

(2) 三次元解析及び水理模型実験における損失係数とレイノルズ数の関係

流路縮小工を模擬した水理模型実験（縮尺 1/50）では、計測誤差の影響が小さくなる流量 0.45×10^{-3} (8.0) m^3/s 以上（レイノルズ数約 1.9×10^4 以上）の領域で、損失係数はほぼ一定値になることを確認した。

また、実験縮尺（1/50）流量の 0.57×10^{-3} (10.0) m^3/s と実機流量の $10.0 \text{m}^3/\text{s}$ では、損失係数は概ね一致したことを確認した（参考表 1 参照）。

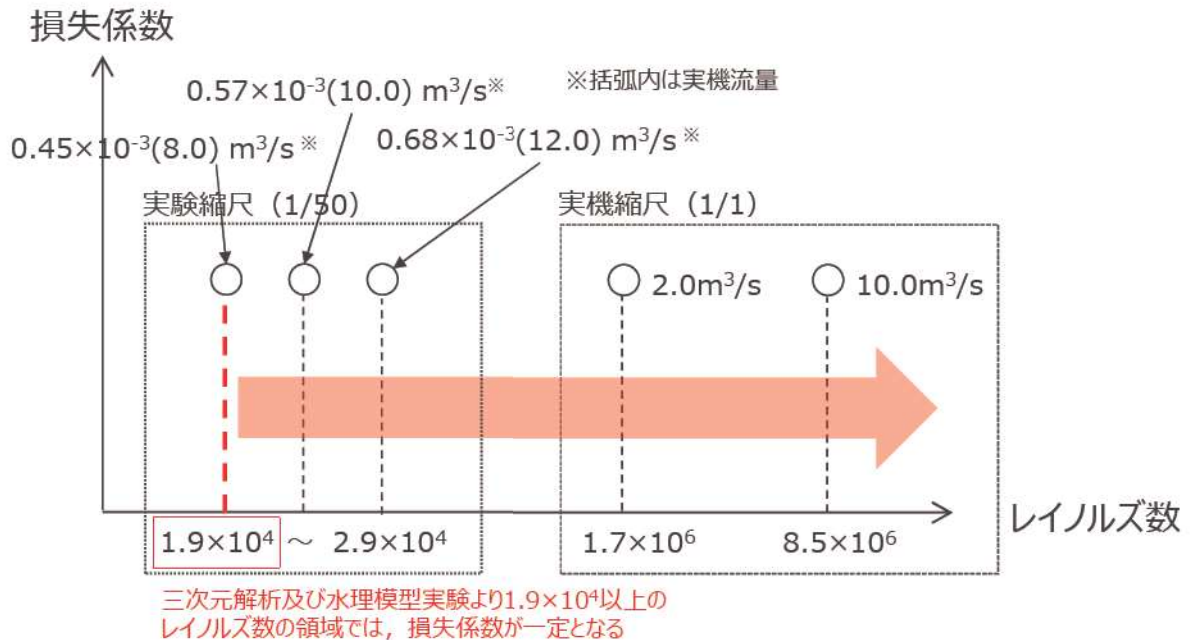
損失係数、流量及びレイノルズ数を整理した結果を参考図 1 に示す。

(3) 影響の確認結果

(1) と (2) を踏まえると、流路縮小工においては、 0.45×10^{-3} (8.0) m^3/s のレイノルズ数約 1.9×10^4 以上においては、損失係数は概ね一定であると判断できる。

実機流量における津波来襲前の原子炉補機冷却海水ポンプ設定流量 $2.0 \text{m}^3/\text{s}$ の低流量時のレイノルズ数は 1.7×10^6 であり、 0.45×10^{-3} (8.0) m^3/s におけるレイノルズ数約 1.9×10^4 以上となっている。

以上より、実機流量の $2.0 \text{m}^3/\text{s}$ の損失係数は、 0.45×10^{-3} (8.0) m^3/s と概ね一定となると判断できることから、水理模型実験の流量条件変更に伴う「Ⅱ.」で行う放水ピット内の水位評価への影響はないと判断する。



参考図 1 損失係数とレイノルズ数との関係イメージ図

参考表 1 三次元解析を実機モデルに変更した場合の損失係数

ケース	流量 (m ³ /s)	流れ方向	解析結果 (縮尺：1/50)	解析結果※ (縮尺：1/1)	相違 (%)
定常流①	10.0	引き波方向 (放水ピット→放水口)	5.42	5.31	2
定常流②		押し波方向 (放水口→放水ピット)	5.32	5.27	1

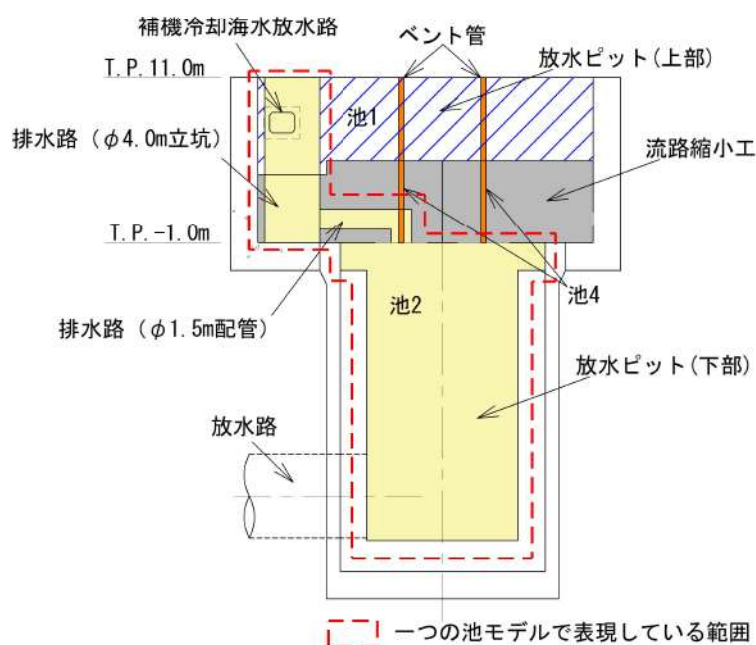
※ アクリル相当（1/1 縮尺）の粗度係数を反映

非定常流による一次元解析モデルの確認

1. 概要

3号炉放水路内の一次元解析モデルについては、参考図1に示す通り、放水ピット（下部）～排水路（配管部φ1.5m）～排水路（立坑部φ4.0m）に至る経路を一つの池モデルで表現している。

縮尺 1/1 の実機スケールにて三次元解析を実施し、一次元解析結果と比較したところ、最高水位については概ね一致したものの、排水路（配管部 $\phi 1.5\text{m}$ ）の下部から排水される時刻歴波形に差異を確認した。短い間隔で繰り返し来襲する泊発電所の津波の特徴を考慮すると、水位の低下が早くなると水位低下後に来襲する津波による水位上昇量を保守的に評価できない可能性があるため、適切な排水時間を再現可能なモデルへの見直しを実施した。また、模擬波を入力した三次元解析と見直し後の一次元解析モデルによる放水ピット内の水位時刻歴波形を確認することで、見直し後の一次元解析モデルの妥当性について確認を実施した。



参考図 1 一次元解析モデル検討対象範囲図

2. 解析結果の比較及び一次元解析モデルの変更

2. 1 現行モデルと三次元解析結果の比較

模擬波①～④に対する放水ピット内水位挙動に関し、変更前のモデル※¹による一次元解析結果と三次元解析結果の比較として、放水ピット最高水位を参考表 1 に、解析結果波形図を参考図 2 に示す。なお、一次元解析モデルには三次元解析にて得られた損失係数を解析条件として適用した（三次元解析における損失係数の詳細は参考資料 5 参照）。比較の結果、最高水位はほぼ同値となり、モデルの違いが最高水位に与える影響は小さいが、水位低下時の挙動に与える影響は大きい結果となった。そのため、短い間隔で繰り返し津波が来襲する泊発電所の特徴を踏まえると、今後の解析で、押し波により放水ピット（上部）に津波に到達した後、排水が完了しない間に次の押し波が来襲する場合の結果に影響を与える可能性が高い。

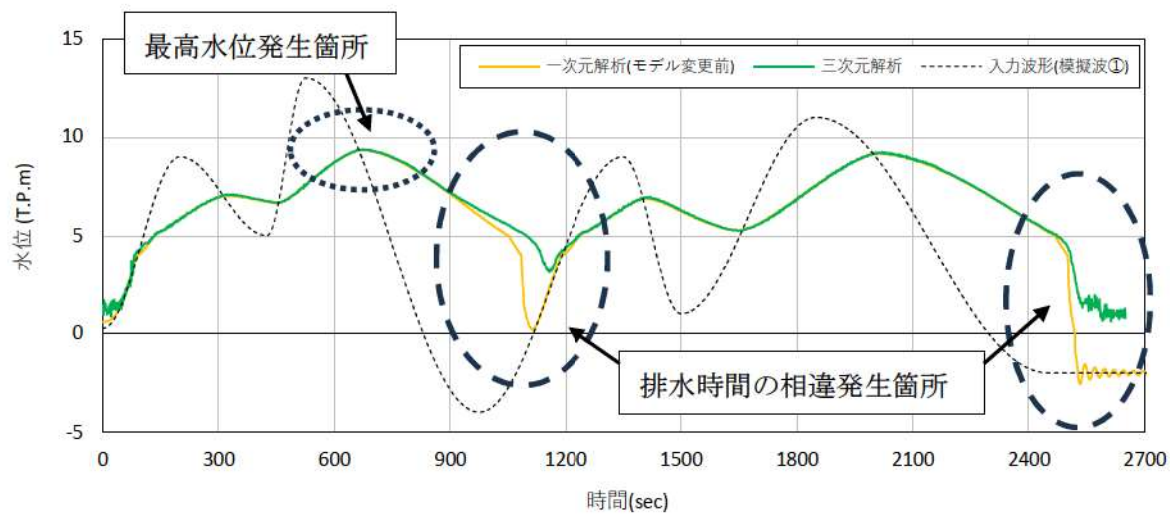
具体的には、三次元解析の結果と比較すると、変更前のモデルの方が早く排水され、その後の水位を低めに評価する傾向が見られる。このため、上記のような繰り返し津波が来襲する場合においては、変更前のモデルは非保守的な解析となる。

※1 第 1251 回審査会合（令和 6 年 5 月 23 日）説明時のモデル

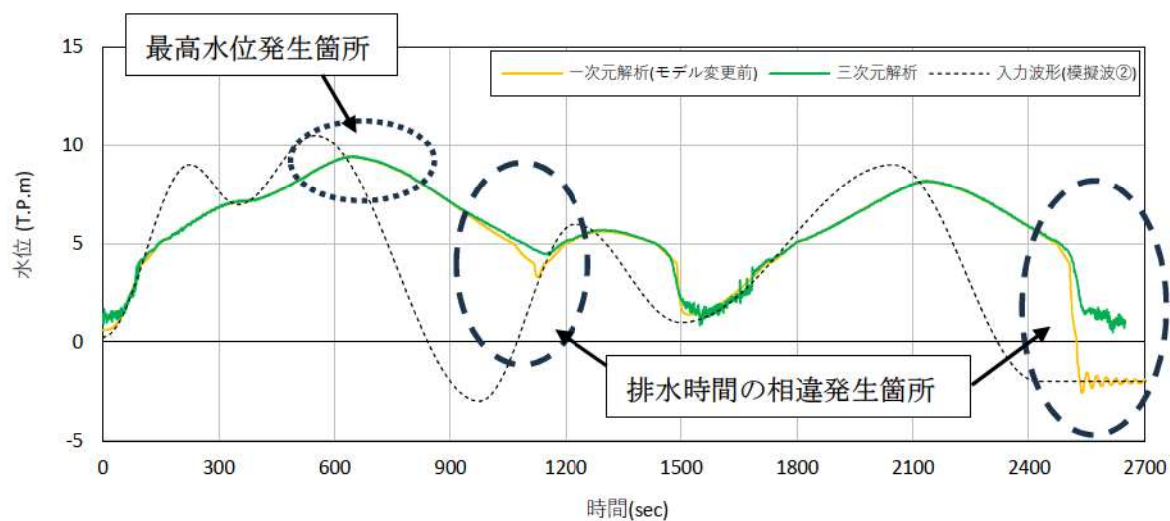
参考表 1 放水ピット最高水位

	放水ピット最高水位 (m)	
	一次元解析※ ² (モデル変更前)	三次元解析
模擬波①	9.36	9.40
模擬波②	9.42	9.45
模擬波③	8.26	8.30
模擬波④	7.43	7.51

