.2 アルミ合金漁船の中央断面図

図7 アルミ合金漁船（「海技研報告（平成15年）」）（1/2）

表-2.6 FRP漁船の主要目表

全長	21.66m
全幅	4.78m
型深さ(D')	1.21m
登録長	17.60m
登録幅	4.18m
登録深さ	1.38m
測定長	19.20m
測定幅	3.90m
型深さ(Dm)	1.20m
計画総トン数	14トン
主機関	YANMAR 6LAH-ST (定格出力)550PS
定員	5人
用途	小型機船底びき網漁場
燃料油の種類	A重油
燃料油の消費量	162g/(ps.hr)
発電機動力	主機駆動

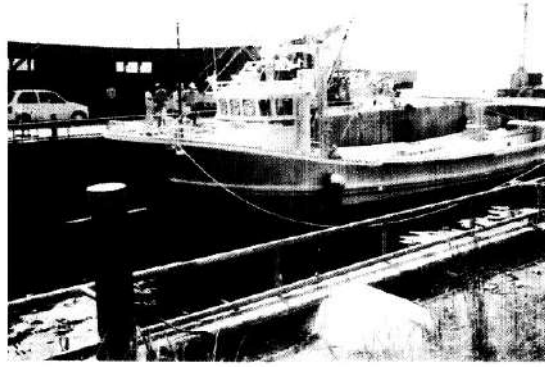


写真-2.2 FRP漁船

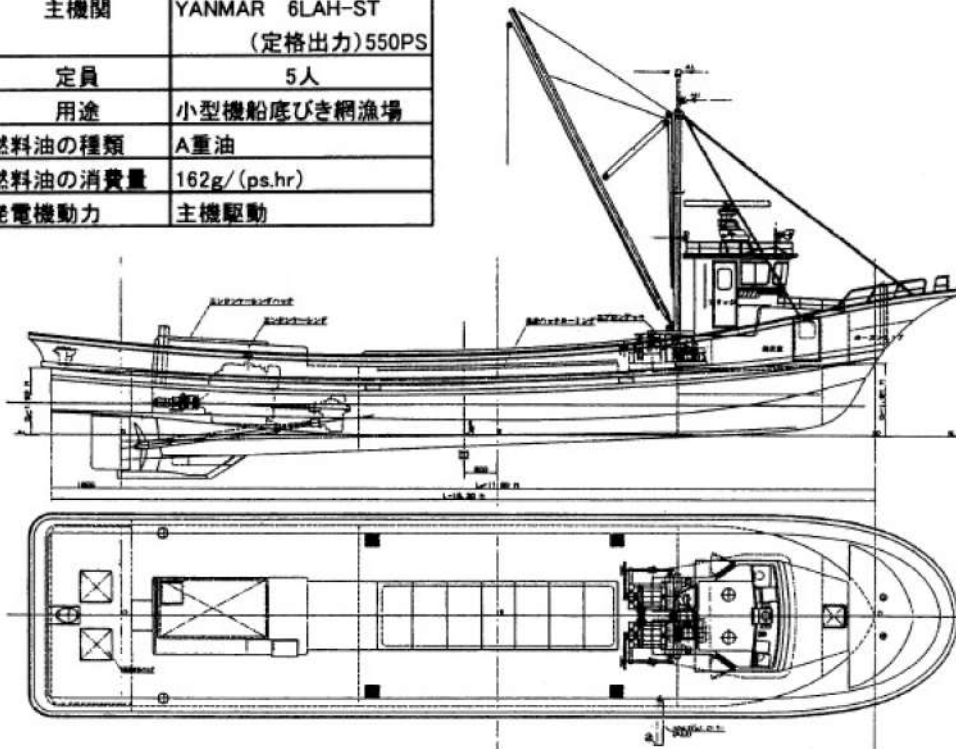


図-2.4 FRP漁船の一般配置図

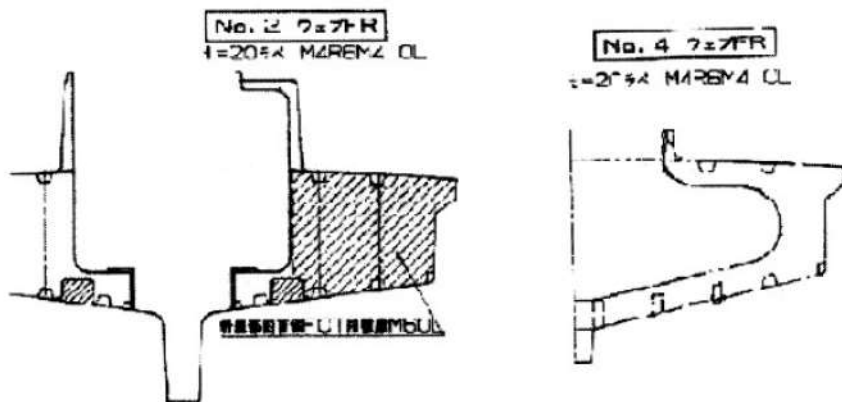


図-2.5 FRP漁船の横断面図

図7 FRP漁船(「海技研報告(平成15年)」)(2/2)

b. 船舶の構造に関する類似（同等）性

座屈強度を算出する際に必要となる船側外板厚等について、FRP製船舶と鋼製船舶の算出方法を比較し、両者に類似性があることを確認した（表5）。

- ✓ 「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」によれば，中央部の船側外板厚は $15S\sqrt{d+0.026L}$ （ S ：肋骨の心距， d ：計画最大満載喫水， L ：船の長さ）とされている。この算定式に関しては，「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会会誌，1978）」では，「波浪中を航行する船が受ける外力は，船の大きさ，形状等によって異なるが，特別な場合を除き，船体の材質によって変わらないと考えられる。したがって船底や船側の波浪外力，水密隔壁や深水タンク隔壁に作用する外力は，すべて鋼船規則に定められている外力を用いた。」とされており，外板の厚さを算出するために用いる外圧（水頭）について「荷重を鋼船規則に合わせ，波浪変動圧を考慮に入れた $(d+0.026L)$ とした。」とあることから，FRP製船舶の船側外板厚算定式は，鋼製船舶を基本にしていることから，両者は類似性を有する。
- ✓ また，縦強度，甲板，肋骨，船底等の主要構造について，「鋼船規則（日本海事協会）」，「小型鋼製漁船（（社）漁船協会，昭和46年）」及び「小型鋼船構造規則（詳細不明）」の鋼製船舶を基に「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」で規定されていることから，FRP製船舶と鋼製船舶の構造は類似性を有する。

c. 船舶の材質の力学特性の類似（同等）性

「土木学会（1994）」で検討対象としている船舶が鋼製船舶であることを踏まえ，それぞれの材料である鋼材とFRP材の材質の力学特性について整理を行い，両者に類似性があることを確認した（表5）。

- ✓ 船舶に用いられるFRP（Fiber Reinforced Plastics；繊維強化プラスチック）の主材料は，ガラス繊維基材と樹脂液（液状不飽和ポリエステル樹脂）である（「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018）」を参考）。
- ✓ 「FRP成形入門講座（日本プラスチック加工技術協会）」では，FRPの材料力学的特性の記載があり，「FRP材料はガラス繊維，マトリックスの種類，組成，形体によってその特性が広範囲に変化する。例えば，無方向性のランダムイドガラスマットを用いると，ほぼ等方性材料として扱うことができる。」とされている。また，船舶にはあらゆる方向からの波が外力として作用することから，異方性材料とならないようガラス繊維基材を組み合わせで成形される。
- ✓ 「基礎からわかるFRP（強化プラスチック協会編，2016）」によれば，「FRPは微視的には不均質材料であるが，巨視的には等方性または直交異方性の力学特性を持つ均質材料として取り扱うことができる。このような場合には，等方性または直交異方性の座屈理論をそのまま利用できる。」としている（図

8)。上記と同様，船舶にはあらゆる方向からの波が外力として作用することから，異方性材料とならないようガラス繊維基材を組み合わせ成形されるため，等方性の力学特性を持つ鋼材と FRP は類似した力学特性を有する。

- ✓ 「FRP 成形入門講座（日本プラスチック加工技術協会）」によれば，「FRP 材料は金属材料と異なり，はっきりとした降伏点を示さず，破壊寸前まではほぼ弾性変形を示し，その応力-ひずみ曲線は図のようになり，弾性吸収エネルギーが非常に大きいことが特徴で，外力の吸収が金属材料に比較して大きいため，FRP 材料で作られた構造物は与えられるショックが小さい。」ことが示されている（図9）。「基礎からわかるFRP（強化プラスチック協会編，2016）」及び「土木構造用FRP部材の設計基礎データ（土木学会，2014）」でも同様の特性を有することが記載されている。これらのことから，FRPは破壊寸前までは鋼材の降伏強度以内と同様に弾性変形するという点で類似している。

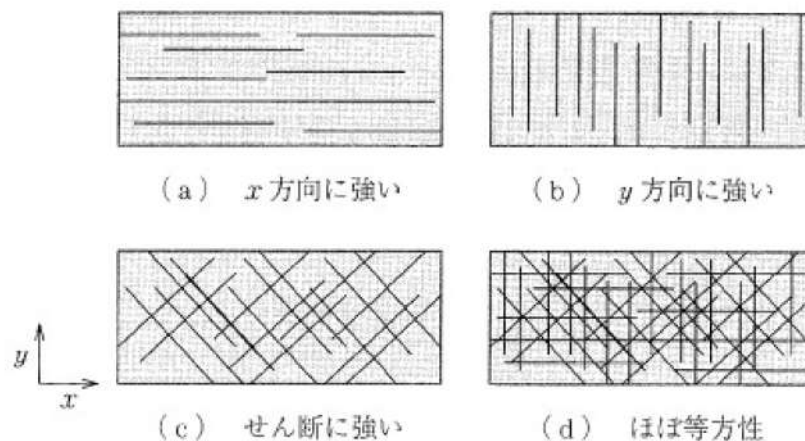


図8 FRPの材料異方性（「基礎からわかるFRP（強化プラスチック協会編，2016）」）

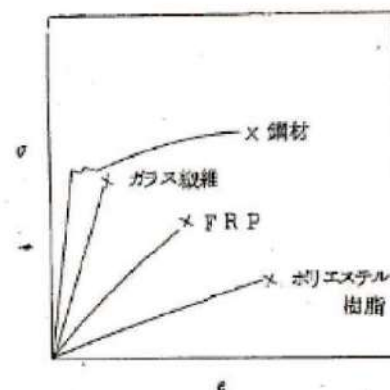


図9 FRPの応力-ひずみ関係
（「FRP成形入門講座（日本プラスチック加工技術協会）」）

d. 船舶の損傷モードの類似（同等）性

「土木学会(1994)」で検討対象としている船舶が鋼製船舶であることを踏まえ、それぞれの材料である鋼材とFRP材の損傷モードについて整理を行い、両者に類似性があることを確認した（表5）。