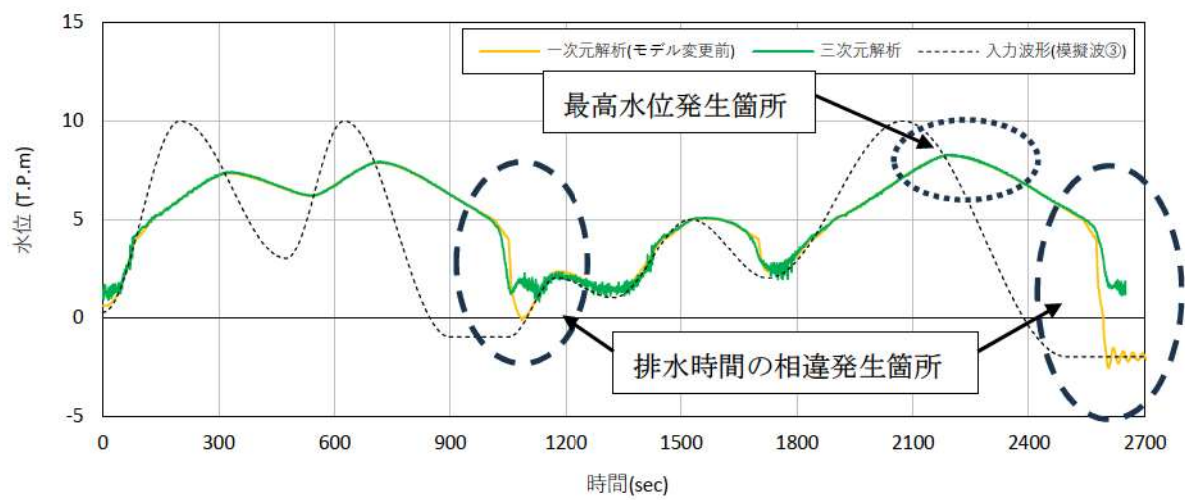
※2 損失係数は三次元解析結果に基づく損失係数を適用



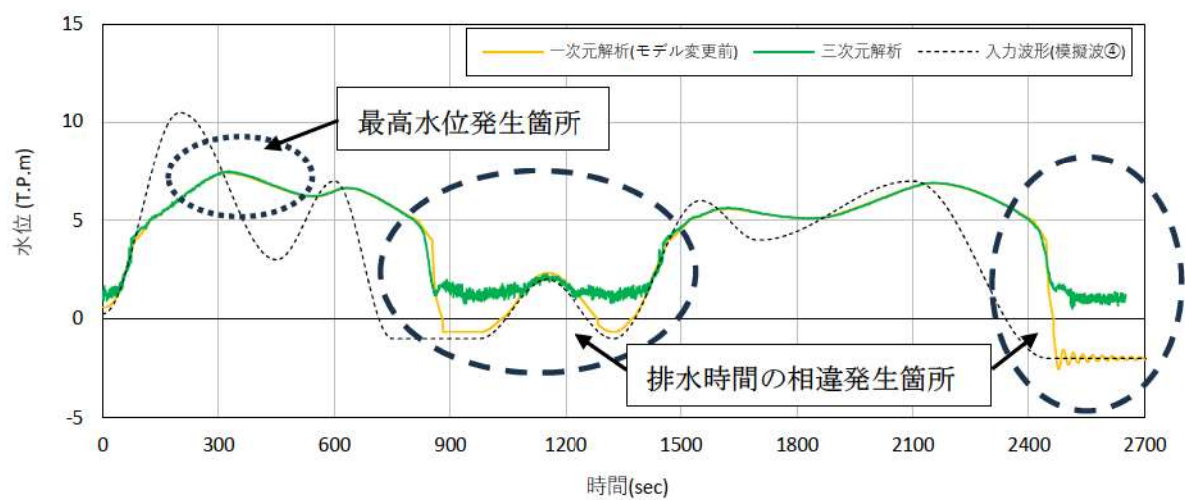
参考図 2 (1) 結果波形図 (模擬波①)



参考図 2 (2) 結果波形図 (模擬波②)



参考図 2 (3) 結果波形図 (模擬波③)



参考図 2 (4) 結果波形図 (模擬波④)

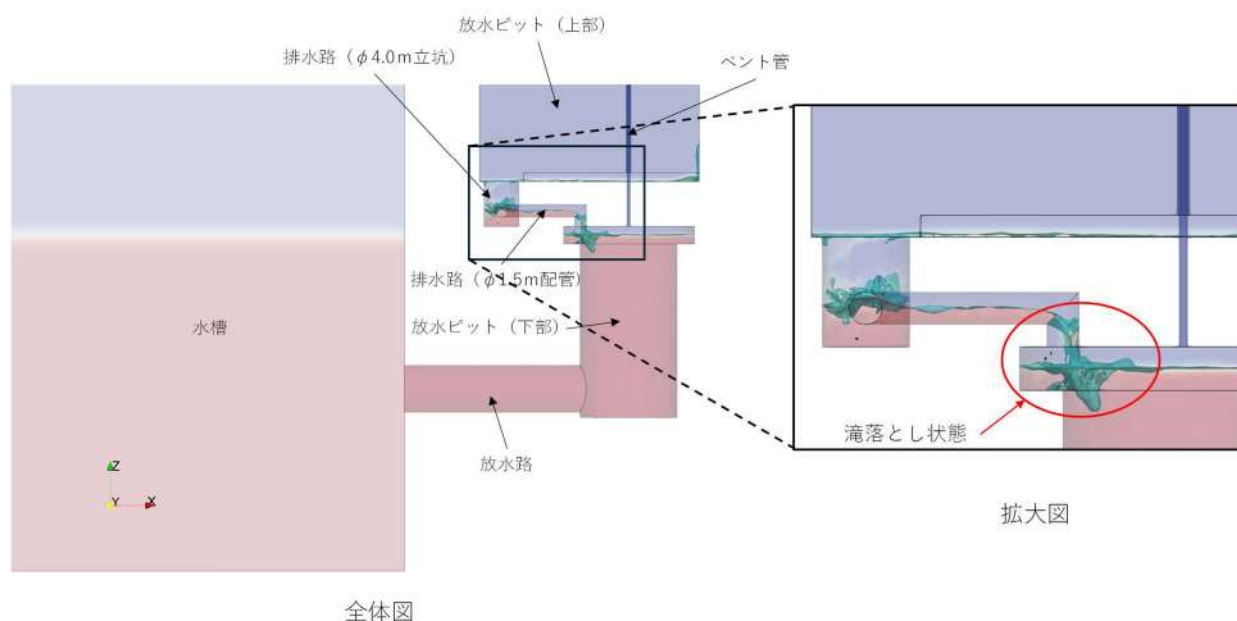
2. 2 排水時間適正化に係るモデル変更

実際の排水現象は、放水ピット（下部）に空気が流入すると、排水路（配管部 $\phi 1.5\text{m}$ ）の水平部は、自由水面を有する流れとなり出口では滝落とし状態になることから、このような流れでは満管状態と比較して流量が低下することが想定される。なお、この現象は三次元解析結果からも確認できる。イメージ図を参考図 3、参考図 4 に示す。

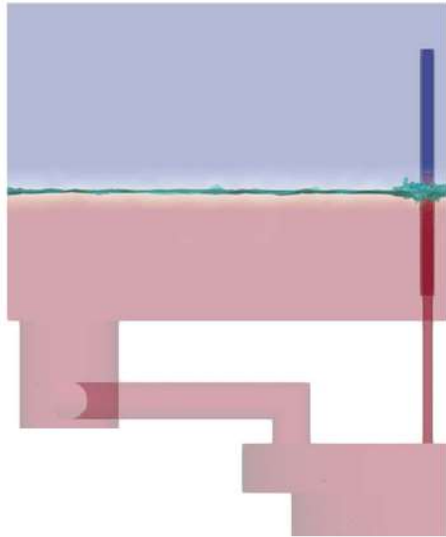
一方、変更前のモデルでは、放水ピット（上部）から放水ピット（下部）までの構成要素を 1 つの池モデルで表現しているため、外海水位の低下に伴って満管状態のまま排水され、水位の低下が早い傾向になる。

三次元解析で生じるような水位低下を再現するため、排水路（配管部 $\phi 1.5\text{m}$ ）の水平部を管路モデルとしたモデル（変更後）に変更することとし、実現象にあるような水平部における自由水面を有する流れや水平部出口の滝落とし状態を表現可能とする。

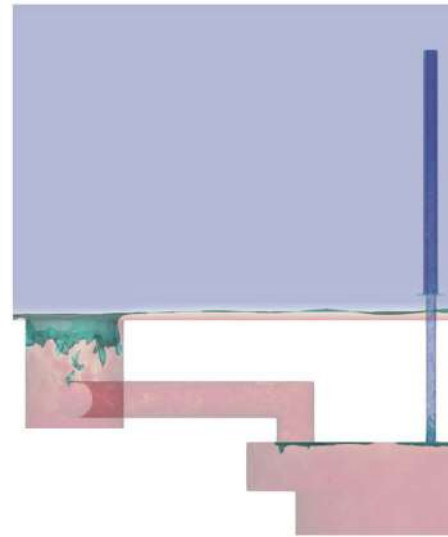
変更前のモデルと変更後のモデルのそれぞれのモデル図を参考図 5 に示す。



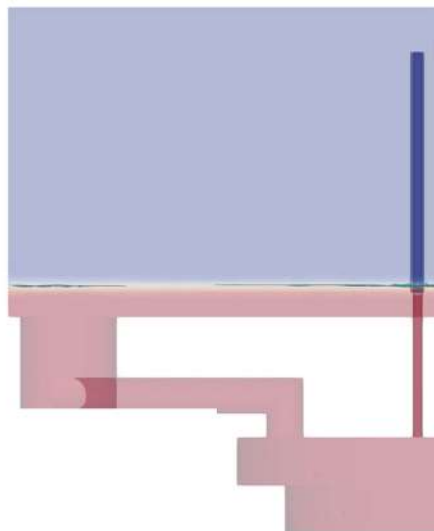
参考図 3 三次元解析結果における限界流のイメージ図



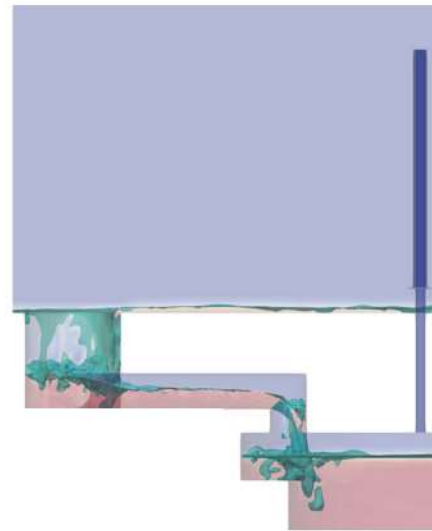
(1) 模擬波①最高水位時 (約 650s)



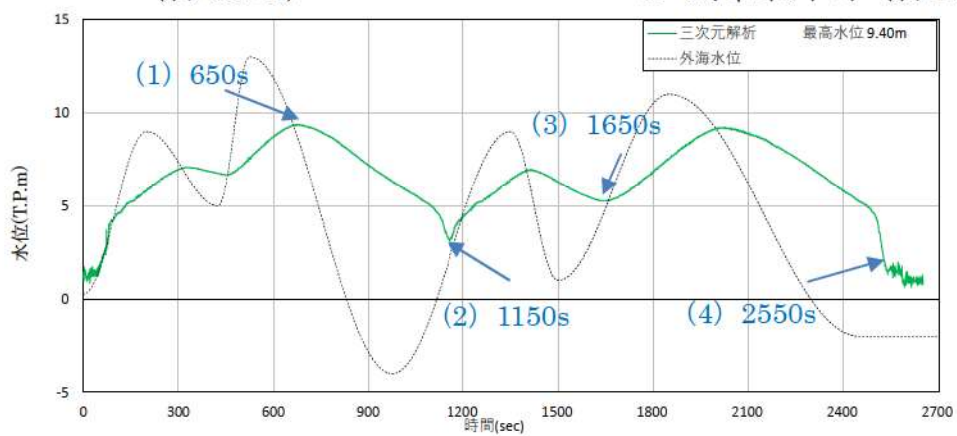
(2) 模擬波①水位下降時 (約 1150s)



(3) 模擬波①第3波目と第4波目の間
(約 1650s)



(4) 模擬波①放水ピット下部
まで水位低下時 (約 2550s)



(5) 三次元解析の水位時刻歴波形 (模擬波①)

参考図 4 三次元解析結果のイメージ図

2. 3 新規モデルと三次元解析結果の比較

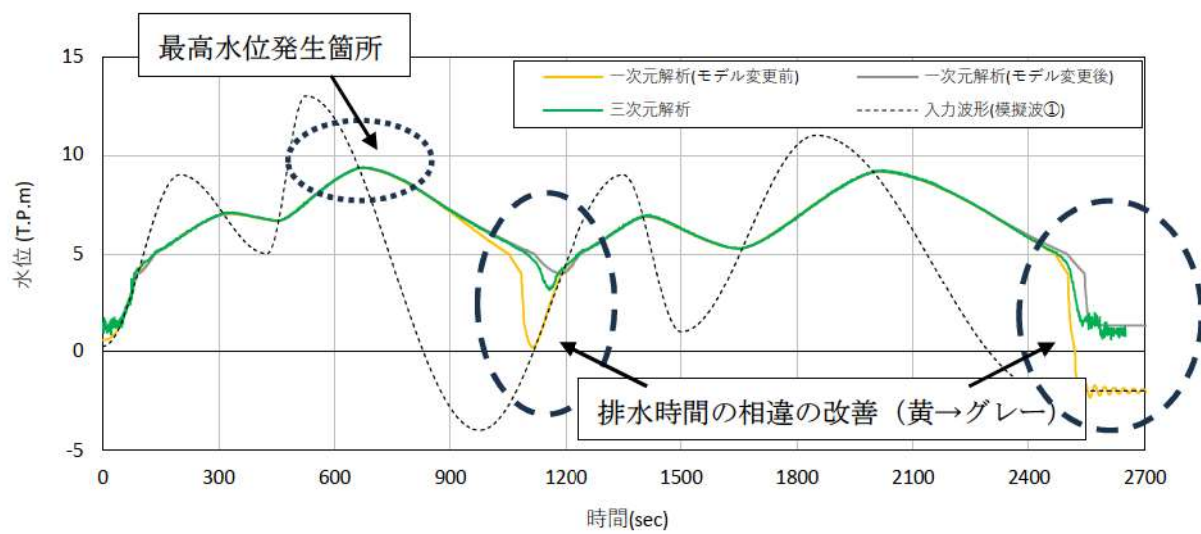
変更後のモデルと三次元解析結果の比較として、模擬波①～④に対する放水ピット最高水位を参考表 2 に、解析結果波形図を参考図 6 に示す。なお、変更後の一次元解析モデルには三次元解析にて得られた損失係数を解析条件として適用した（三次元解析における損失係数の詳細は参考資料 5 参照）。比較の結果、変更後のモデルでは、変更前のモデルで生じていた水位低下時の差異が解消され、一次元解析と三次元解析の挙動が概ね一致する結果となった。