- ✓ 「FRP 構造設計便覧（強化プラスチック協会，1994）」によれば、「FRP 構造は薄肉シェルのことが多いが、もし外圧が作用して面内に発生する圧縮応力が大きくなると、構造は不安定となり、いわゆる座屈現象をおこして大変形を生じ、破損する恐れがあり、座屈限界応力が問題となる。また構造物の固有振動数が、外力からの加振振動数に近い場合には、いわゆる共振現象をおこし、機能を阻害したり、過大振幅になって材料が疲労破壊する恐れがあり、固有振動数が問題となる。」とされており、主に座屈と共振による損傷モードが考えられるが、評価対象事象は衝突であるため、座屈による損傷モードが想定される。これは、鋼製の圧縮材と同様の損傷モードである。
- ✓ 評価対象している小型船舶の構造は半円筒形のような構造をしているが、甲板は船舶の全体の構造強度には寄与しておらず、船底と船側が主に竜骨と隔壁で構造が区切られており、さらに縦断及び横断方向に肋骨が配置されている。そのため、FRP 製船舶と鋼製船舶は、それぞれ構成している部位の材質は異なるものの、どちらも主として薄板を組み合わせた構造である。
- ✓ また、船舶は 18m/s という高速度で被衝突体に衝突するため、非常に大きな力が一方向（圧縮方向）に作用するため、FRP 製船舶も鋼製船舶も薄板構造であり、圧縮系の座屈を引き起こしやすいという点で類似性を有する。
- ✓ なお、FRP 材は、局所的にトランスバースクラックや層間はく離等の損傷モードが考えられるが、衝突速度が 18m/s と高速度で、船舶の重量が 15t であるため、このような局所的かつ初期的な損傷モードは支配的とはならない。また、上述のとおり、船舶に一方向から極端に大きな力が作用するため、せん断座屈やねじれ座屈のような事象も生じず、圧縮座屈が支配的となる。

表 5 FRP製船舶と鋼製船舶の類似（同等）性に関する整理

項目	引用文献	確認内容	類似（同等）性
全体形状	「海技研報告（平成 15 年）」	文献に示されている FRP 漁船とアルミ合金漁船の寸法、外形及び断面がほぼ同じであることを確認した。	○
船側外板厚	「強化プラスチック船規則（日本海事協会, 2018）」 「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会誌, 1978）」	FRP 製船舶と鋼製船舶に作用する外力が同じであり、FRP 製船舶の船側外板厚算定式が鋼製船舶を基にしていることを確認した。	○
その他の 主要構造	「強化プラスチック船規則（日本海事協会, 2018）」 「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会誌, 1978）」 「鋼船規則（日本海事協会）」 「小型鋼製漁船（（社）漁船協会, 昭和 46 年）」 「小型鋼船構造規則（詳細不明）」	FRP 製船舶の縦強度、甲板、肋骨、船底等の主要構造が鋼製船舶の構造を参考にしたり、同様の考えを採用していることを確認した。	○
材質の力学特性	「基礎からわかる FRP（強化プラスチック協会編, 2016）」 「強化プラスチック船規則（日本海事協会, 2018）」 「FRP 成形入門講座（日本プラスチック加工技術協会）」	FRP 製船舶の材料である FRP は等方性又は直交異方性の力学特性を持ち、鋼製船舶の材料である鋼材と同様に均質材料であることを確認した。また、FRP は破壊直前まで鋼材（降伏強度以内）と同様に弾性変形することを確認した。	○
損傷モード	「FRP 構造設計便覧（強化プラスチック協会, 1994）」	FRP 製船舶と鋼製船舶は、どちらも薄板を組み合わせた構造であるため圧縮方向の力が作用した場合に座屈しやすいことを確認した。	○

- e. 鋼製船舶を対象とした方法をFRP製船舶に用いることの妥当性
 - a. ～ d. の検討より, FRP製船舶と鋼製船舶は形状, 構造, 材質に関して類似(同等)性を有することから, FRP製船舶の圧壊荷重算出にあたり「土木学会(1994)」の方法を用いることは妥当であると判断した。

(4) FRP製船舶の構造及び材質に係る条件の設定

a. 妥当性確認ケース

FRP製船舶の座屈強度を算出する際に必要となる船舶の構造条件，材料物性（ヤング率及びポアソン比）については，用いる文献の適用性を確認した上で，それぞれ表6及び表7のとおりとする。

これら表6及び表7に示した条件を「軸剛性の設定にあたり妥当性を確認したケース」とし，軸剛性を算出すると， 0.47×10^5 (N/m) となり，この軸剛性を用いてFEMA (2012) から衝突荷重を算出すると，879 (kN) となる（表8）。

表6 船舶の構造に関する引用文献の適用性及び設定値

項目	引用文献	適用性	評価	引用文献の値	採用値
船舶の長さ L	「漁港・漁場の施設の設計参考図書(水産庁, 2015年)」の総トン数5tの諸元(船の長さ)	本図書は、「漁港漁場整備法」に基づき「漁港・漁場の施設の設計」において参考となる技術的な知見を記載したものである。」とされており、全漁業種類の漁船の平均値が示されていることから、適用可能と判断した。	○	11.0 (m)	11.0 (m)
	「漁港・漁場の施設の設計参考図書(水産庁, 2015年)」の総トン数5tの最大喫水	本図書は、「漁港漁場整備法」に基づき「漁港・漁場の施設の設計」において参考となる技術的な知見を記載したものである。」とされており、全漁業種類の漁船の平均値が示されているが、最大喫水と船の深さは異なることから、適用不可と判断した。	×	1.8 (m)	
船の深さ ^{※1} D	「小型漁船のインベントリ分析に関する研究-A:モデル船の建造・運航状況調査- (海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号 (平成15年))」から案分	本図書は、実際に漁業で使用されていた総トン数約14tのFRP製漁船の形状が示されていることから、総トン数5tに案分することで適用可能と判断した。	○	1.22 (m) ^{※2}	1.22 (m)
船側外板厚 t	「強化プラスチック船規則(日本海事協会, 2018年)」の前後部の外板の厚さ	本規則は、法定検査と同等(本規則に従った船級検査に合格すること、法定検査を省略することが可能)であり、船舶の長さが35m未満のFRP製船舶に適用される規則であることから適用可能と判断した。	○	5.89 (mm)	5.89 (mm)
横肋骨心距 a	「強化プラスチック船規則(日本海事協会, 2018年)」の肋骨心距	本規則は、法定検査と同等(本規則に従った船級検査に合格すること、法定検査を省略することが可能)であり、船舶の長さが35m未満のFRP製船舶に適用される規則であることから適用可能と判断した。	○	500 (mm)	500 (mm)
縦肋骨心距 b	「強化プラスチック船規則(日本海事協会, 2018年)」の肋骨心距	本規則は、法定検査と同等(本規則に従った船級検査に合格すること、法定検査を省略することが可能)であり、船舶の長さが35m未満のFRP製船舶に適用される規則であることから適用可能と判断した。	○	500 (mm)	500 (mm)
船首角度 2θ	「小型漁船のインベントリ分析に関する研究-A:モデル船の建造・運航状況調査- (海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号 (平成15年))」から案分	本図書は、実際に漁業で使用されていた総トン数約14tのFRP製漁船の形状が示されていることから適用可能と判断した。	○	70° ^{※2}	70°
船首傾斜部の長さ L _{st}	「小型漁船のインベントリ分析に関する研究-A:モデル船の建造・運航状況調査- (海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号 (平成15年))」から案分	本図書は、実際に漁業で使用されていた総トン数約14tのFRP製漁船の形状が示されていることから、総トン数5tに案分することで適用可能と判断した。	○	1.52 (m) ^{※2}	1.52 (m)

※1:「強化プラスチック船規則(日本海事協会, 2018年)」によれば、「船の長さの中央で測った船底外板の下面、又は船体中心線と船底外板下面の延長線との交点から船側における上甲板の上面までの垂直距離をいい、単位はメートル(m)とする。」とされている。

※2:算出方法を図10に示す。

※3:船舶構造について、設計及び工事計画認可段階では、漂流物評価結果により抽出した対象船舶の諸元を基に適切な設定を行う。

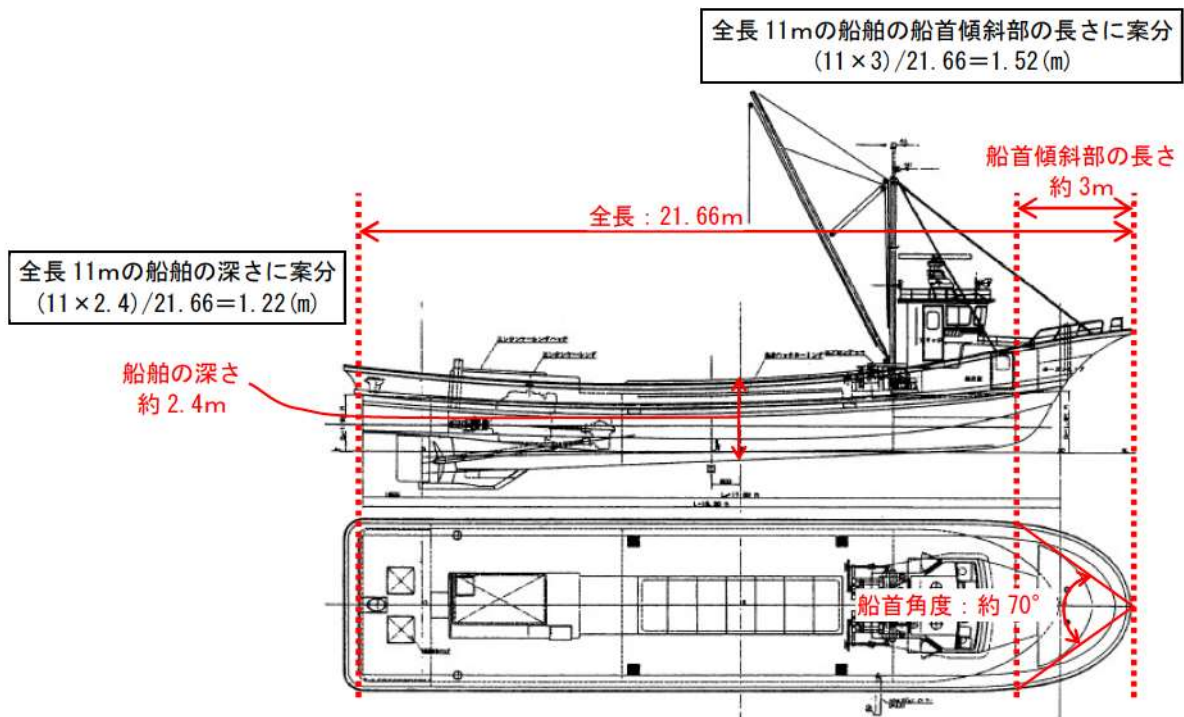


図-2.4 FRP漁船の一般配置図

図 10 FRP 漁船の深さ，船首傾斜部の長さ及び船首角度
 (「海技研報告 (平成 15 年)」に一部加筆)

表 7 船舶の材料物性（ヤング率及びポアソン比）に関する引用文献の適用性及び設定値

項目	引用文献	適用性	評価	引用文献の値 ^{※1}	採用値 ^{※2}
ヤング率 (曲げ弾性率)	「強化プラスチック船規則（日本海事協会，2018年）」の曲げ弾性係数	本規則は、「長さが35m未満の普通の形状のFRP船（油タンカーを除く。）で、普通の主要寸法比を有するものに適用する。」とされており、平均的な曲げ弾性係数を示しているが、最低値を規定している可能性があるため、適用不可と判断した。	×	6.86×10 ⁸ (N/mm ²) 【0.7×10 ⁶ (tf/m ²)】	
	「強化プラスチック船規則検査要領（日本海事協会，2018年）」の曲げ弾性係数の判定基準	上記規則に対する検査要領であり、船体材料（ガラス繊維基材）の判定基準を示したものであることから、適用可能と判断した。	○	11.78×10 ⁸ (N/mm ²) 【1.2×10 ⁶ (tf/m ²)】	
	「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」のハンドレイアウト成形法 ^{※3} の曲げ弾性率	本図書は、「漁港漁場整備法」に基づき「漁港・漁場の施設の設計において参考となる技術的な知見を記載したものである。」とされており、漁船の成形法であるハンドレイアウト成形法による曲げ弾性率を示したものであることから、適用可能と判断した。	○	9～12 (GPa) 【1.08×10 ⁶ (tf/m ²)】	1.2×10 ⁶ (tf/m ²)
	「船舶海洋工学シリーズ⑥船体構造 構造編（藤久保昌彦・吉川孝男・深沢塔一・大沢直樹・鈴木英之，2012年）」	本文献は、船体構造が詳細に示されているが、FRP船舶については紹介されている程度であり、示されているヤング率も典型的な値として紹介されているのみで、値の根拠が示されていないことから、適用不可と判断した。	×	10.7 (kN/mm ²) 【1.09×10 ⁶ (tf/m ²)】	
材料物性	「非金属材料データベース⑥FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト成形法による繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）の曲げ弾性率	本文献は、非金属材料の物性値を幅広く掲載しており、漁船の成形法であるハンドレイアウト成形法による曲げ弾性率を示したものであることから、適用可能と判断した。	○	1050～1140 (kgf/mm ²) 【1.10×10 ⁶ (tf/m ²)】	
	「3相森・田中平均化手法のハイブリッドFRP梁への応用（土木学会，2014）」	FRP材料の巨視的材料係数としてポアソン比が示されているが、I型断面の梁構造の値であり、船舶とは使用目的が異なるため、適用不可と判断した。	×	0.1, 0.29, 0.308, 0.32	
ポアソン比	「非金属材料データベース⑥FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト成形法による繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）	本文献は、非金属材料の物性値を幅広く掲載しており、漁船の成形法であるハンドレイアウト成形法によるポアソン比を示したものであることから、適用可能と判断した。	○	0.336 (0.320～0.358)	0.336

※1:文献に記載されている値が範囲を示している場合は平均値とし、【】内に示す。また、各項目で適用性ありと評価されたものの最大値を下線で示す。

※2:各項目で適用性ありと評価された中から最大値を採用する。

※3:ERPの成形法に用いられる成形法である。他の漁船の成形法としてはスプレイアップ成形法があるが、ヤング率は7～9 (GPa)であり、ハンドレイアップ成形法の方が高い。

表8 各条件の妥当性を確認したケースでの軸剛性

項目		軸剛性の設定にあたり 妥当性を確認したケース
船舶構造	船舶の長さ L	11.0 (m)
	船の深さ D	1.22 (m)
	船側外板厚 t	5.89 (mm)
	横肋骨心居 a	500 (mm)
	縦肋骨心居 b	500 (mm)
	船首角度 2θ	70 (°)
	船首傾斜部の長さ L_{sf}	1.52 (m)
材料物性	ヤング率 E (曲げ弾性率)	1.2×10^6 (tf/m ²)
	ポアソン比 ν	0.336
圧壊荷重 P_c		71.3 (kN)
有効軸剛性 k_c		0.47×10^5 (N/m)
衝突荷重 (FEMA (2012))		879 (kN)

b. 保守性確認ケース

「a. 妥当性確認ケース」で示した軸剛性は、軸剛性の設定に当たり各条件（構造及び材料物性）の妥当性は確認しているものの、設計へ適用するためには保守性を考慮する必要がある。そのため、以下の方針で保守性の考慮について整理した。

材料物性であるヤング率及びポアソン比について、妥当性を確認したケースにおいては適用性を確認した文献に示されている値又は範囲で示されている場合は平均値を用いたが、これらの物性は不確かさ及びばらつきがある条件であるため、それぞれ文献で確認した値の最大値（範囲を示している場合も最大値）を採用することで、保守性を考慮する（表9）。

「土木学会（1994）」では、船首角度以外の条件は船舶の長さLの関数として記載されている。そのため、妥当性を確認したケースの船舶の長さ11mとした場合の軸剛性を算出し、更に、船舶の長さをより長くした場合の検討も行い、軸剛性の保守性を考慮する。

上記方針に従い保守性を考慮した軸剛性算出の各条件を表10に示す。

その結果、保守性確認ケース1では、 1.56×10^5 (N/m) 、保守性確認ケース2では 1.74×10^5 (N/m) となり、保守性確認ケース2の方が大きく、「a. 妥当性確認ケース」の軸剛性 (0.47×10^5 (N/m)) よりも3倍以上の値であることから、保守性確認ケース2の軸剛性 (1.74×10^5 (N/m)) を採用する。

表9 材料物性（ヤング率及びポアソン比）の妥当性確認と保守性確認ケースでの比較

項目	引用文献	引用文献の値①	妥当性確認 (①の平均値)	保守性確認 (①の最大値)
ヤング率 (曲げ弾性率)	「強化プラスチック船規則検査要領（日本海事協会，2018年）」の曲げ弾性係数の判定基準	11.78×10 ³ (N/mm ²) 【1.2×10 ⁶ (tf/m ²)】	1.2×10 ⁶ (tf/m ²) ※1	1.2×10 ⁶ (tf/m ²)
	「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」のハンドレイアウト形成法の曲げ弾性率	9～12 (GPa) 【0.91×10 ⁶ ～1.22×10 ⁶ (tf/m ²)】	1.08×10 ⁶ (tf/m ²)	1.22×10 ⁶ (tf/m ²) ※2
ポアソン比	「非金属材料データーブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト用ガラス繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）の曲げ弾性率	1050～1140 (kgf/mm ²) 【1.05×10 ⁶ ～1.14×10 ⁶ (tf/m ²)】	1.10×10 ⁶ (tf/m ²)	1.14×10 ⁶ (tf/m ²)
	「非金属材料データーブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト用ガラス繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）	0.336 (0.320～0.358)	0.336 ※1	0.358 ※2

※1:妥当性確認の際に採用した物性値を示す。

※2:保守性確認の際に採用した物性値を示す。

表10 船舶の構造及び材料物性（ヤング率及びポアソン比）に関する保守性を確認したケースの軸剛性

項目	設定・算出方法	保守性確認ケース1	保守性確認ケース2	
船舶構造	船舶の長さ L	「漁港・漁場の施設設計参考図書（水産庁，2015年）」の総トン数5tの諸元（船の長さ）に加えて，その長さを超える場合も考慮	「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会誌，1978年）」から総トン数5tに最も近い船の長さ：12.8 (m) ※1	
	船の深さ D	「土木学会（1994）」より $0.08 \times L$ にて算出	$0.08 \times 12.8 = 1.02$ (m)	
	船側外板厚 t	「土木学会（1994）」より $0.82\sqrt{L+2.5}$ にて算出 「土木学会（1994）」の中で示されている計算例（参考資料2）では船側外板厚はほぼ \sqrt{L} であり，上式の0.85倍に近い数値となっているが，保守的に上式をそのまま採用	$0.82 \times 12.8^{0.5} + 2.5 = 5.434$ (mm)	
	横肋骨心距 a	「土木学会（1994）」より $450 + 2L$ にて算出	$450 + 2 \times 12.8 = 475.6$ (mm)	
	縦肋骨心距 b	「土木学会（1994）」より $550 + 2L$ にて算出	$550 + 2 \times 12.8 = 575.6$ (mm)	
	船首角度 2θ	「土木学会（1994）」より $2\theta = 35 \sim 70^\circ$ とされていることを踏まえ，保守的になるよう 35° を採用	35°	
	船首傾斜部の長さ L_{ef}	「土木学会（1994）」より $0.25 \times D$ にて算出	$0.25 \times (0.08 \times 11) = 0.22$ (m)	
	材料物性	ヤング率E (曲げ弾性率)	以下の3つの文献で示されている値の最大 ・「強化プラスチック船規則検査要領（日本海事協会，2018年）」の曲げ弾性係数の判定基準 ・「漁港・漁場の施設設計参考図書（水産庁，2015年）」のハンドレイアウト作成法の曲げ弾性率 ・「非金属材料データブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト用ガラス繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）の曲げ弾性率	1.22×10^6 (tf/m ²)
		ポアソン比ν	「非金属材料データブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス」[改訂2版]（日本規格協会，1985年）」のハンドレイアウト用ガラス繊維基材のGRPとしての力学的特性（標準）で示されている値の最大	0.358
		圧壊荷重P _c		34.3 (kN)
有効軸剛性k _c			1.56×10^5 (N/m)	
	衝突荷重 (FEMA (2012))		1,691 (kN)	