また、最高水位は、ほぼ同等の値であるものの、変更後のモデルの方が、変更前のモデルよりもやや保守的な評価を行うことを確認した。これは、変更後のモデルは、水位低下が緩やかになるため、放水ピット内の水位低下が抑制されたためと考える。

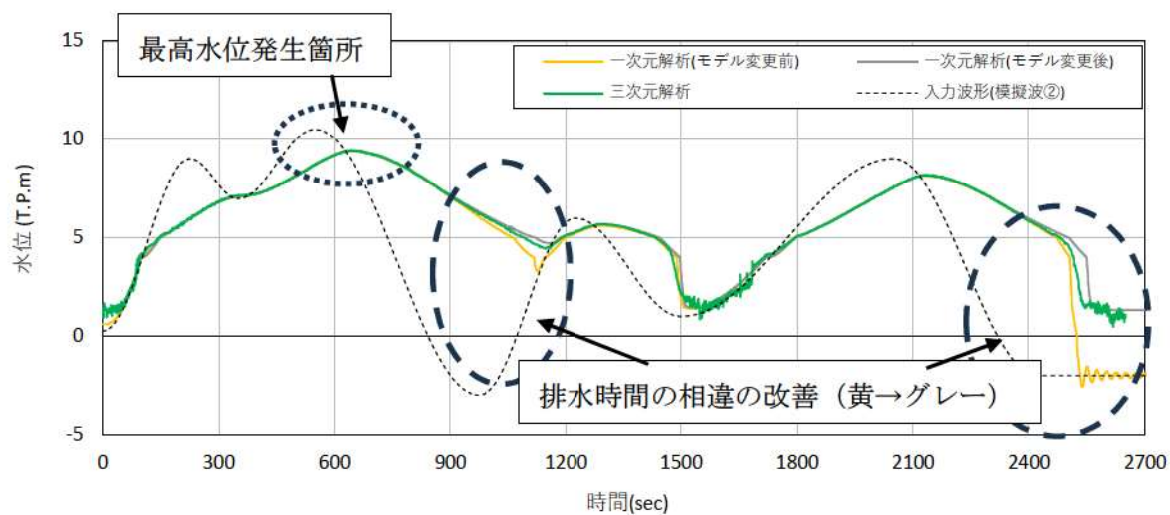
参考表 2 各解析の放水ピット最高水位

	放水ピット最高水位 (m)		
	一次元解析※ (変更前モデル)	一次元解析※ (変更後モデル)	三次元解析
模擬波①	9.36	9.38	9.40
模擬波②	9.42	9.44	9.45
模擬波③	8.26	8.28	8.30
模擬波④	7.43	7.44	7.51

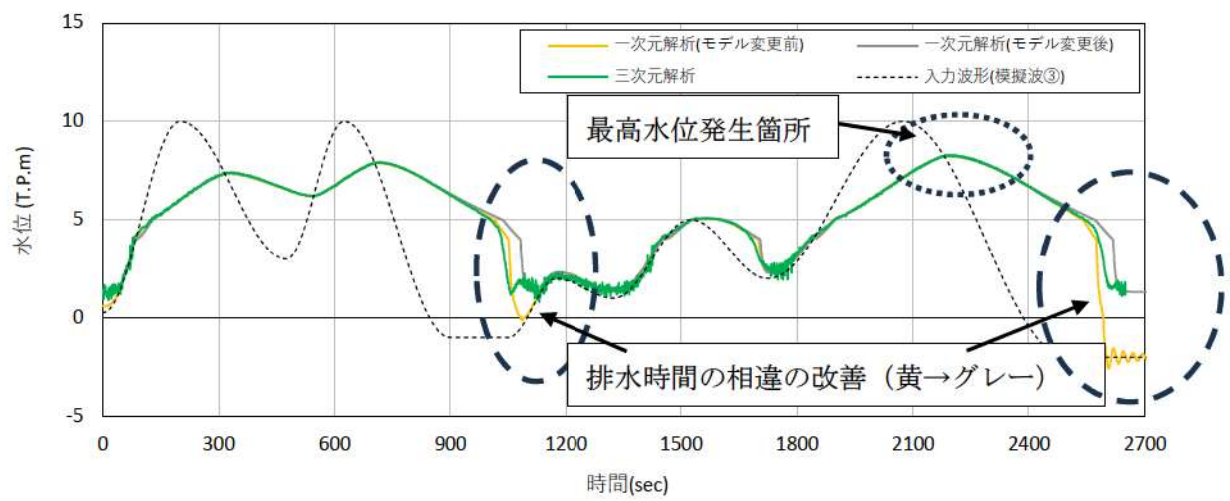
※損失係数は三次元解析結果に基づく損失係数を適用



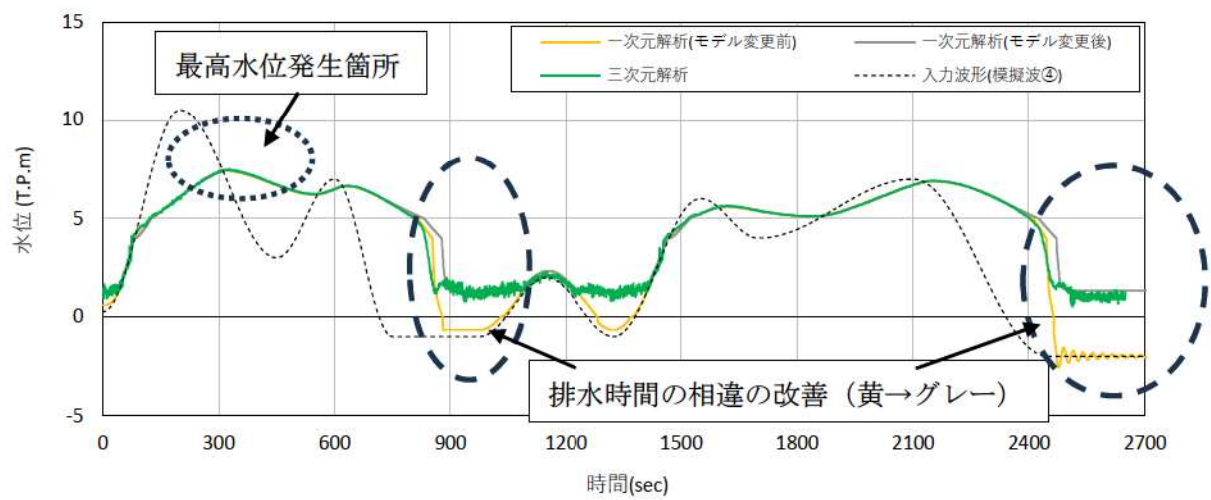
参考図 6 (1) 結果波形図 (模擬波①)



参考図 6 (2) 結果波形図 (模擬波②)



参考図 6 (3) 結果波形図 (模擬波③)



参考図 6 (4) 結果波形図 (模擬波④)

3. まとめ

流路縮小工のうち排水路（配管部φ1.5m）水平部を管路モデルで設定した新規モデルで解析を実施し、放水ピット内の水位時刻歴波形を比較したところ、過度な排水速度相違は解消され、一次元解析結果と三次元解析結果において概ね同様の傾向を示した。このことから、変更後のモデルによる一次元解析は、鉛直及び水平方向に連続で急縮部、急拡部等がある複雑な三次元構造を有する3号炉放水ピットの流路縮小工の水位挙動（放水ピットの水位時刻歴波形）を表現できていることを確認した。以上より、添付資料5及び添付資料27における一次元解析モデルにおいても、変更後のモデルを採用することとした。

【参考文献】

- 1) 土木学会(2016)： 原子力発電所の津波評価技術 2016, 公益社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会
- 2) 電力土木技術協会(1995)： 火力・原子力発電所土木構造物の設計-増補改訂版-
- 3) 千秋(1967)： 発電水力演習
- 4) 土木学会(1999)： 水理公式集(平成 11 年版)
- 5) 保坂幸一, 松山昌史, 加藤勝秀 (2021)： 2 次元・3 次元ハイブリッド津波解析手法に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 77, No. 2, 2021
- 6) 立花規良・小池哲(1997)： 管オリフィスを通る流れと損失, 福井大学工学部研究報告, 45 巻, 2 号, p. 339-355
- 7) I. E. Idelchik, *HANDBOOK OF HYDRAULIC RESISTANCE*, begell house inc., 4th Ed.

防水壁（鋼製扉）及び水密扉の運用管理について

1. 概要

津波防護施設として整備する3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の防水壁（鋼製扉）（以下「鋼製扉」という。）及び浸水防止設備として整備する水密扉は、通常時閉運用としており、現場での注意表示（水密扉表示、常時閉表示）及び各種要則にて閉運用とすることとしている。また、開閉状態の確認のため、鋼製扉及び水密扉に対して、以下により「扉設置場所での“開”状態の認知性向上」及び「中央制御室での開閉状態の監視」を実施し、扉の閉め忘れを防止している。図1に扉の監視設備の概略を示す。

- ・発電所内に入所する者に対して、確実な閉止運用がなされるよう周知徹底する。
- ・ブザーを扉設置場所に設置し、扉「開」状態で連続鳴動する現場ブザーにより注意喚起し、閉止忘れを防止する。
- ・中央制御室に監視パソコン（警報鳴動）を設置し、扉「開」状態が続いた場合は、運転員に告知警報を発生する。

なお、資機材の運搬や作業に伴い開放する必要がある場合は、以下を条件に連続開放を可とする運用としている。

- ・監視人を配置し、緊急時は閉止可能な体制がとられていること。
- ・緊急地震速報発表時には直ちに扉を閉止する。また、大津波警報発表時には、発電課長（当直）からのページング等により連絡を実施する。

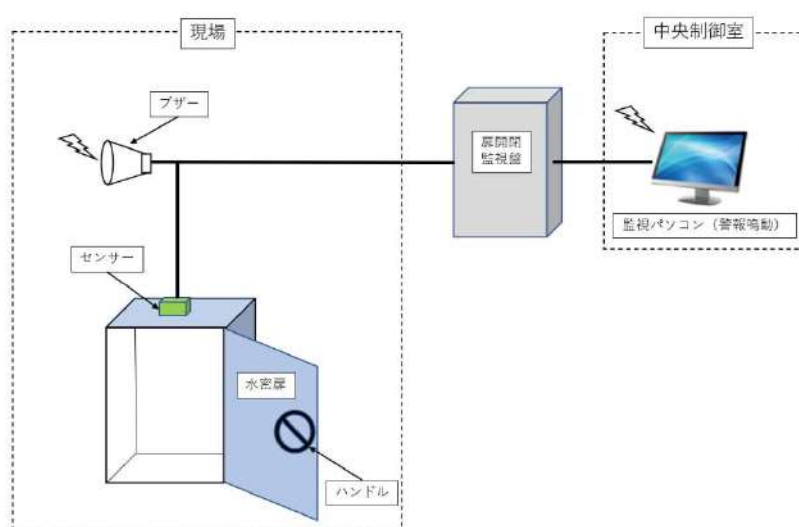


図1 扉の監視設備の概略

2. 監視対象となる鋼製扉及び水密扉の位置

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁には、津波防護施設として車両のアクセス用の鋼製扉、浸水防止設備として人のアクセス用の水密扉を設置する。また、原子炉建屋及び原子炉補助建屋と電気建屋、原子炉補助建屋と出入管理建屋との境界に浸水防止設備として水密扉を設置している。

これらの扉については、すべて中央制御室にて監視が可能な設計としている。

なお、扉の設置位置は、添付資料7「津波防護対策の設備の位置付けについて」に示す。

3. 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の鋼製扉及び水密扉の運用に係る基本事項

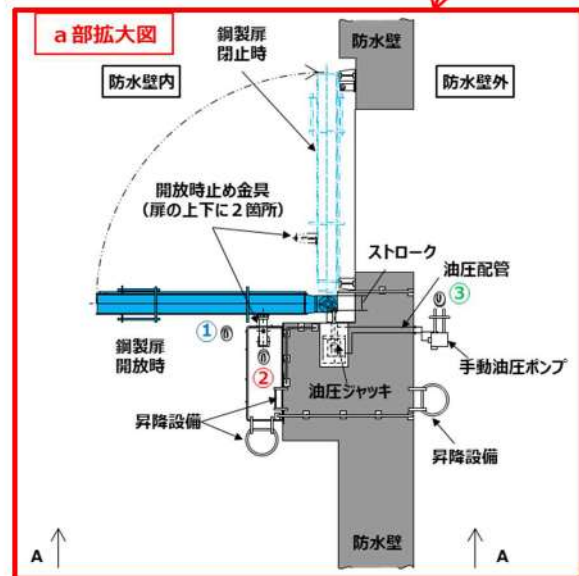
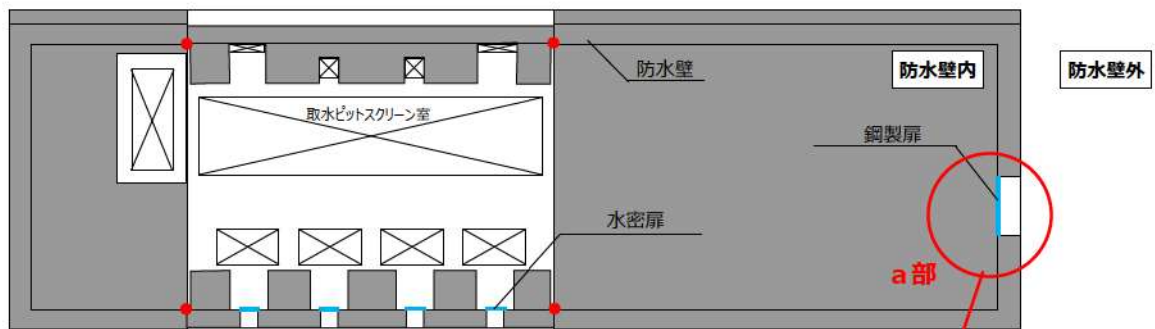
鋼製扉及び水密扉は、屋外に設置するものであり、津波来襲時に鋼製扉を閉止し、防水壁内から退避する際に水密扉を使用することを踏まえ、前段の運用管理に加えて防水壁に設置する各扉の運用は以下のとおりとする。