※1:総トン数5tの船舶に12.8mの長さを用いることの保守性については参考資料3に示す。

※2:船舶構造について，設計及び工事計画認可段階では，漂流物評価結果により抽出した対象船舶の諸元を基に適切な設定を行う。

3. 漂流物の衝突荷重の算定

各漂流物による衝突荷重を表11に示す。

算出の結果、漂流物による最大衝突荷重は、小型船舶（総トン数5 t）の1,691kNであった。

そのため、防潮堤の構造成立性評価に用いる衝突荷重は保守的に2,000kNに設定する。

表11 各漂流物による衝突荷重一覧

対象漂流物	重量等	到達形態	流速 (衝突速度)	初期配置区分	適用式	有効軸剛性 (N/m)	衝突荷重 (kN)
小型船舶 (FRP)	総トン数：5t (排水トン数：15t)	浮遊	18m/s	直近海域	FEMA (2012)	1.74×10^5	1,691 【1.18】
船舶 (FRP)	総トン数：20t (排水トン数：60t)	浮遊	18m/s	前面海域	道路橋示方書	—	1,059 【1.89】
設計用衝突荷重							2,000

※【】内は衝突荷重に対する設計用衝突荷重の割合を示す。

既往文献の鋼製船舶の軸剛性と土木学会（1994）の方法を用いた場合の比較

「甲斐田・木原（2017）」では既往の文献（有田（1988））を整理し，総トン数400～4000tの鋼製の大型船舶の船首方向の軸剛性を示している。ここでは，これらの鋼製の大型船舶の軸剛性を土木学会（1994）の方法を用いて算出し，「甲斐田・木原（2017）」の軸剛性と比較する。

その結果を参考表 1 に示す。

土木学会（1994）の方法から算出した軸剛性と「甲斐田・木原（2017）」の軸剛性とは，概ね同じような値であることを確認した。また，土木学会（1994）の方法から算出した軸剛性の方が大きくなる傾向があることを確認した。

参考表 1 「甲斐田・木原 (2017)」と土木学会 (1994) の方法を用いた場合の軸剛性 (鋼製船舶) の比較

項目	500G. T. 船	1000G. T. 船	2000G. T. 船	4000G. T. 船
総トン数	500 (t)	1000 (t)	2000 (t)	4000 (t)
船舶の長さ L	50 (m)	63 (m)	80 (m)	100 (m)
船の深さ D	$0.08 \times 50 = 4.0$ (m)	$0.08 \times 63 = 5.04$ (m)	$0.08 \times 80 = 6.4$ (m)	$0.08 \times 100 = 8$ (m)
船側外板厚 t	$0.82 \times 50^{0.5} + 2.5 = 8.3$ (mm)	$0.82 \times 63^{0.5} + 2.5 = 9.009$ (mm)	$0.82 \times 80^{0.5} + 2.5 = 9.834$ (mm)	$0.82 \times 100^{0.5} + 2.5 = 10.7$ (mm)
横肋骨心距 a	$450 + 2 \times 50 = 550$ (mm)	$450 + 2 \times 63 = 576$ (mm)	$450 + 2 \times 80 = 610$ (mm)	$450 + 2 \times 100 = 650$ (mm)
縦肋骨心距 b	$550 + 2 \times 50 = 650$ (mm)	$550 + 2 \times 63 = 676$ (mm)	$550 + 2 \times 80 = 710$ (mm)	$550 + 2 \times 100 = 750$ (mm)
船首角度 ^{**1} 2θ	70°	70°	70°	70°
船首傾斜部の長さ L_{sf}	$0.25 \times (0.08 \times 50) = 1.0$ (m)	$0.25 \times (0.08 \times 63) = 1.26$ (m)	$0.25 \times (0.08 \times 80) = 1.6$ (m)	$0.25 \times (0.08 \times 100) = 2.0$ (m)
ヤング率 E (曲げ弾性率)	2.1×10^7 (tf/m ²)	2.1×10^7 (tf/m ²)	2.1×10^7 (tf/m ²)	2.1×10^7 (tf/m ²)
ポアソン比 ν	0.3	0.3	0.3	0.3
圧縮荷重 P_c	6785 (kN)	10090 (kN)	15071 (kN)	21690 (kN)
効軸剛性 k_c	6.79×10^6 (N/m)	8.01×10^6 (N/m)	9.42×10^6 (N/m)	1.09×10^7 (N/m)
甲斐田・木原 (2017) で示されている有効軸剛性	5.1×10^6 (N/m)	6.4×10^6 (N/m)	8.2×10^6 (N/m)	1.1×10^7 (N/m)

※1: 船首角度は不明であったため、土木学会 (1994) で示されている最大と最小の値を用いてそれぞれの軸剛性を算出した。

「土木学会 (1994)」で示されている計算例

「土木学会 (1994)」で示されている船首強度 (圧壊荷重) の計算例を参考図 1 に示す。

(2) 船首強度の計算

船首強度は船首の座屈強度から求める。船首部側板の座屈強度は、板厚や側板各辺長さなどの関係式として次式のように表わせる。

$$\sigma_c = k \frac{\pi^2 E}{12 (1 - \nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \leq \sigma_y \quad (3.2)$$

船首の形状寸法など諸値を乗じると、船首強度すなわち圧壊荷重は次式で表わせる。

$$P_c = 2 D t \cos \theta \sigma_c \quad (3.3)$$

ここで式の記号は以下のとおりである。

- k : 座屈係数 $= \left(\frac{b}{a} + \frac{a}{b}\right)^2$
- E : ヤング率 $= 2.1 \times 10^7 \text{ tf/m}^2$
- ν : ポアソン比 $= 0.3$
- σ_y : 鋼材の降伏点応力 $2,400 \text{ kgf/cm}^2$

上2式をもとに、船首部側板の座屈強度を算出する。200 G.T, 300 G.T および 500 G.T の船舶の船首部諸元を表 3.2 のように設定する。

ここで横肋骨心距 a は、

$$a = 450 + 2L \quad (3.4a)$$

縦肋骨心距 b は、

$$b = 550 + 2L \quad (3.4b)$$

また、図 3.5 に示す船首角度を $2\theta = 35^\circ$ 、船首傾斜部の長さを $L_{sf} = 0.25D$ とする。船首強度の計算結果を表 3.3 に示す。

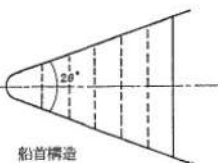


表 3.2 船首部諸元

ゲート	G.T	L (m)	L _{coll} (m)	D (m)	a (mm)	b (mm)	L _{sf} (m)
A	200	36.84	3.68	2.95	520	620	0.74
B	300	42.17	4.22	3.37	530	630	0.84
C	500	50.00	5.00	4.40	550	650	1.00

表 3.1 船首部の標準寸法値

構造寸法	記号	標準寸法	単位
船の深さ	D	0.08 L	m
船側外板厚	t	$0.82\sqrt{L + 2.5}$	mm
フレーム間隔	S	610	mm
船首隔壁位置	L _{coll}	0.1 L	m
縦通材間隔	b	3S	mm
船首部傾斜幅	L _{sf}	0.25 D	m
船首部先端角度	2θ	35 ~ 70	度
船体幅	B	L/10 + 3.81	m

表 3.3 船首圧壊強度

L (m)	a (mm)	b (mm)	t (mm)	k	σ_{cr} (kgf/cm ²)	D (m)	P _c (tf)
36.84	520	620	6	4.08	725	2.95	245
42.17	530	630	6.5	4.12	832	3.37	348
50.00	550	650	7	4.12	907	4.00	484

表 3.3 から a 及び b を算出する際に用いる L はメートル単位での数値を用いている。また、板厚 t は表 3.1 で示されている式から算出される値よりも小さい (\sqrt{L} で算出されていると考えられる)。

参考図 1 「土木学会 (1994)」で示されている計算例 (「土木学会 (1994)」に一部加筆)

総トン数5tの漁船の長さに関する保守性について

「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」では，総トン数5tの漁船の長さは11.0mとの記載がある（参考図2の赤実線）。

総トン数5tの漁船の長さを示す他の文献が確認できなかったため，「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会会誌，1978年）」の供試船一覧表で記載されている船舶の中から11.0mに最も近い12.8mの長さを，保守性を考慮する際に用いることとする（参考図3の赤実線）。

船舶の長さ12.8mは「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」では，総トン数10tの漁船の長さ（13.0m）にほぼ等しい長さ（参考図2の赤点線）であり，総トン数5tの船舶に対して12.8mの長さを用いることは保守的になっている。

船型 (G.T.)	船の長さ (L)	船の幅 (B)	喫水	
			最大 (dmax)	最小 (dmin)
1	7.0m	1.8m	1.0m	—m
2	8.0	2.2	1.2	—
3	9.0	2.4	1.4	—
4	10.0	2.6	1.6	—
5	11.0	2.8	1.8	—
10	13.0	3.5	2.0	1.9

参考図2 漁船の諸元（「漁港・漁場の施設の設計参考図書（水産庁，2015年）」に一部加筆）

船名	L (m)	B (m)	D (m)	d (m)	C _b	V (kt)
A	23.8	4.35	2.20	1.87	0.70	10.5
B	26.0	5.60	2.30	1.96	0.71	10.5
C	16.3	3.60	1.40	1.30	0.61	10.0
D	21.5	5.10	2.10	2.05	0.66	11.0
E	26.4	5.46	2.48	2.40	0.67	11.0
F	24.4	5.43	2.34	2.02	0.69	11.0
G	26.5	5.53	2.50	2.17	0.77	11.0
H	22.2	5.23	2.14	1.87	0.64	11.0
I	17.0	3.70	1.40	1.01	0.65	11.5
J	12.8	3.30	1.01	0.52	0.55	17.5
K	24.0	5.35	2.30	2.00	0.66	10.0
L	15.4	3.90	1.55	0.74	0.63	27.0
M	20.1	5.30	2.30	1.08	0.40	24.0
N	14.5	4.03	1.45	1.08	0.53	13.5
O	13.5	3.00	1.08	0.81	0.69	11.0
P	16.0	3.95	1.57	1.30	0.70	11.0

参考図3 供試船一覧表

（「強化プラスチック船規則解説（日本海事協会会誌，1978年）」に一部加筆）

【参考文献】

- 1) 道路橋示方書(2002) : 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
- 2) 津波漂流物対策施設設計ガイドライン(2009) : 津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案), (財) 沿岸技術研究センター, (社) 寒地港湾技術研究センター
- 3) 全国漁港漁場協会(2003) : 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)
- 4) 安藤ら(2006) : 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)
- 5) 東京大学生産技術研究所(2011) : 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 中間報告 その2, 平成23年10月
- 6) 松富(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, No. 621, pp. 111-127, 1999. 5
- 7) 池野・田中(2003) : 陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 721-725, 2003
- 8) 水谷ら(2005) : エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究, 海岸工学論文集, 第52巻 pp. 741-745, 2005
- 9) 有川ら(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, 2007
- 10) 有川ら(2010) : 津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験, 土木学会論文集 B2, Vol. 66, No. 1, pp. 781-785, 2010
- 11) FEMA (2012) : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Second Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2012
- 12) FEMA (2019) : Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis Third Edition, FEMA P-646, Federal Emergency Management Agency, 2019
- 13) ASCE (2016) : Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI Standard 7-16, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia
- 14) 漁港・漁場の施設の設計参考図書(水産庁, 2015年版)
- 15) 甲斐田・木原(2017) : 原子力発電所における津波漂流物の影響評価技術—現状調査とその適用に関する考察—, 電力中央研究所研究報告(2017)
- 16) 土木学会(1994) : 構造物の衝撃挙動と設計法((社) 土木学会, 1994)
- 17) 基礎からわかるFRP(強化プラスチック協会編, 2016)
- 18) 小型漁船のインベントリ分析に関する研究—A: モデル船の建造・運行状況調査—, 海上技術安全研究所報告 第3巻 第5号(平成15年)
- 19) 強化プラスチック船規則(日本海事協会, 2018)

- 20) 強化プラスチック船規則解説 (日本海事協会会誌, 1978)
- 21) 鋼船規則 (日本海事協会)
- 22) 小型鋼製漁船 ((社) 漁船協会, 昭和 46 年)
- 23) 小型鋼船構造規則 (詳細不明)
- 24) FRP 成形入門講座 (日本プラスチック加工技術協会)
- 25) 土木構造用 FRP 部材の設計基礎データ (土木学会, 2014)
- 26) FRP 構造設計便覧 (強化プラスチック協会, 1994)
- 27) 船舶海洋工学シリーズ⑥船体構造 構造編 (藤久保昌彦・吉川孝男・深沢塔一・大沢直樹・鈴木英之, 2012)
- 28) 非金属材料データブック プラスチック・FRP・ゴム・接着剤・塗料・木材及び木質材料・セラミックス [改訂 2 版] (日本規格協会, 1985)
- 29) 3 相森・田中平均化手法のハイブリッド FRP 梁への応用 (土木学会, 2014)

貯留堰の構造及び仕様について

貯留堰は津波防護施設及び非常用取水設備である。地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波、余震及び漂流物の衝突を考慮した場合においても、引き波による取水ピットの水位低下に対して、原子炉補機冷却海水ポンプの取水に必要な高さの海水を確保し、主要な構造体の境界部への止水処理により止水性を保持することを機能設計上の性能目標として、3号炉取水口に設置する。

また、地震後の繰返しの津波の来襲を想定した津波荷重並びに余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。そのためには有意な沈下が生じないよう十分な支持性能を有する岩盤に設置するとともに、鋼管矢板間には鋼管矢板継手、また構造物の境界には止水ゴムを設置し、部材の変形や破断等で有意な漏えいを生じさせない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

本資料では、貯留堰の構造及び仕様について示すとともに、貯留堰に求められる海水の貯留機能及び止水機能を確保するための設計方針について示す。

1. 貯留堰の構造及び仕様

貯留堰は、その機能及び目的から貯留堰本体、護岸接続部及び衝突防止工に区分され、このうち貯留堰本体は鋼管矢板連続壁として鋼管同士を継手により連結した構造であり、護岸接続部は止水ゴム及び止水ゴムを取り付けるための鋼材により構成される。貯留堰の前面には、貯留堰本体及び止水ゴムへの津波漂流物の衝突を防ぐため、衝突防止工として鋼管杭を設置する。既設構造物である3号炉取水口は、貯留堰の間接支持構造物である。

鋼管矢板は、 $\phi 1600$ mmの鋼管であり、全10本の鋼管矢板を連続的に打設することにより堰形状を構成する。鋼管矢板は、下端を岩盤に十分根入れすることにより支持性能を確保するとともに、天端は、原子炉補機冷却海水ポンプの取水に必要な水量を確保するため、底版コンクリート天端高さ T.P. -8.0m に対して、貯留堰天端高さを T.P. -4.0m としており、4.0m の堰高さを有する。貯留堰の寸法は、4.0m \times 19.8m である。

貯留堰の全体構造を図1～図6に、貯留堰の主要な仕様を表1に、3号炉取水口の主要な仕様を表2に示す。

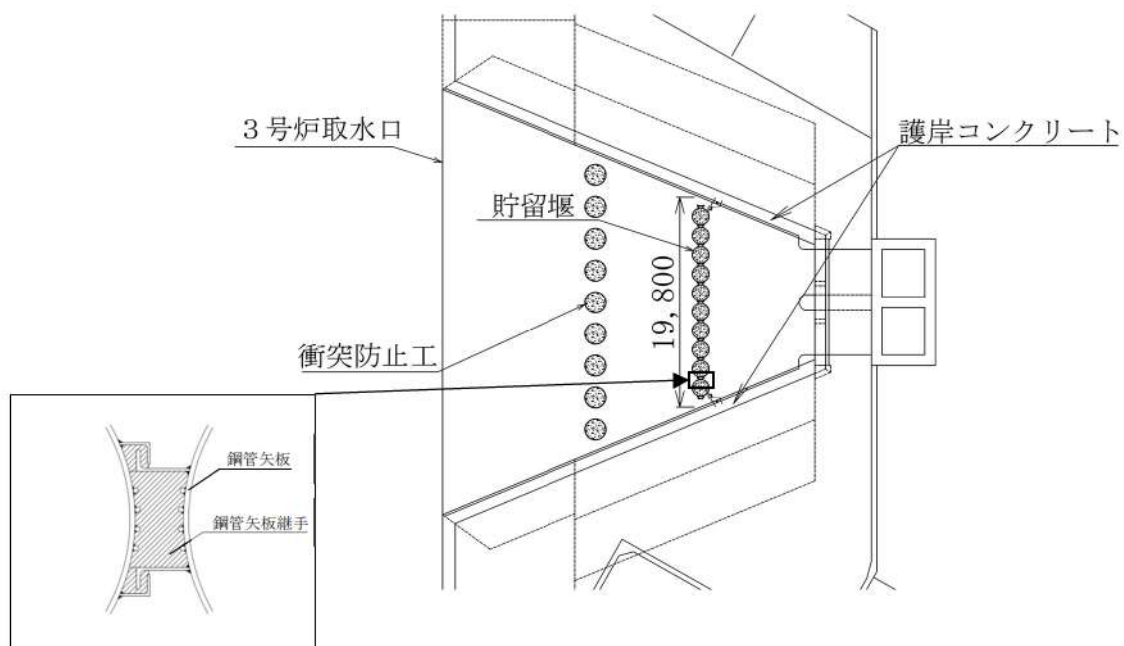


図1 貯留堰全体構造（平面図）

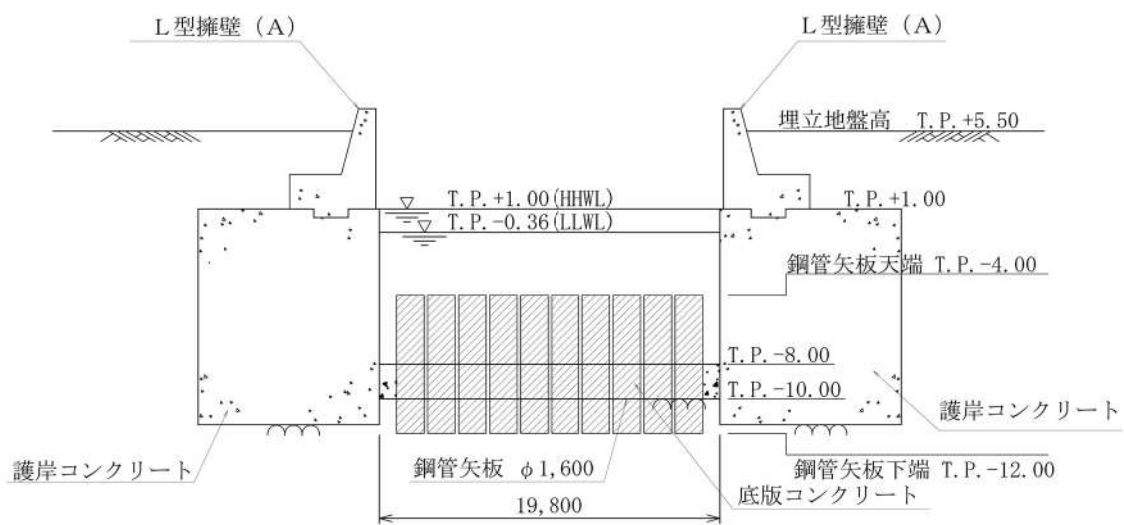


図2 貯留堰全体構造（貯留堰縦断図）

表1 貯留堰の主要仕様

施設区分	構成部位		項目		仕様	
貯留堰	貯留堰本体	鋼管矢板	材質		SM570	
			寸法 (mm)	外径	1600	
			許容応力度 (N/mm ²)	引張	255	
				圧縮	255	
				せん断	145	
		鋼管矢板継手	材質		SS400	
			形式		高耐力継手	
			寸法 (mm)	継手間隔	200	
			許容応力度 (N/mm ²)	引張	140	
				圧縮	140	
	せん断	80				
	護岸接続部	止水ゴム※ ¹	材質		CR・補強布	
			型式		G250D 特殊型	
		止水ジョイント	止水ゴム取付部鋼材※ ¹	材質		SM400
				許容応力度 (N/mm ²)	引張	140
					圧縮	140
					せん断	80
			材質		SD345 (アンカーボルト)	
		許容耐力 (kN)	引張	「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき設定		
			せん断			
衝突防止工		鋼管杭※ ¹	材質		SM570	
	寸法 (mm)		外径	2000		
	許容応力度 (N/mm ²)		引張	255		
			圧縮	255		
			せん断	145		

※1 仕様は変更の可能性あり

表2 3号炉取水口の仕様

施設区分	構成部位	項目	仕様
3号炉取水口	護岸コンクリート	材 質	無筋コンクリート
		寸 法	幅 10.5m, 高さ 12.5m

2. 設計方針

貯留堰は津波防護施設であるため、「4. 1 津波防護施設の設計」に記載のとおり、審査ガイドに基づき、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組合せた条件で設計を行うとともに、漂流物の衝突及び自然現象による荷重との組合せを適切に考慮することにより、耐震・耐津波設計上の十分な裕度をもって海水の貯留機能を確保する。

(1) 評価方針

貯留堰は、前述の機能設計上及び構造強度設計上の性能目標を達成するために、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことが必要となる。このため構造部材の健全性、基礎地盤の支持性能及び構造物の変形性の観点から評価を行う。