(1) 鋼製扉

- ・地震後の津波到達に対し裕度をもって閉止できるよう、動力を使わないアシスト機構である油圧装置を操作して8分以内に閉止が可能な構造とし、閉止する際に特別な設備（クレーン等）は必要としない構造とする。鋼製扉閉止時操作の概要を図2に、津波来襲時の防水壁内からの退避のタイムチャートを図3に示す。
- ・原則閉止運用とし、除塵装置のメンテナンス時等の車両の進入が必要な場合のみ一時的に開閉するものとし、開閉操作を行う際は必ず3人以上で対応することとする。
- ・雪や風等に関する警報が発表されている場合には原則開操作を行わないこととする等、閉止が困難となる可能性がある場合に開操作を行わない運用を定めることとする。
- ・確実に閉止できるようにするため、扉体重量や風に配慮し、動力を使わないアシスト機構としての油圧装置を詳細設計の中で検討する。

(2) 水密扉

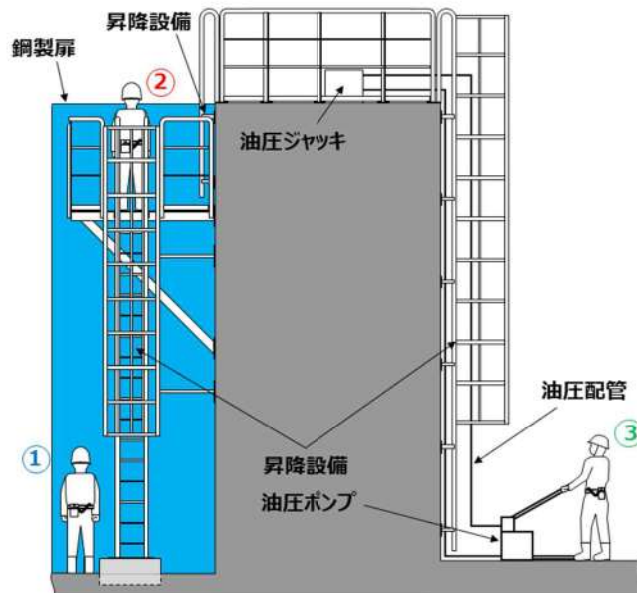
- ・地震後の津波到達に対し裕度をもって閉止できるよう、人力で2分以内に開閉可能な構造とし、これにより閉止する際に特別な設備（クレーン等）は必要としない構造とする。
- ・原則閉止運用とし、運転員によるパトロールや重大事故等時の車両による海水取水対応等の必要な場合のみ一時的に開閉するものとする。
- ・雪や風等に関する警報が発表されている場合には原則開操作を行わないこととする等、閉止が困難となる可能性がある場合に開操作を行わない運用を定めることとする。



【鋼製扉閉止時の作業内容】

- ・作業員①：扉下部の開放時止め金具のピン引抜き後、油圧ポンプ操作を補助
- ・作業員②：扉上部の開放時止め金具のピンを引抜き後、扉の締付け操作
- ・作業員③：油圧ポンプ操作

【鋼製扉 平面図】



【A-A矢視】

図2 鋼製扉の閉止時操作概要図

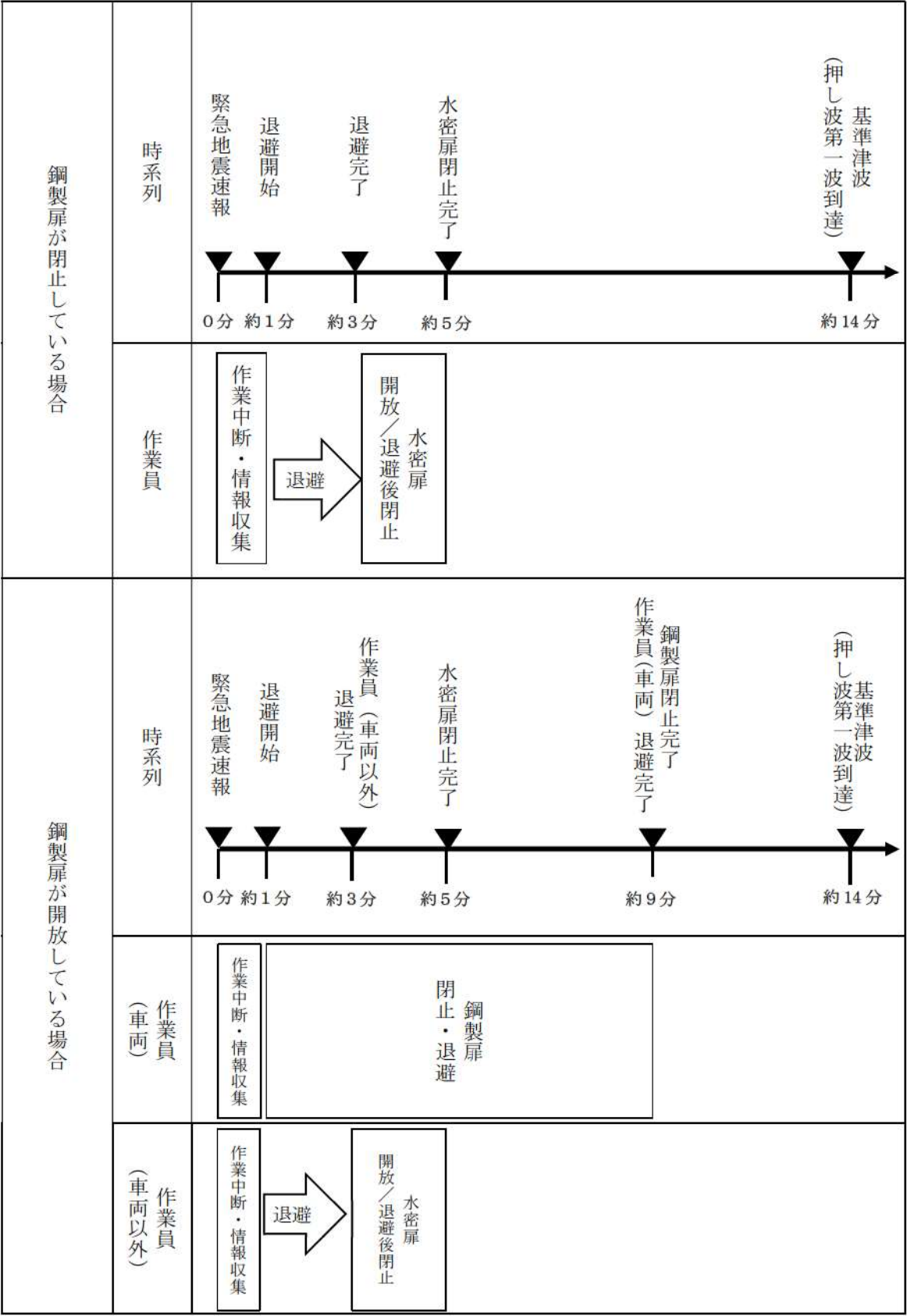


図3 3号炉取水ピットスクリーン室内からの退避時間及び扉の閉止時間

屋外排水路逆流防止設備の開閉機能維持について

1. 概要

屋外排水路逆流防止設備（以下「逆流防止設備」という。）は、敷地内の雨水排水を海域まで自然流下させる屋外排水路の出口側（防潮堤よりも海側）に設置され、屋外排水路から津波が流入することを防止する機能を有する。

逆流防止設備の位置図を図1に示す。なお、逆流防止設備は敷地内に3箇所設置される。

本資料では、基準地震動及び基準津波による漂流物等を想定した場合に逆流防止設備の開閉機能が有効な状態にあることを確認する。

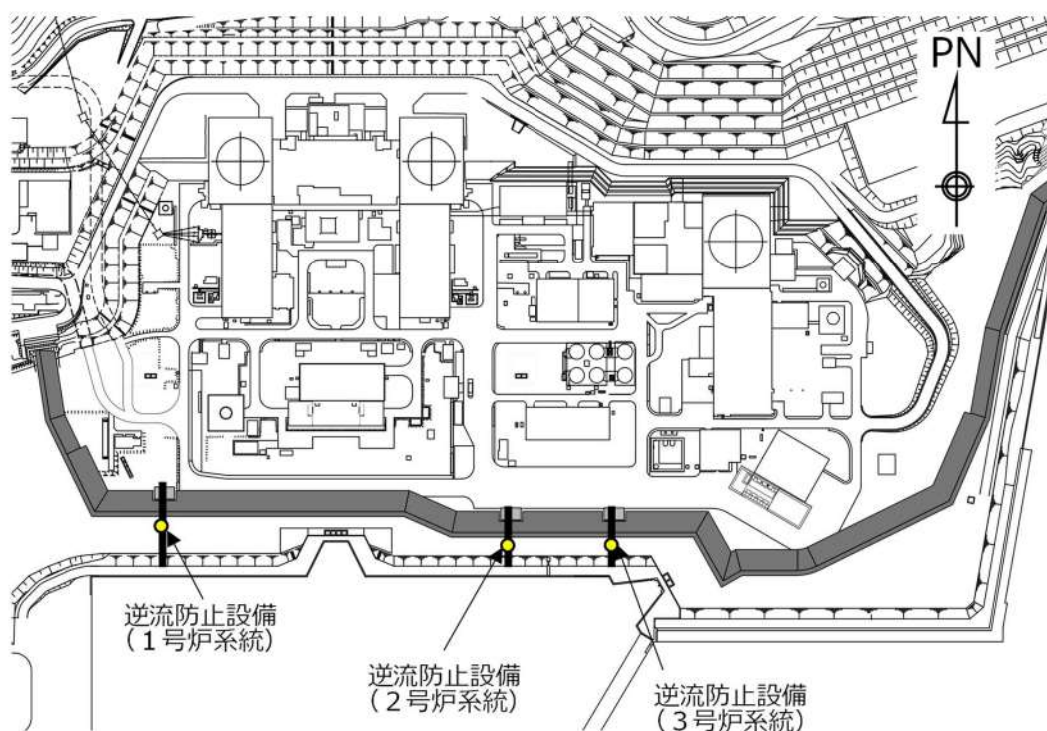


図1 逆流防止設備の位置図

2. 屋外排水路の概要

屋外排水路は、敷地内に張り巡らされている構内排水路及び防潮堤横断部に位置する3箇所の構内排水設備（屋外排水路の流末部）から構成され、敷地内の雨水排水を集水し、海域へ排水する機能を有する。

屋外排水路の全体平面図を図2、屋外排水路の断面図を図3、構内排水設備（排水管）の排水能力を表1に示す。

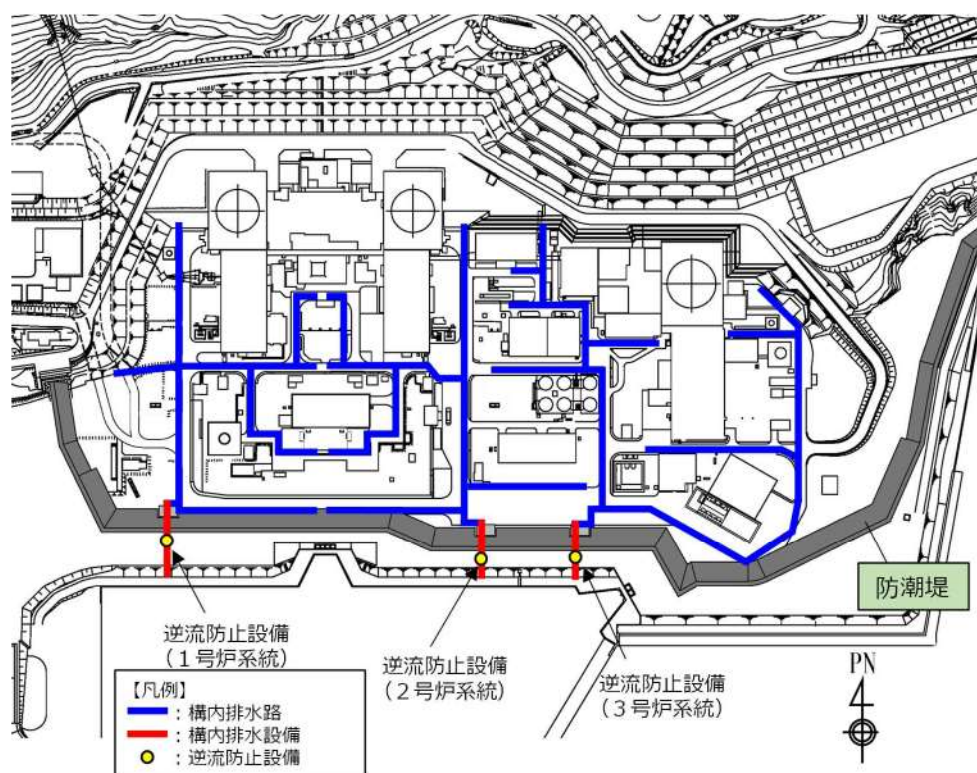


図2 屋外排水路の全体平面図

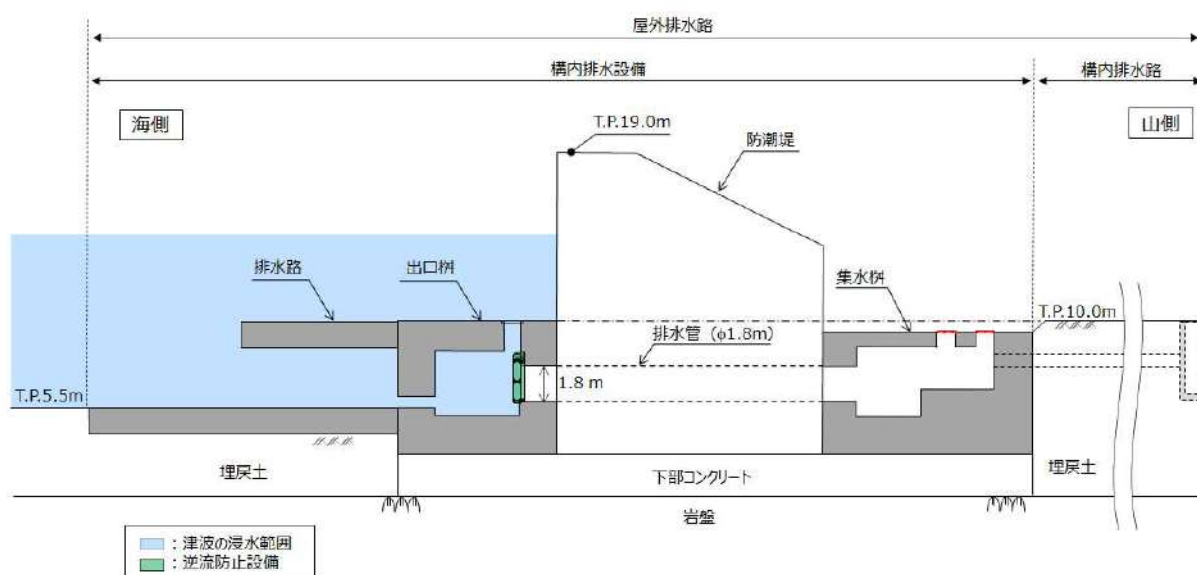


図3 屋外排水路の断面図

表 1 構内排水設備（排水管）の排水能力

構内排水設備名称	仕様	排水可能流量 (m^3/s)
1号炉系統	鋼管 $\phi 1800$	3.89
2号炉系統		3.89
3号炉系統		3.89

3. 逆流防止設備の開閉機能に影響を与える可能性のある漂流物

逆流防止設備及び出口柵は、3箇所すべて同一の形状であり、逆流防止設備は出口柵に支持されている。逆流防止設備及び出口柵の構造図を図4に示す。

逆流防止設備の開機能に影響を及ぼす可能性のある漂流物の長さは、漂流物が扉体と側壁の間に挟まる場合を想定し、図4に示すとおり約4,100mm以上と設定する。

一方、逆流防止設備の閉機能に影響を及ぼす可能性のある漂流物の長さは、漂流物が扉体の開いた隙間に出口柵の底版に対して垂直な状態で挟まる場合を想定し、図4に示すとおり約600mm以上と設定する。

以上のことから、逆流防止設備の開閉機能に影響を及ぼす可能性のある漂流物としては、約600mm以上の長さのものを想定する。

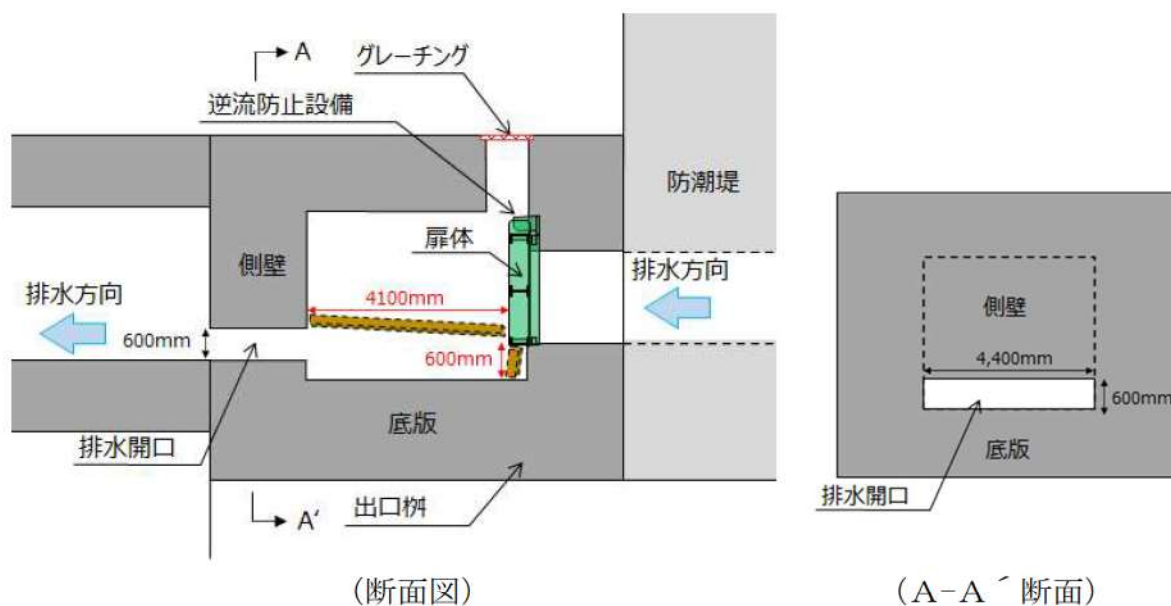


図4 逆流防止設備及び出口柵の構造図

4. 逆流防止設備の閉機能の維持

逆流防止設備の閉機能の維持確認においては、基準地震動による溢水により生じる敷地内の漂流物を想定したケース（以下「地震時」という。）、基準津波による漂流物を想定したケース（以下「津波来襲時」という。）に分けて確認する。

（1）地震時

a. 想定される漂流物

（a）集水桝へ到達する可能性のある漂流物

基準地震動による溢水については、「第九条 溢水による損傷の防止等 別添資料1 泊発電所3号炉内部溢水の影響評価について 補足説明資料36 屋外タンクからの溢水影響評価について」に詳細が示されており、基準地震動により屋外タンクが損傷した場合の溢水評価を実施している。

溢水評価の結果、防潮堤の周辺における浸水深は最大で200mm以下となるため、敷地内の車両等の重量物が漂流物となる可能性は低い。また、敷地内はほぼ平坦に整地されていることから、敷地内で滞留した水は強い流れにならず、滑動によって物品が流される可能性も低い。しかし、木材等の比重が小さい物品は漂流物になる可能性があることから、木材等が敷地地表面を漂流し、集水桝に到達する可能性はある。

集水桝よりも上流に位置する構内排水路は、コンクリート製の非耐震排水路であり、地震時には躯体が破損し排水機能が喪失することが想定されるため、木材等が構内排水路から集水桝に流れ込む可能性は低い。

また、周辺の埋戻土が液状化し集水桝へ流入する可能性については、海側に設置される防潮堤により、埋戻土の海側への側方流動は抑制されることに加え、集水桝は防潮堤（下部コンクリート）を介して岩盤に支持されているため、沈下は発生しない想定であることに対し、埋戻土の液状化による沈下等により地表面は集水桝天端と同程度まで低くなると考えられることから、液状化した埋戻土が地表面から集水桝に流入する可能性は低い。

以上のことから、基準地震動による溢水で木材等が敷地地表面を漂流し、集水桝まで到達することを想定する。

(b) 逆流防止設備へ到達する可能性がある漂流物

「3. 逆流防止設備の開閉機能に影響を与える可能性のある漂流物」で示したように、扉体の開閉機能に影響を及ぼす可能性のある漂流物として約600mm以上の長さのものを想定しているが、集水桝上部の開口部には、上記漂流物の長さよりも十分目の細かいグレーチングを設置する計画であり、扉体の開閉機能に影響を及ぼす可能性のある長さの木材等は、集水桝内に流れ込むことはない。

また、集水桝の底版は、図5に示すように、排水管の管底よりも深くなっており、排水管の管底よりも深い部分(泥だめ部)の容量は 21.8m^3 となっている。そのため、漂流してくる木材等のうち比重の大きいものは、屋外排水路逆流防止設備に接続される排水管には流れず、集水桝の下部に沈降すると考えられる。なお、液状化した周辺の埋戻土については、「4. (1) a. (a) 集水桝へ到達する可能性がある漂流物」のとおり集水桝内への流入は生じないと考えられるが、万一の埋戻土の流入を想定した場合でも泥だめ部に堆積し、逆流防止設備に到達することがないように泥だめ部の容量を設定する。泥だめ部の容量の設定の考え方を、「(参考資料1) 泥だめ部の容量の設定について」に示す。泥だめ部の容量の妥当性については、設工認段階で有効応力解析結果を踏まえ確認する。

以上のことから、寸法の小さい木材等(以下「木片等」という。)のみが集水桝内に流れ込み、下流側の排水管に流され、逆流防止設備に到達することを想定する。

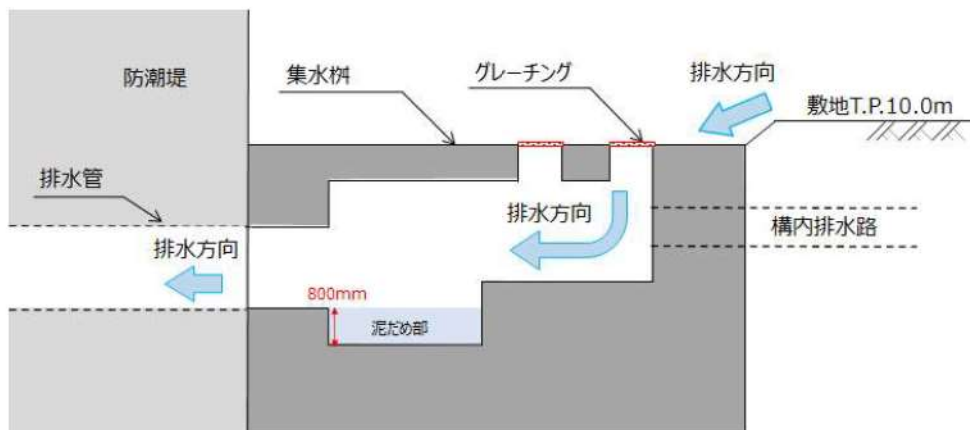


図5 集水桝の構造及び容量

b. 閉機能の維持確認

評価においては、地震時の溢水が構内排水設備を経由して海域に排水されている状態及び敷地内の溢水がほぼ排水された後の状態を想定し、この2つの想定事象に対して逆流防止設備の閉機能が維持されることを確認する。

地震時の溢水が排水されている状態においては、逆流防止設備が開き排水されている状態であると考えられる。そのため、構内排水設備を流れる木片等は、

逆流防止設備で詰まる又は挟まることはなく、海側へ流下する。仮に逆流防止設備近傍に堆積することを想定したとしても、逆流防止設備の扉体下端から出口桝の底版までは約600mmあることから、逆流防止設備の閉機能は維持される。

また、敷地内の溢水がほぼ排水された後の状態においては、集水桝から下流側の排水管の水路勾配は小さいことから排水管内の流速は非常に小さく、木片等が逆流防止設備に到達する可能性は低いため、扉体部に挟まるようなことはなく、逆流防止設備の閉機能は維持される。

以上のことから、地震時において逆流防止設備の閉機能は維持される。

(2) 津波来襲時

a. 想定される漂流物等

津波来襲時に考慮する漂流物等は、「別添資料1 2.5.2 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」において、3号炉取水口が閉塞する可能性で考慮した漂流物（がれき化した資機材等）のうち比重が小さく漂流するもの及び基準津波により移動する砂（以下「漂砂」という。）を想定する。

b. 閉機能の維持確認

津波来襲時において、漂流物は浮いた状態で津波水位とともに上昇するため、扉体部に挟まる可能性は低い。津波とともに漂流物等が逆流防止設備に到達したとしても、津波が到達するのとほぼ同時に閉止する。したがって、漂流物等が排水管側に入ることはない。

以上のことから、津波来襲時において逆流防止設備の閉機能は維持される。

5. 逆流防止設備の開機能の維持

逆流防止設備の開機能の維持確認においては、地震時及び津波来襲時に分けて確認する。

(1) 地震時

a. 想定される漂流物

地震時に想定する漂流物については、「4. (1) a. 想定される漂流物」と同様とし、扉体の開機能に影響を及ぼす可能性のある長さの木材等は、逆流防止設備に到達することはない。

b. 開機能の維持確認

木片等が大量に流下し、出口桝内に堆積する可能性が想定されるが、逆流防止設備の出口桝は海側側壁に排水開口があり、海側へ流れる構造となっていることから、出口桝内に木片等が溜まり続けることは考えにくく、扉体が開かなくなることはない。