貯留堰の構成部位とその役割を表3に、貯留堰の評価項目、その評価方法及び許容限界を表4に示す。

(2) 検討フロー

貯留堰の耐震評価の検討フローを図7に、強度評価の検討フローを図8に示す。

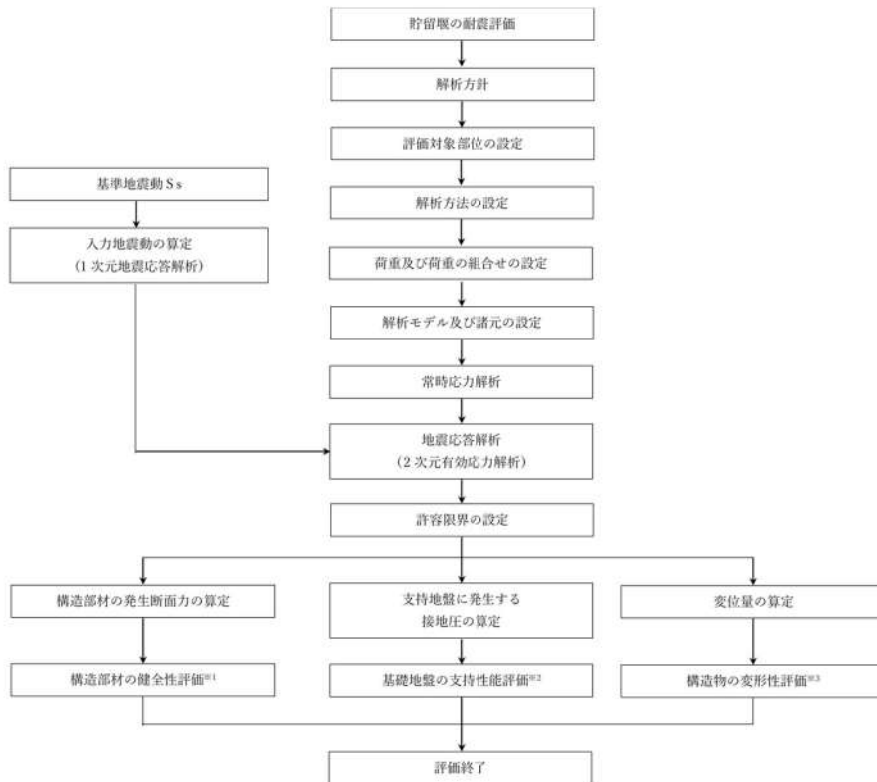
表3 貯留堰の構成部位とその役割

施設区分	構成部位		構成部位の役割
貯留堰	貯留堰本体	鋼管矢板	地震荷重及び津波荷重を支持地盤に伝達するとともに、各荷重に対して十分な耐性を有することにより止水性を確保し、貯留堰としての機能を保持する。
		鋼管矢板継手	
	護岸接続部	止水ジョイント	止水ゴム 止水ゴム 取付部鋼材
衝突防止工	鋼管杭		地震荷重、津波荷重及び漂流物衝突荷重に対して十分な耐性を有し、貯留堰本体及び止水ジョイントを防護することにより、貯留堰本体と護岸コンクリートとの間の止水性を確保し、貯留堰としての機能を保持する。

表4 貯留堰の評価項目と許容限界値

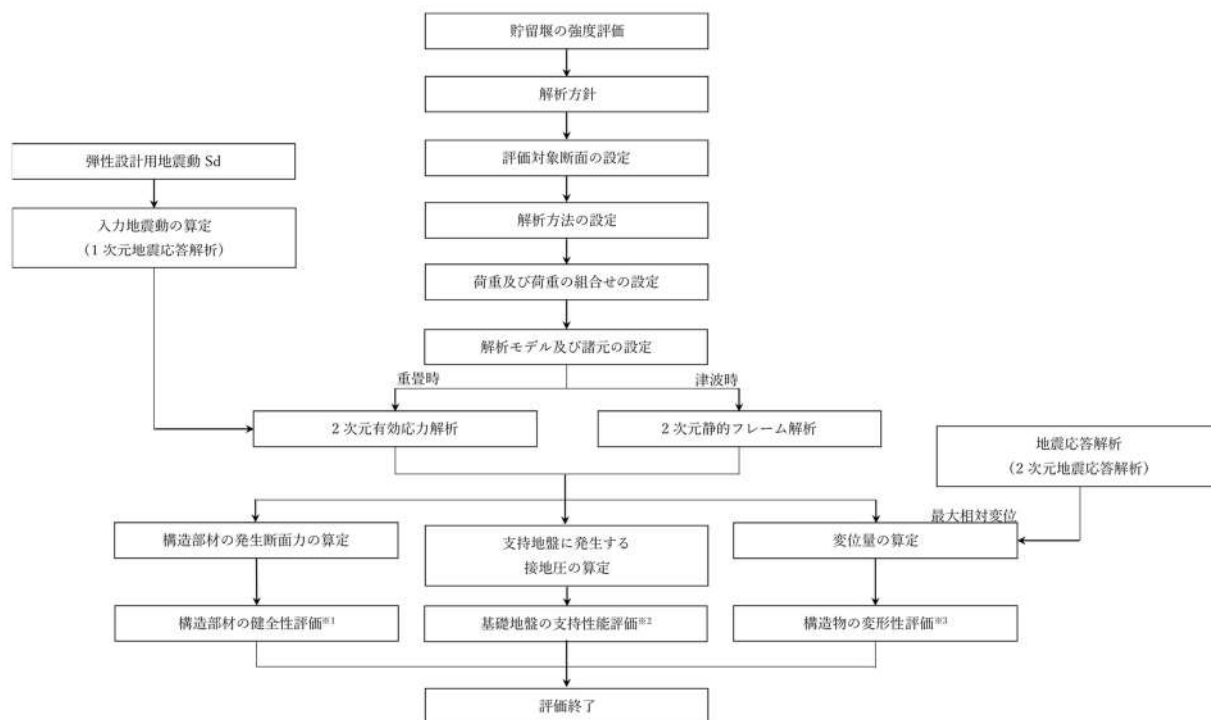
評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鋼管矢板	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼管矢板継手	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		止水ゴム取付部鋼材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度 短期許容耐力
		鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力 ^{※1}
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼管矢板	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼管矢板継手	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		止水ゴム取付部鋼材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度 短期許容耐力
		鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力 ^{※1}
	構造物の変形性	止水ゴム	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

※1 妥当な安全余裕を考慮する。



- ※1 構造部材の健全性評価を実施することで、表4に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- ※2 基礎地盤の支持性能評価を実施することで、表4に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- ※3 構造物の変形性評価を実施することで、表4に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

図7 貯留堰検討フロー（耐震評価）



- ※1 構造部材の健全性評価を実施することで、表4に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- ※2 基礎地盤の支持性能評価を実施することで、表4に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- ※3 構造物の変形性評価を実施することで、表4に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

図8 貯留堰検討フロー（強度評価）

(3) 貯留堰からの漏水防止

貯留堰の海水貯留機能を確保するため、護岸接続部及び鋼管矢板継手部における漏水防止に関する設計方針を以下に示す。

なお、護岸接続部については、今後の詳細設計により、変更となる可能性がある。

a. 護岸接続部

(a) 漏水防止の考え方

護岸接続部においては、貯留堰本体と護岸コンクリートとの取り合い部からの漏水が想定される。このため、貯留堰本体と護岸コンクリートの間には鋼材を介した止水ジョイントを設置する。護岸接続部は止水プレートを護岸コンクリートに根入れし、止水ゴム取付部鋼材を固定することで護岸接続部からの漏水を防止する設計とする。止水ジョイント底部の止水ゴム取付部鋼材は底版コンクリートに根入れし、止水ジョイント底部の止水ゴムは取り替えが可能なように、止水ゴム取付部鋼材で底版コンクリートに固定することで、漏水を防止する設計とする。

この構造により、貯留堰本体と護岸コンクリートに相対変位が生じた場合においても、止水ゴムの追従性により変位を吸収した上で、護岸接続部及び底部からの漏水を防止する。

また、貯留堰前面には衝突防止工を設置するため、漂流物の衝突による止水ジョイントの損傷は発生しない。

護岸接続部の概略構造を図9に、止水ジョイント底部の概略構造を図10に示す。

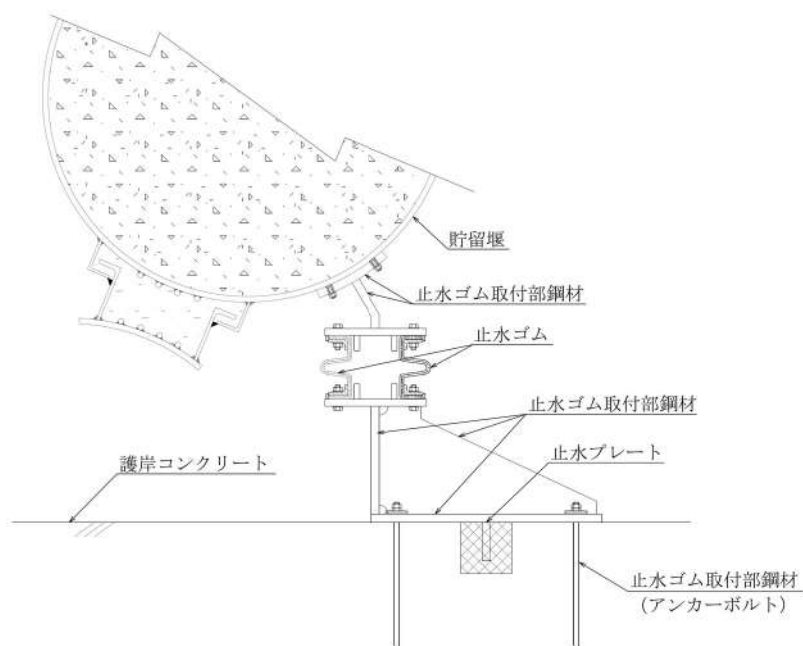
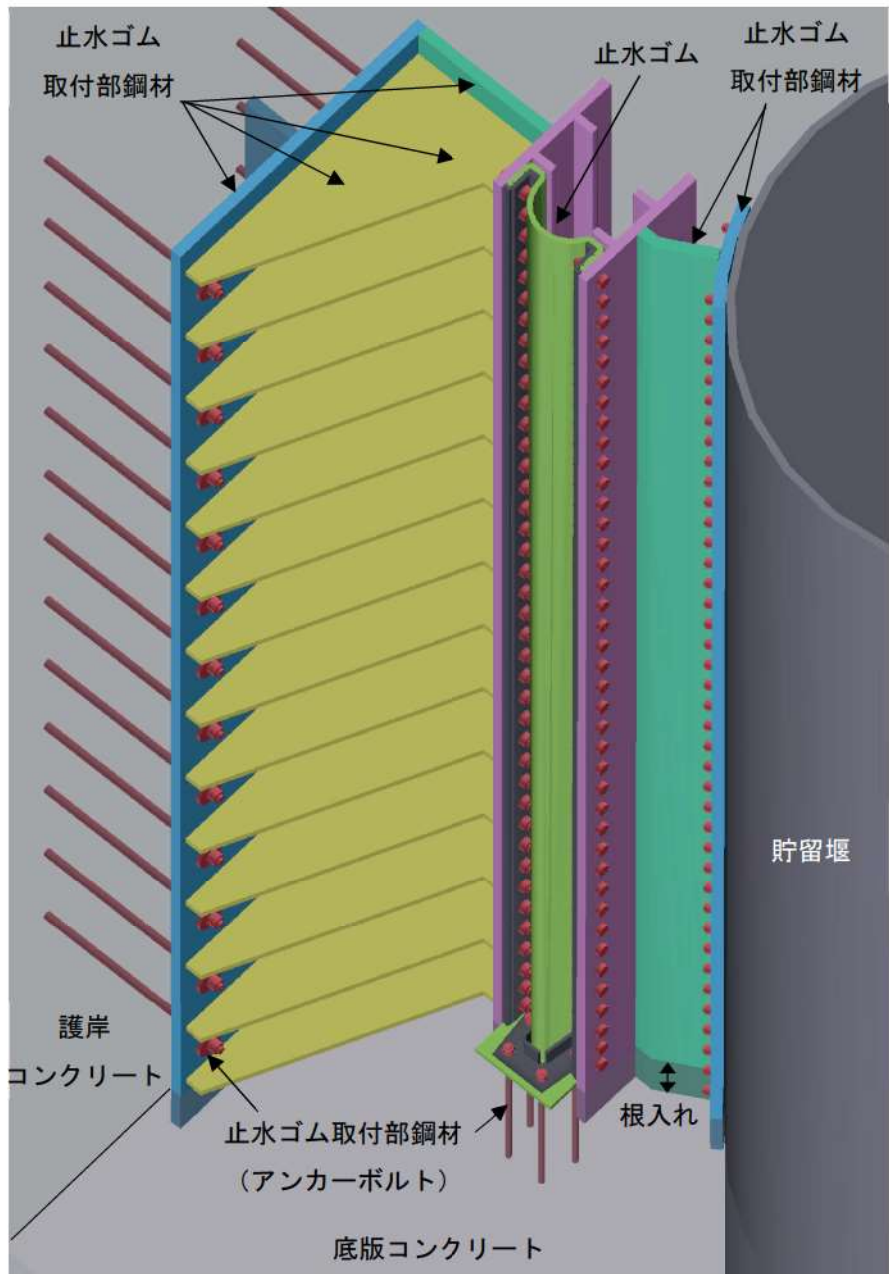
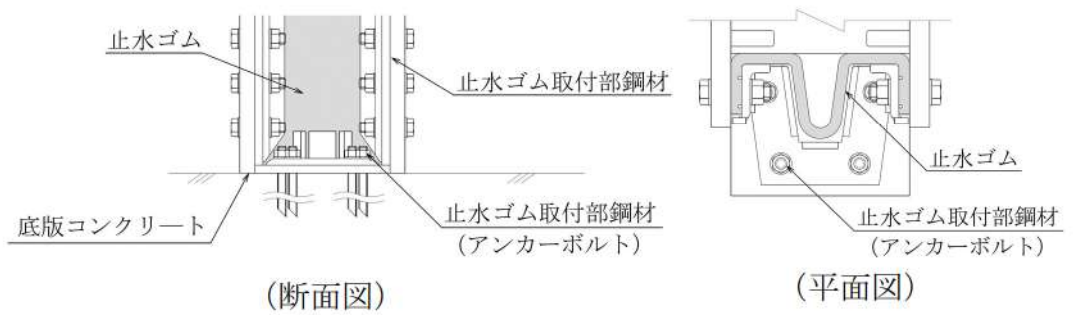


図9 護岸接続部の概略構造



(a) 全体図



(断面図)

(平面図)

(b) 止水ゴム取付部 (底部)

図 10 止水ジョイントの概略構造

(b) 変形量の考え方

護岸接続部の耐震及び耐津波設計においては、部材の健全性及び止水性能の観点から、地震時及び重畳時に、貯留堰本体と護岸コンクリートの相対変位により生じる止水ゴムの変形量について照査を行う。

止水ゴムの変形量は3方向の合成変位量として、以下のとおり算定し、その合成変形量が許容限界以下であることを確認する。

$$\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + (\Delta Y + W)^2 + \Delta Z^2}$$

ここで、

Δ : 止水ゴムの変形量 (cm)

ΔX : X方向 (護岸法線平行方向) の変形量 (cm)

ΔY : Y方向 (護岸法線直角方向) の変形量 (cm)

ΔZ : Z方向 (鉛直方向) の変形量 (cm)

W : Y方向 (護岸法線直角方向) の初期離隔距離 (cm)

貯留堰本体と護岸コンクリートとの相対変位の考え方を図11に、止水ジョイントの変位のイメージを図12に示す。

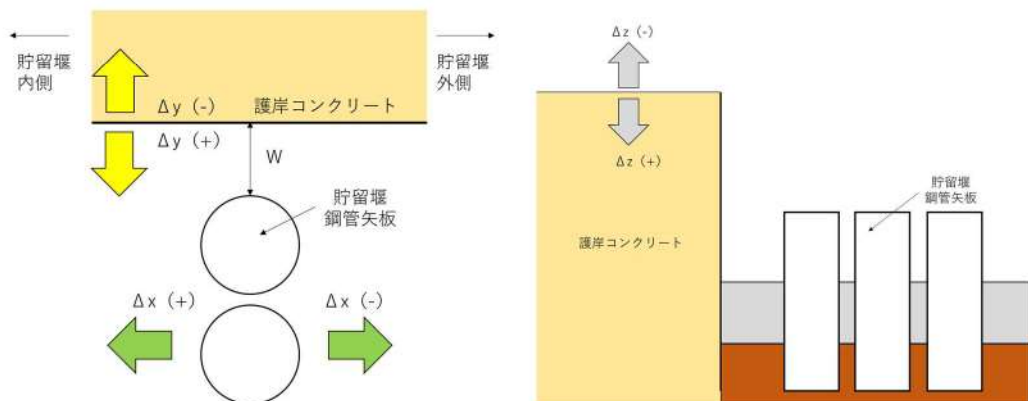
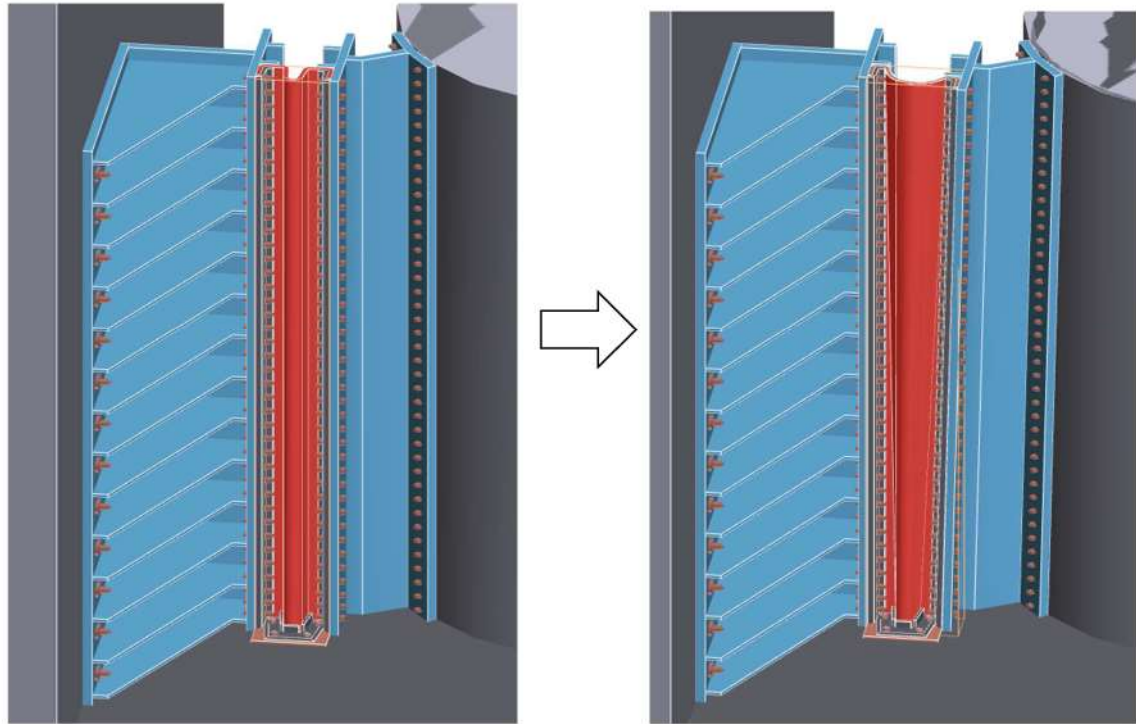
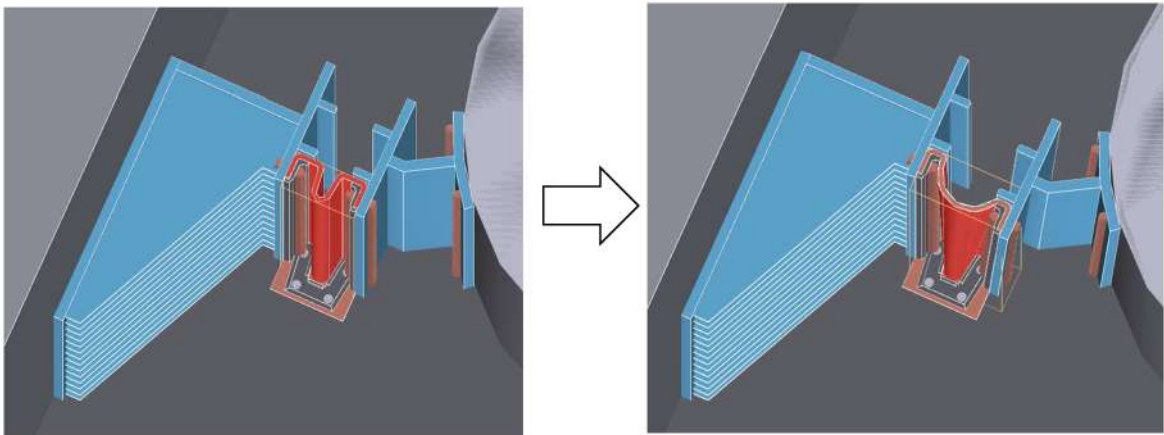


図11 貯留堰本体と護岸コンクリートとの相対変位の考え方



変形前 (設置状態)

変形後



変形前 (設置状態)