以上のことから、地震時において逆流防止設備の開機能は維持される。

(2) 津波来襲時

a. 想定される漂流物等

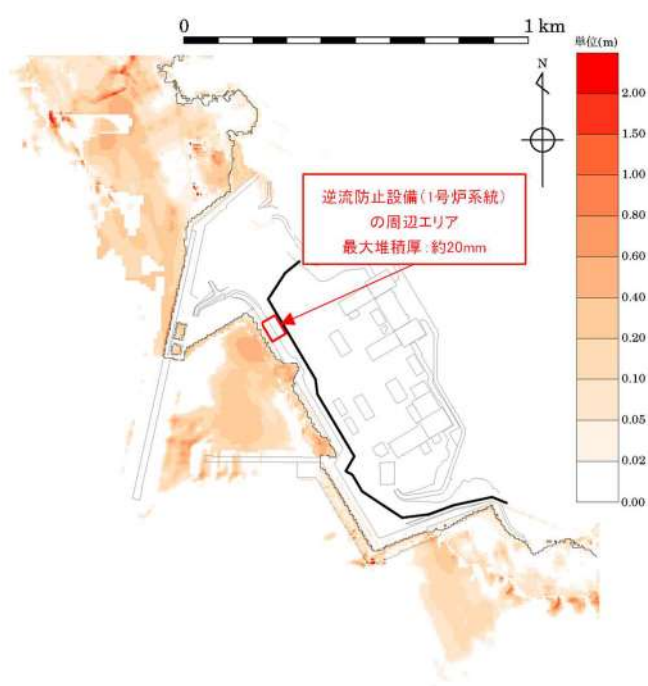
津波来襲時に想定する漂流物等については、「4. (2) a. 想定される漂流物等」と同様とする。

b. 開機能の維持確認

津波来襲時において、漂流物は浮いた状態で津波水位とともに上昇するため、扉体と側壁に挟まり開機能が喪失することはない。

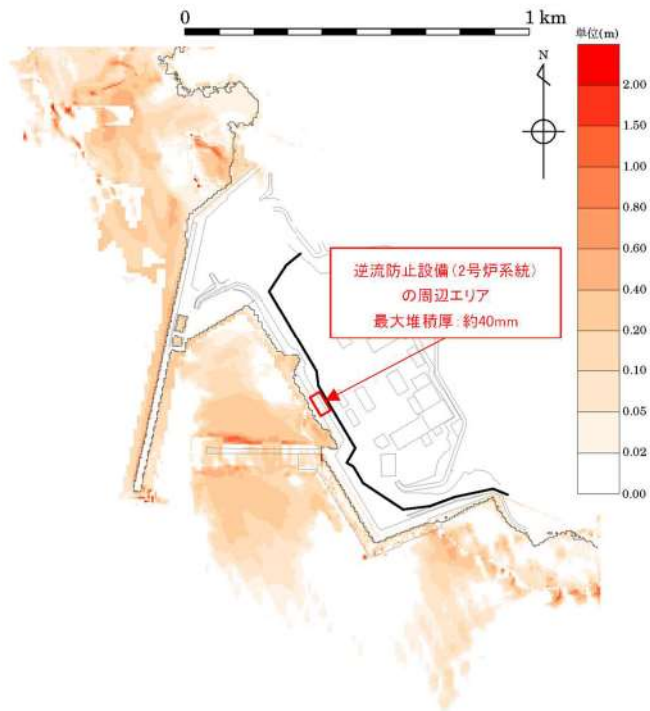
また、「泊発電所3号炉津波評価について」（参考資料1）の基準津波による砂移動評価結果から、逆流防止設備が設置される周辺において、砂の堆積は最大で約40mm以下である（図6参照）。これに対して、逆流防止設備の扉体下端から出口柵の底版までの高さは約600mmあり、砂の堆積厚さよりも十分高いことから、漂砂によって開機能が喪失することはない。

以上のことから、津波来襲時において逆流防止設備の開機能は維持される。

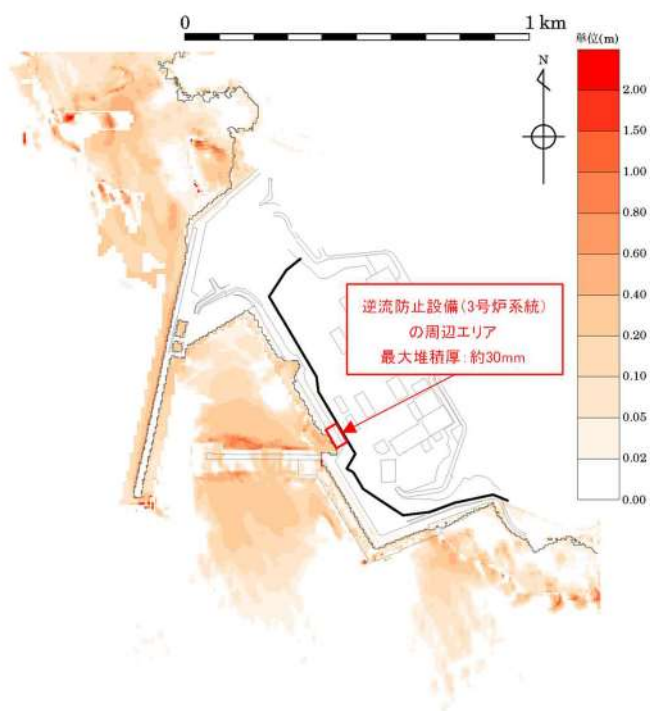


逆流防止設備（1号炉系統）周辺
（基準津波 D_北及び南防波堤損傷）

図6 最大堆積厚分布図（1／2）



逆流防止設備（2号炉系統）周辺
（基準津波 E_南防波堤損傷）



逆流防止設備（3号炉系統）周辺
（基準津波 G_南防波堤損傷）

図6 最大堆積厚分布図（2／2）

屋外排水路の流末部に位置する構内排水設備のうち敷地側に位置する集水桝には、敷地からの漂流物等を沈降させる泥だめ部を有している。集水桝の泥だめ部の容量の設定の考え方について以下に示す。

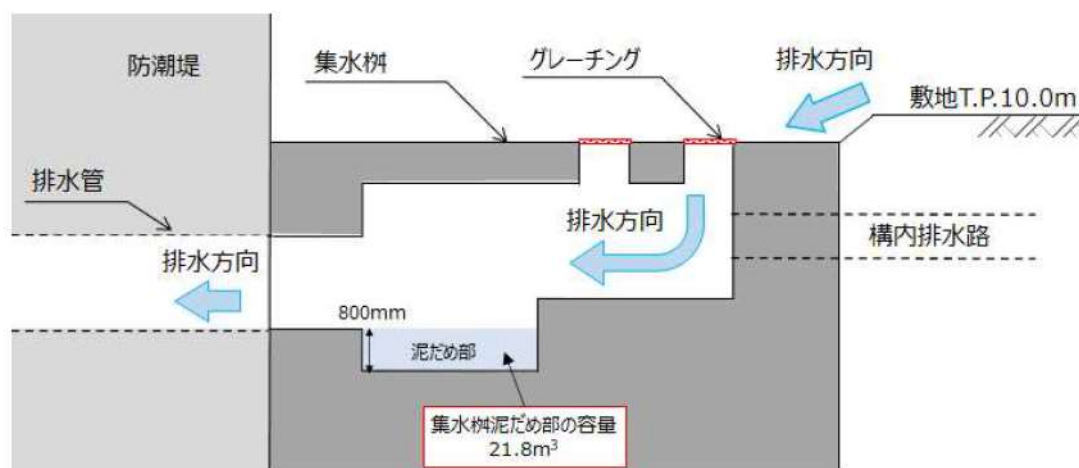
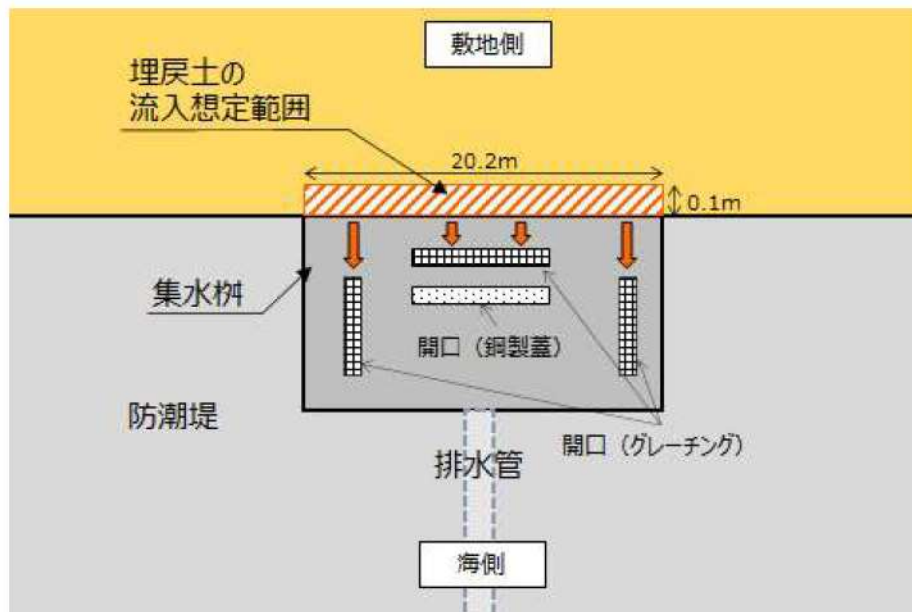


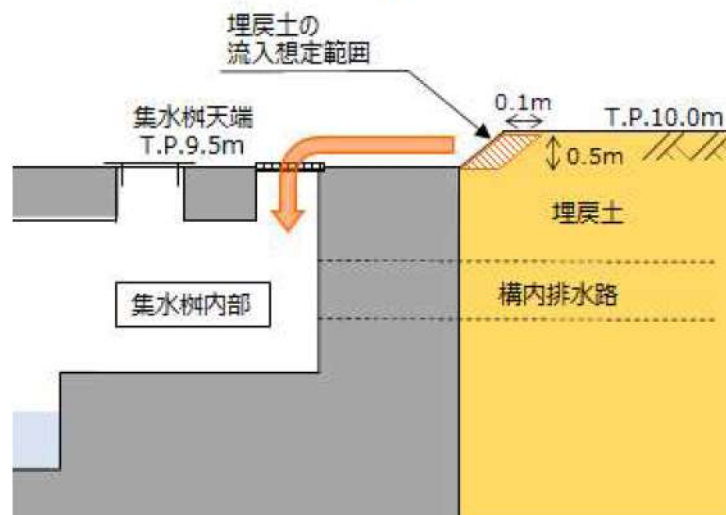
図1 集水桝の構造及び泥だめ部の容量

集水桝の泥だめ部は、「4. (1) a. 想定される漂流物」に示す敷地側からの漂流物のうち比重の大きいものを沈降させる役割を有する。

また、周辺の埋戻土が液状化し集水桝へ流入する可能性については、海側に設置される防潮堤により、埋戻土の海側への側方流動は抑制されることに加え、集水桝は防潮堤（下部コンクリート）を介して岩盤に支持されているため、沈下は発生しない想定であることに対し、埋戻土の液状化による沈下等により地表面は集水桝天端と同程度まで低くなると考えられることから、液状化した埋戻土が地表面から集水桝に流入する可能性は低い。仮に集水桝内に埋戻土が流入し、堆積した場合を想定したとしても、図2に示すとおり泥だめ部の容量 21.8m^3 に対して、埋戻土の想定流入量は 1m^3 程度であることから、泥だめ部は十分な容量を有している。



(平面図)



(断面図)

【埋戻土の想定流入量】

- ・ 深さ：0.5m (T.P. 10.0m (敷地高さ) - T.P. 9.5m (集水桟天端))
- ・ 幅：20.2m (集水桟の長辺幅)
- ・ 奥行：0.1m*
- ・ 埋戻土の想定流入量：深さ 0.5m × 幅 20.2m × 奥行 0.1m
 $= 1.01\text{m}^3 < 21.8\text{m}^3$ (泥だめ部の容量)

※技術的能力 添付資料 1.0.2「可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて」の「6. 屋外のアクセスルートの評価」において、構内排水設備（2号炉系統）周辺における有効応力解析結果を示しており、本解析結果より当該箇所周辺の液状化を考慮した埋戻土の水平変位は最大でも数 cm 程度であることから、本検討では保守的に 10cm とする。

図2 埋戻土の想定流入量

燃料等輸送船の扱い及び将来的な運用について

1. はじめに

燃料等輸送船は、新燃料の搬入や、プラント運転に伴い発生する使用済燃料（以下「SF」という）や低レベル放射性廃棄物（以下「LLW」という）の搬出のため、泊発電所専用港湾へ入港し、荷役を実施する運用としていたが、津波来襲時において、「泊発電所専用港湾からの緊急退避」及び泊発電所専用港湾からの緊急退避ができない場合を想定した「係留対策」によって燃料等輸送船の漂流物化防止を達成させることは困難であると判断したため、3号炉の新規制基準適合性審査においては、「燃料等輸送船を泊発電所専用港湾へ入港させない※¹」方針に変更する。

本資料では、上記方針変更に至った経緯、燃料等輸送船の3号炉新規制基準適合性審査における燃料等輸送船の扱い、燃料輸送等の将来的な運用について整理する。

※1：「燃料等輸送船を泊発電所専用港湾へ入港させない」方針とすることで、燃料輸送等に係る将来的な運用が出来るようになるまでは、燃料等輸送船が停泊可能な荷揚場・港がなく、これらの輸送は行えないため、燃料等輸送船は漂流物調査範囲内（泊発電所周辺 7km 範囲）を航行することはない。

2. 方針変更に至った経緯

津波来襲時における燃料等輸送船の漂流物化防止対策として、「泊発電所専用港湾からの緊急退避」を行う方針としていたが、退避作業の不確かさを考慮した場合、十分な余裕時間を確保できない可能性があることから、泊発電所専用港湾からの緊急退避ができない場合を想定した「係留対策」によって、燃料等輸送船の漂流物化防止を達成するための検討を進めてきた。

しかし、泊発電所に来襲する津波に段波が発生する可能性を否定できない状況となり、段波による津波波力の増大や、船体挙動の変化を考慮すると、「係留対策」の許容荷重に対して十分な裕度を確保した設計は困難であること、共通する要因（漂流物の接触や挟まれによるロープの破断）による機能喪失の可能性が否定できないことから、対策の成立性が見込めないため、泊発電所専用港湾での「係留対策」から、「燃料等輸送船を泊発電所専用港湾に入港させない」方針に変更することとした。

3. 燃料等輸送船の3号炉新規制基準適合性審査における扱いについて

「燃料等輸送船を泊発電所専用港湾へ入港させない」方針とするため、3号炉の新規制基準適合性審査における第5条耐津波設計方針では、燃料等輸送船は漂流物とならない。

4. 方針変更に伴う、泊発電所専用港湾の運用の見直しについて

3. 項に示す方針変更に伴い、泊発電所専用港湾については、総トン数 4.9t 以下の船舶（FRP 製）※²のみ入港可能とする運用上の措置を講じる。

※2：入港可能な船舶は、「津波防護施設、浸水防止設備に衝突することによる影響（波及的影響）」の対象漂流物としている（発電所周辺 500m 以内漁船：総トン数 4.9t，排水トン数約 15t，FRP 製）を基準に設定。

本運用を講じることにより、漂流物調査の結果において、「発電所敷地内海域船舶」として抽出していた工事用資機材運搬作業船についても、泊発電所専用港湾に入港させない運用となるため、工事用の資機材は、岩内港を利用して荷役・運搬を行うこととする。