変形後

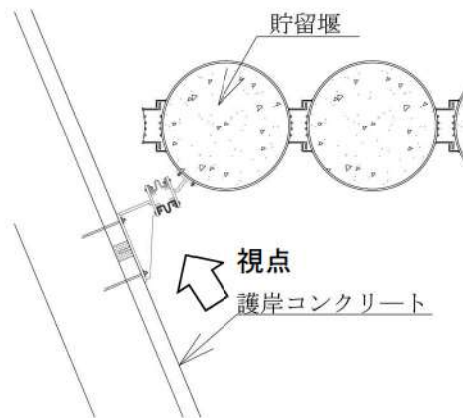


図 12 止水ジョイントの変形のイメージ

b. 鋼管矢板継手部

(a) 漏水防止の考え方

鋼管矢板間の止水性を確保するため、鋼管矢板同士は、鋼管矢板継手により連結する構造とする。鋼管矢板継手は、山形鋼を組み合わせた高耐力継手構造であり、継手空間にモルタルを充填し、岩盤まで根入れすることで止水性を確保している。鋼管矢板継手の概略構造を図13に示す。

遮水性能評価試験結果から、本構造の換算透水係数は 1.0×10^{-6} (cm/s) オーダであり、この換算透水係数を保守的に 1.0×10^{-5} (cm/s) とした上で、貯留堰において想定される漏水量を評価した結果においても、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能時間に相当する**分間の漏水量は**m³**であることから、止水性が損なわれないことを確認した。

※「添付資料 27 貯留堰継手部の漏水量評価について」参照

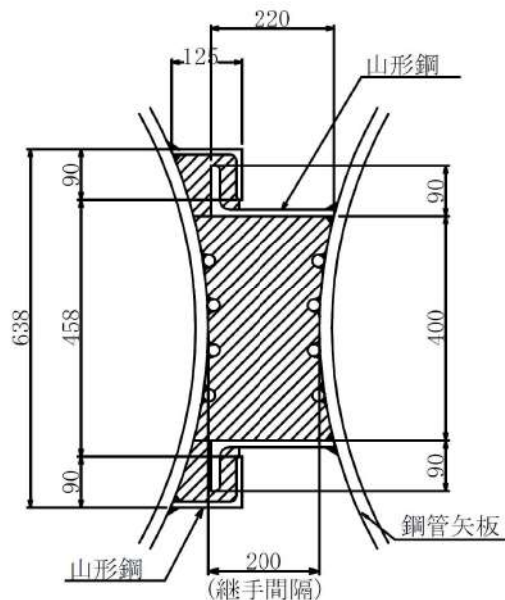


図13 鋼管矢板継手の概略構造

3号炉放水ピット流路縮小工について

1. はじめに

3号炉放水ピット流路縮小工（以下「流路縮小工」という。）は、3号炉放水路を遡上する津波に対して、3号炉放水ピットから敷地への津波の到達、流入を防止するために必要な設備であり、3号炉申請の中で津波防護施設として整理している。流路縮小工の設置位置を図1に示す。

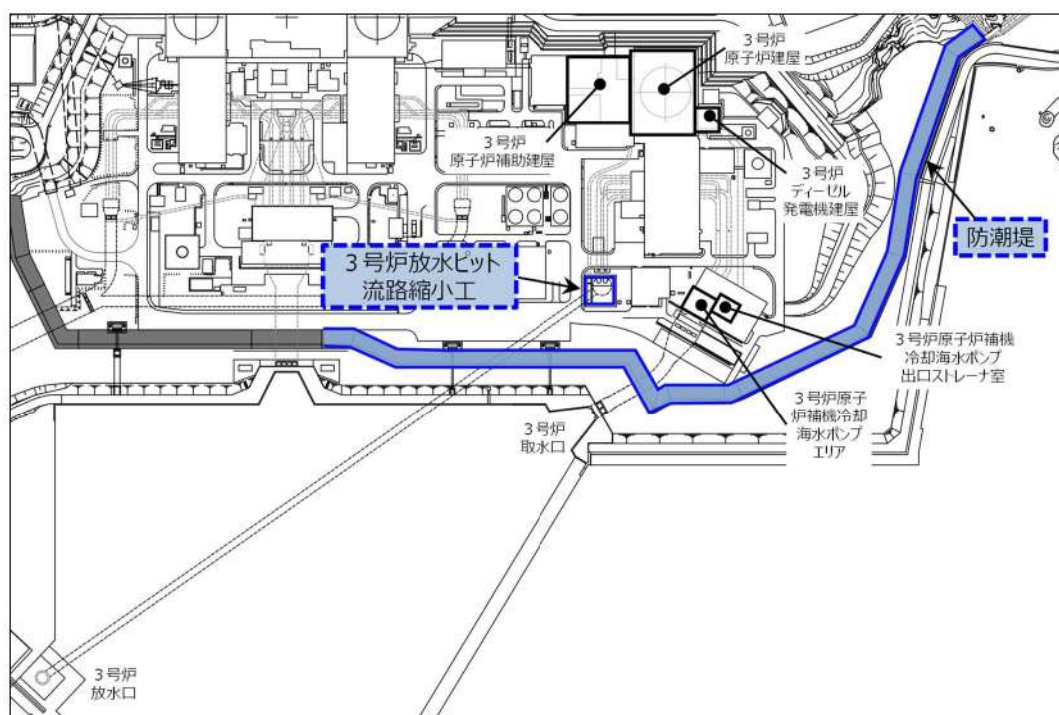


図1 流路縮小工の設置位置

2. 流路縮小工設置による3号炉への影響について

(1) 流路縮小工の構造概要

a. 流路縮小工の構造（図2参照）

- (a) 流路縮小工は、3号炉放水ピットに設置する構造物であり、放水ピットからの流路をコンクリートによる閉塞するものである。
- (b) 流路縮小工には、原子炉補機冷却海水放水路からの排水及温水ピット排水等が流下できる開口部（ ϕ 約2m～4mの立坑と ϕ 約1mの流路）を設ける。また、流路縮小工には空気抜き用のベント穴が設ける。

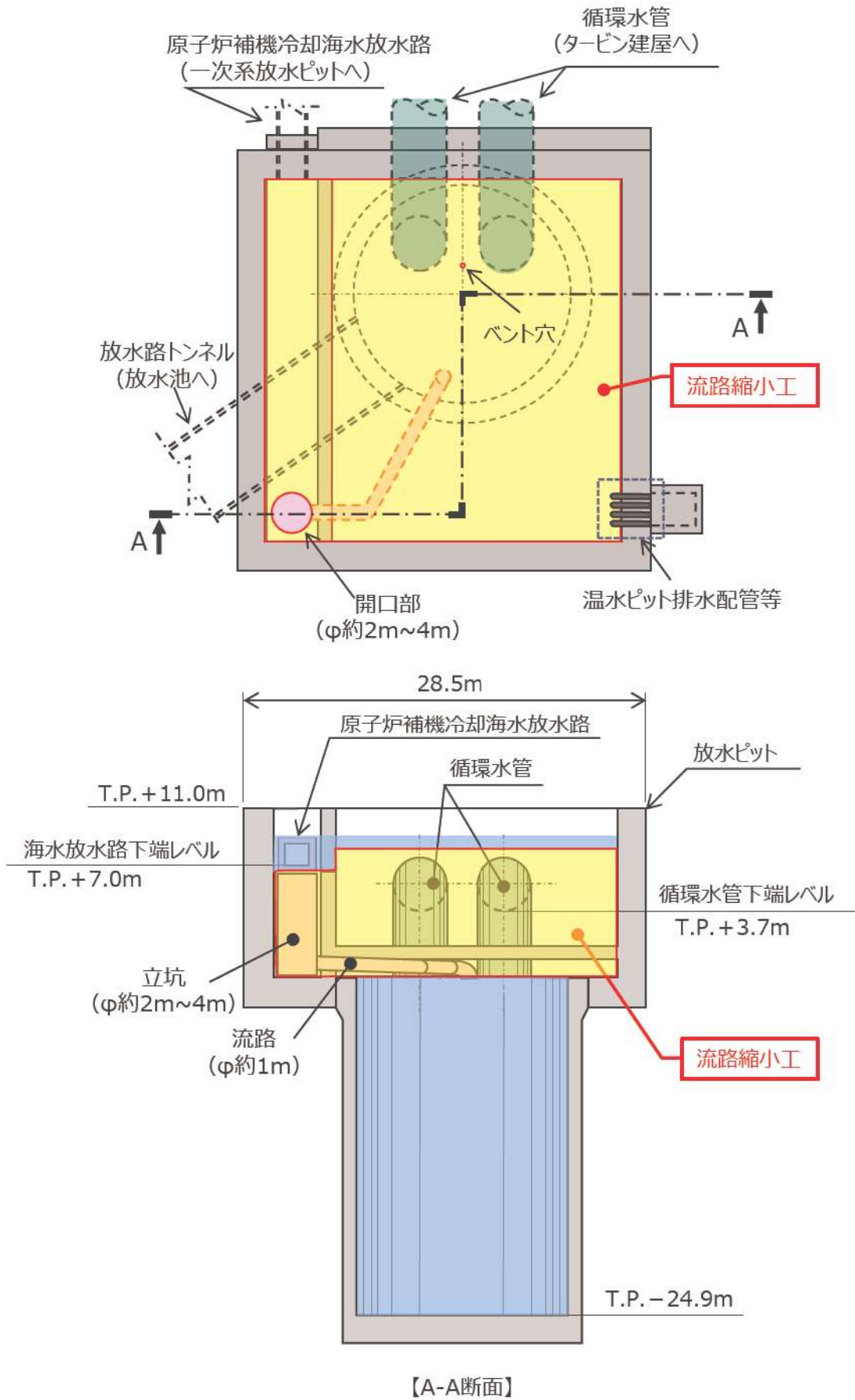


図2 流路縮小工の構造例（水位は津波時のイメージ）

b. 3号炉原子炉補機冷却海水系統への影響について

(a) 原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水時溢水評価

追而

(原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水ピットからの溢水評価について、
入力津波の解析結果を踏まえ、流路縮小工の基本設計完了後に記載する)

(b) 原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水性評価

追而

(原子炉補機冷却海水系統の放水性評価について、
入力津波の解析結果を踏まえ、流路縮小工の基本設計完了後に記載する)

3. 流路縮小工の保守管理について

放水路及び放水ピットは、流路縮小工を設置した場合も放水池側からアクセスすることで点検可能であるため、保守管理への影響はない。流路縮小工の保守管理については、津波防護施設としての機能及び3号炉の放水機能を維持していくため、別途定める保全計画に基づき、適切に管理していく計画である。具体的には、放水路からアクセスして点検および清掃を実施することにより、流路縮小工の健全性を確認する。