漂流物調査結果において、「発電所敷地内海域船舶」としていた船舶について、方針変更に伴う運用及び漂流物影響評価を表 1 に整理する。

表 1 「発電所敷地内海域船舶」の方針変更に伴う運用及び漂流物影響評価

■ 発電所敷地内海域を航行する燃料等輸送船以外の船舶としては、作業船（港湾施設点検用作業船、海洋環境調査関連作業船）及び工事用資機材運搬作業船がある。 ■ 燃料等輸送船の漂流物化防止対策の方針変更に伴い、泊発電所専用港湾には、総トン数 4.9t 以下の船舶（FRP 製）のみ入港可能な運用とすることから、燃料等輸送船及び工事用資機材運搬作業船は、泊発電所専用港湾に入港できなくなるため、泊発電所敷地内海域を航行しない。 ■ そのため、発電所専用港湾内を航行する船舶は、総トン数 4.9t 以下の船舶（FRP 製）である作業船（港湾施設点検用作業船、海洋環境調査関連作業船）のみとなる。			方針変更に伴う運用及び漂流物影響評価	
発電所敷地内海域船舶	分類	泊発電所専用港湾への入港可否		
	燃料等輸送船	×	- 燃料等輸送船は、泊発電所専用港湾に入港させない運用とする。 【漂流物影響評価】 - 燃料等輸送船は、燃料輸送等に関する将来的な運用が確定するまでは漂流物調査範囲内を航行しないことから、漂流物とはならない。	
	作業船 ・港湾施設点検用作業船 ・海洋環境調査関連作業船	○ 入港可能 (入港制限有)	- 泊発電所敷地内海域に入港する作業船については、総トン数 4.9t 以下の船舶（FRP 製）のみ入港可能な運用とする。 【漂流物影響評価】 - 方針変更によらず、作業船の入港制限を行った評価を実施しているため、漂流物影響評価結果から変更はない。	
	工事用資機材運搬作業船	×	- 工事用資機材運搬作業船は、泊発電所専用港湾に入港させない運用とする。 - 工事用資機材運搬作業船は、燃料等輸送船とは異なり 3 号炉の再稼働後、岩内港を利用して発電所の工事用資機材の荷役・運搬を行う必要があるため、「発電所敷地外海域船舶」として扱う。 【漂流物影響評価】 - 工事用資機材運搬作業船を「発電所敷地外海域船舶」として、漂流物影響評価を行った場合においても、漂流物影響評価結果から変更はない。	

5. 方針変更に伴う影響について

5-1. 方針変更前・後における漂流物化防止対策の整理

方針変更前・後における漂流物化防止対策を比較した結果を表 2 及び図 1 に示す。

5-2. 方針変更に伴う 3 号炉設置変更許可における記載方針と他条文等への影響

方針変更の許認可上の見通しを確認するため、許認可の各段階における記載方針（例）を表 3 に整理した。

設置変更許可 添付書類六 6. 社会環境は、3 号炉新規制基準適合性審査時点では、方針変更に伴い、泊発電所専用港湾での海送搬入ができなくなるため、工事用資機材は、岩内港を利用した発電所への運搬が必要になることを踏まえた記載方針（例）とする。

また、方針変更に伴う他条文等への影響について、確認した結果を表 4 に示す。他条文等への影響確認結果の詳細については、別紙 1 参照。

表 2 方針変更前・後における漂流物化防止対策の比較

		【方針変更前】	【方針変更後】
漂流物化防止対策	概要	燃料等輸送船は、「泊発電所専用港湾からの緊急回避」または、泊発電所専用港湾からの緊急回避ができない場合を想定した「係留対策」により、漂流物化を防止する。	燃料等輸送船は、泊発電所専用港湾内に入港させない。
	設備	「係留対策」 (荷揚岸壁への船体乗上防止用の柱と高強度繊維ロープを用いた港湾内への漂流防止用の係留を組み合わせた対策)	設備対策不要
	運用	燃料等輸送船は、津波来襲までに「泊発電所専用港湾外へ緊急回避」または、「係留対策設置作業の完了」のいずれかの対応を実施する。	泊発電所専用港湾には、総トン数 4.9t 以下の船舶 (FRP 製) のみ入港可能とする。
漂流物影響評価 ^{※1}		燃料等輸送船は、「泊発電所専用港湾からの緊急回避」または、「係留対策」により、燃料等輸送船の漂流物化を防止する^{※2}。 ※ 2 : 「発電所敷地内海域船舶」の中で総トン数が最大の燃料等輸送船を代表として、漂流物影響評価を実施。工事用資機材運搬作業船については、燃料等輸送船の評価結果に包絡される。	- 燃料等輸送船は、燃料輸送等に関する将来的な運用が確定するまでは漂流物調査範囲内を航行しないことから、漂流物とはならない。 - 工事用資機材運搬作業船は、発電所の工事用資機材は岩内港を利用して荷役・運搬を行う必要があるため、「発電所敷地外海域船舶」として、漂流物影響評価を行うが、漂流物影響評価結果から変更はない。
	基準津波・入力津波への影響	影響無し	影響無し

※ 1 : 作業船については、方針変更によらず、作業船の入港制限を行った評価を実施しているため、漂流物影響評価結果から変更はない。

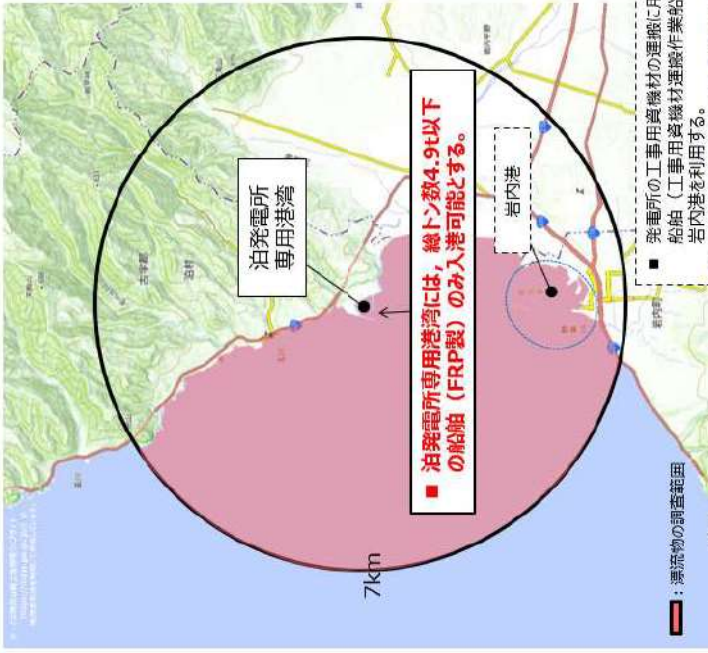
【方針変更前】	【方針変更後】
■ 燃料等輸送船は、「泊発電所専用港湾からの緊急退避」または、「泊発電所専用港湾からの緊急退避」ができない場合を想定した「係留対策」（荷揚岸壁への船体乗止防止用の柱と高強度繊維ロープを用いた港湾内への漂流防止用の係留を組み合わせた対策）により、漂流物を防止する。 	■ 泊発電所専用港湾には、総トン数4.9t以下の船舶（FRP製）のみ入港可能とする。 ■ 燃料等輸送船は、漂流物の調査範囲内（泊発電所周辺7km範囲の海域）を航行しないため、漂流物影響評価の対象外。 

図 1 方針変更前・後における燃料等輸送船の漂流物化防止対策の比較

表3 許可の各段階における記載方針 (例)

対応事項	設置変更許可	設工認
泊発電所 専用港湾への 船舶の入港管理	本文五号^{※1} 「ロ. (2)耐津波構造」に入 て、泊発電所専用港湾に入 港する船舶の条件を設定 するため、「泊発電所専用 港湾には、総トン数 4.9t 以下の船舶 (FRP 製) のみ 入港可能とする」等の方針 とする。	<u>基本設計方針 (説明書含)</u> 「泊発電所専用港湾には、総トン数 4.9t 以下の船舶 (FRP 製) のみ入港を許可す ることとし、社内規程類に定めて管理す る」等の方針とする。
	<u>添付書類 六^{※2}</u> <u>6. 社会環境</u> 「6. 4 交通運輸」にて、なお書きとして記載の「発 電所への大型重量物の運搬は発電所前面に設けた 荷揚施設により海送搬入する」を、「工事用の資 機材^{※3}は岩内港から国道 229 号を利用して発電所 へ運搬する」^{※4} 等の方針とする。 <u>添付書類 八^{※1}</u> <u>10. 6. 1 津波に対する防護設備</u> 「泊発電所専用港湾には、総トン数 4.9t 以下の船 舶 (FRP 製) のみ入港可能とする」等の方針とす る。	保安規定
		添付 2 泊発電所専用港湾への船舶入港管理 「泊発電所専用港湾には、総トン数 4.9t 以下の船舶 (FRP 製) のみ入港可能とす る」等の方針とする。
		社内規程類 総トン数 4.9t 以下の船舶 (FRP 製) のみ 泊発電所専用港湾に入港できるよう社 内規程類に定める方針とする。

※1：第5条 (津波による損傷の防止) 適合に係る変更

※2：第6条 (その他外部事象) 適合に係る変更

※3：従来、泊発電所専用港湾で船舶によって運搬する必要があった大型重量物のうち、定検工事や安全対策工事等で用いる資機材 (核燃料物質等の輸送物以外の一般資機材)。

※4：「構外停泊 (事業所外運搬)」における停泊位置確定後、記載の修正を行う。

表 4 方針変更に伴う他条文等への影響

【他条文等への影響】	
■ 方針変更に伴う他条文等への影響を網羅的に確認した結果，第 6 条（その他外部事象）及び第 6 条（外部火災）※が該当。	
※：添付書類八「1.8.10.(3)d. 漂流船舶の火災」	
■ 第 6 条（その他外部事象）については，今後，前頁で示した記載方針（例）のとおり，設置変更許可申請書の補正を実施する。	
■ 第 6 条（外部火災）については，方針変更に伴い，燃料等輸送船は泊発電所専用港湾へ入港させない運用とするものの，漂流船舶火災の対象船舶については，保守的な評価となるよう泊発電所専用港湾に入港可能であった最大クラスの船舶（燃料等輸送船）による現在の評価のままとすることから，これまでの基準適合性に係る説明方針に変更はない。ただし，設置変更許可申請書に記載している「燃料輸送船」に係る表現は「漂流船舶」等に改める。	

6. 将来的な運用について

3号炉の再稼働後、一定期間、燃料等輸送船による新燃料の搬入及びプラント運転に伴い発生するSFやLLWの搬出の必要なく、3号炉の運転が可能であるが、将来的には燃料等輸送船による燃料輸送等（新燃料の搬入やSF、LLWの搬出）が必要となる。

そのため、将来的には、泊発電所の構外に新設荷揚場（泊村内）を設置、または、既存港（岩内港）を活用させて頂き、「構外停泊（事業所外運搬）」^{※3}を実施する。

なお、核物質防護の観点から事業所外運搬の距離を考慮し、泊発電所に近い新設荷揚場（泊村内）を設置することを第一に必要な検討・調整を行う。「構外停泊（事業所外運搬）」の概要を図3に示す。

※3：核物質防護の観点から、最も輸送経路が短くなる泊発電所専用港湾内における漂流物化防止対策を優先して検討してきたが、泊発電所専用港湾内における漂流物化防止対策の成立は困難となったため、泊発電所構外における漂流物化防止対策として、「構外停泊（事業所外運搬）」を実施することとした。

「構外停泊（事業所外運搬）」の検討に際し、基準津波・入力津波への影響及び燃料等輸送船の漂流物影響については、評価の結果、影響があると認められる場合は、設置変更許可申請を行う。

万一、3号炉の再稼働後に新燃料の搬入またはSFやLLWの搬出ができないことで、3号炉の運転の継続が困難となった場合には、3号炉の運転を行わない。

なお、「構外停泊（事業所外運搬）」に関する設計を行う際は、以下の事項を考慮する。

【設計の考慮事項】

- ① 津波来襲時、燃料等輸送船は、原則、緊急退避を実施する運用とすることから、燃料等輸送船が津波来襲前に緊急退避可能な荷揚場・港の形状とする。
- ② 燃料等輸送船の停泊、仮設クレーン及び運搬車両等のアクセスが安全・確実に実施可能な荷揚場・港の形状とする。
- ③ 津波来襲時に、作業員が速やかに退避可能な動線を確保する。
- ④ 地形変化が生じる場合は、基準津波・入力津波に及ぼす影響が小さくなるようにする。
- ⑤ 陸上輸送の安全性を確保できる設計とする。（輸送物、輸送方法の関係法令への適合）

「構外停泊（事業所外運搬）」の運用開始までに必要となる評価・確認を以下のとおり整理した。

【「構外停泊（事業所外運搬）」の運用開始※⁴ ※⁵までに必要となる評価・確認】

- ① 構外停泊位置を確定させ、燃料等輸送船を漂流物影響評価の対象として抽出し、評価を行う。
- ② 荷揚場・港の形状等を考慮した基準津波・入力津波への影響確認を行う。

※4：

- 「構外停泊（事業所外運搬）」の運用が必要となる時期は、新燃料保有量及びSF・LLWの貯蔵・保管可能容量により決定される。
-
- SFやLLWの保管可能容量は、十分な余裕が確保できているため、保有している新燃料で運転可能な期間よりも長く、運用が可能である。
- 万一、3号炉の再稼働後に新燃料の搬入またはSFやLLWの搬出ができないことで、3号炉の運転の継続が困難となった場合には、3号炉の運転を行わない。

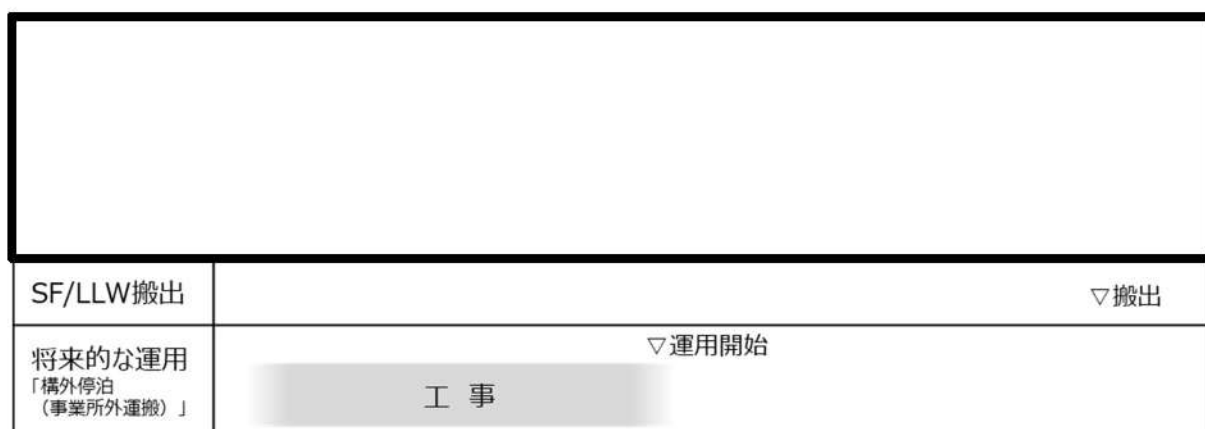


図2 保有燃料での運転可能期間と新燃料の搬入タイミング

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

※ 5 : 核燃料物質等の事業所外運搬に係る関係法令を表 5 に整理する。

表 5 核燃料物質等の事業所外運搬に係る関係法令

【凡 例】
● : 要
- : 不要

目 的	提出物	申請先	新燃料	S F	LLW	備 考
運搬に関する確認	取決めの締結確認申請書	原子力規制委員会	●	●	-	・炉規制法第59条の2 第2項 ・運搬取決め規則第2条第1項
輸送物の技術基準適合性 確認	核燃料輸送物設計承認申請書 or 放射性輸送物設計承認申請書	原子力規制委員会 or 国土交通大臣	●	●	-	・外運搬規則第21条第2項 ・外運搬告示第41条 ・危規則第86条
	容器承認申請書 or 放射性物質輸送容器及びその使用 方法に関する承認申請書	原子力規制委員会 or 国土交通大臣	●	●	-	・炉規制法第59条第3項 ・外運搬規則第21条第1項 ・危規則第88条第1項
	車両運搬確認申請書	原子力規制委員会	●	●	-	・炉規制法第59条第2項 ・外運搬規則第19条第1項
海上輸送の輸送方法の技術 基準適合性確認	設計基礎脅威 (DBT) の 交付申請	国土交通省海事局	-	●	-	危規則第96条, 第99条
	放射性輸送物運送計画書安全 確認申請書	国土交通大臣	●	●	●	・危規則第99条第1項
	危険物積付検査申請書	所轄運輸局	●	●	●	・危規則第111条第1項 ・危規則第111条第3項
海上輸送の輸送経路, 日 時等の届出の確認, 指示	放射性物質等運送届	所轄海保本部長	●	●	●	・危規則第106条第1項
陸上輸送の輸送方法の技術 基準適合性確認	設計基礎脅威 (DBT) の交付 申請	国土交通省 物流・自 動車局	-	●	-	核車両運搬規則第17条の2 第11項
	核燃料輸送物運搬確認申請書	国土交通大臣	-	●	-	・炉規制法第59条第2項 ・核車両運搬規則第21条
	固縛強度検討報告	国土交通省	●	●	●	・核車両運搬規則第4条
陸上輸送の輸送経路, 日時等 の届出の確認, 指示	核燃料物質等運搬届出書	公安委員会	●	●	-	・炉規制法第59条第5項 ・運搬届出府令第2条第1項

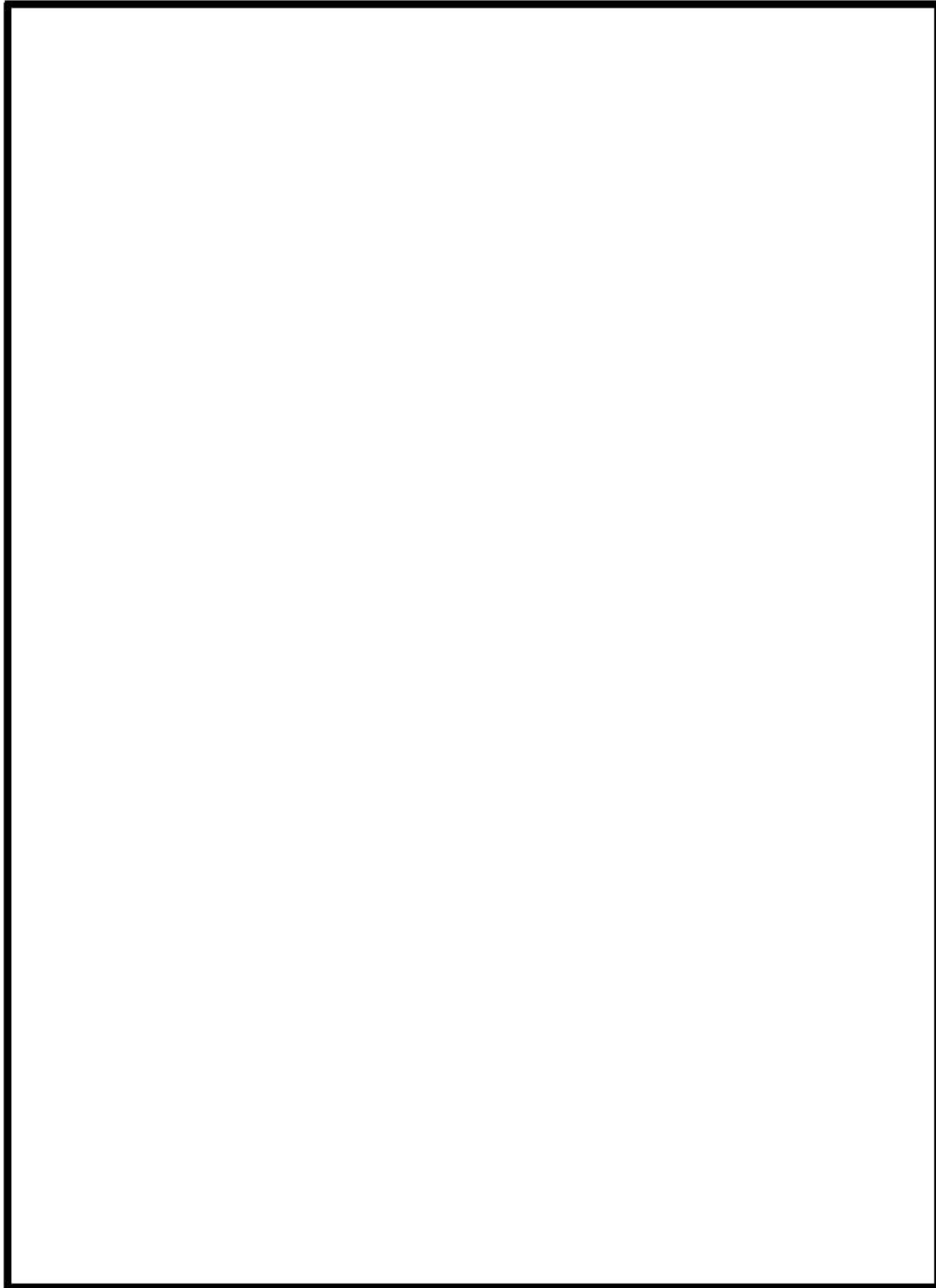


図3 将来的な運用「構外停泊（事業所外運搬）」の概要

☐ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

7. 本方針変更に伴う工程について

本方針変更に伴う、運用変更や必要となる評価・確認を整理した工程を図4に示す。

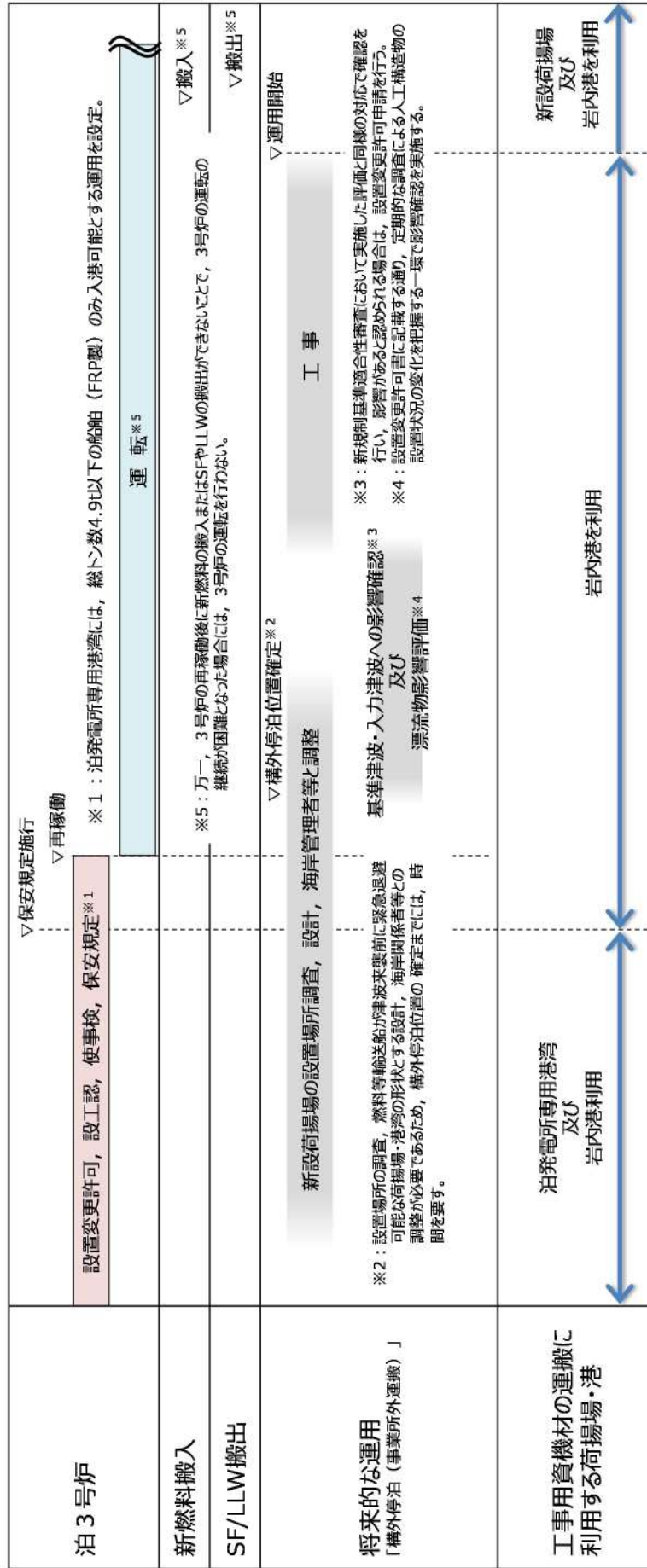


図4 方針変更に伴う工程

燃料等輸送船の漂流物化防止対策の方針変更に伴う各条文等への影響について

【凡例】 確認対象 ○：確認対象 ×：確認対象外

申請書影響 ○：設置変更許可申請書の記載に影響がある ×：設置変更許可申請書の記載に変更がない △：検討中

設置許可基準規則条文		基準適合状況		説 明
条	見出し	確認対象	申請書影響	
第1条～ 第4条	(省略)	×		第1条，第2条：要求事項ではないため，基準適合状況の確認対象外。 上記以外：本件に伴う当該条文に係る3号炉設備，運用等の変更はなく，基準適合状況の確認対象外。
第5条	津波による 損傷の防止	○	○	本件に伴う該当条文への適合にあたり，燃料等輸送船を泊発電所専用港湾へ入港させない運用とすることで，基準への適合性を示す。 また，燃料等輸送船の「構外停泊（事業所外運搬）」の運用開始までに，構外停泊位置を確定させ，燃料等輸送船を漂流物影響評価の対象として抽出し評価を行うとともに，構外停泊運用を行う上で，地形変化が発生する場合，港の形状等を考慮した基準津波・入力津波への影響確認を行ったうえで，運用開始までにその評価・確認結果を説明する。 上記に伴い，設置変更許可申請書の以下の記載を変更する。 【本文五号】 ・「ロ．(2)耐津波構造」にて，泊発電所専用港湾に入港する船舶の条件を設定するため，「泊発電所専用港湾には，総トン数4.9t以下の船舶（FRP製）のみ入港可能とする」等の記載を追加する。 ・「ロ．(2)耐津波構造」にて，「なお，漂流物については，定期的な調査により人工構造物の設置状況の変化を把握する」等の記載の中で，定期的な影響確認を行う。 【添付書類 八】

設置許可基準規則条文		基準適合状況		説 明
条	見出し	確認対象	申請書影響	
				・「10. 6. 1 津波に対する防護設備」にて、漂流物の津波防護施設や原子炉補機冷却海水系の取水性への影響に関する記載が必要であることから、「泊発電所専用港湾には、総トン数 4. 9t 以下の船舶（FRP 製）のみ入港可能とする」等の記載を追加する。 ・「1. 5 耐津波設計」にて、漂流物の抽出方法及び抽出された漂流物となる可能性のある施設・設備の影響確認について「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。」等の記載の中で、定期的な影響確認を行う。 ・「10. 6. 1 津波に対する防護設備」にて、手順等の記載事項として、「漂流物調査範囲内の人工構造物の設置状況の変化を把握するため、定期的に設置状況を確認する手順を定める。さらに、従前の評価結果に包絡されない場合は、人工構造物が漂流物となる可能性、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性並びに津波防護施設及び浸水防止設備の健全性への影響評価を行い、影響がある場合は漂流物対策を実施する。」等の記載の中で、定期的な影響確認を行う。
第 6 条 (その他外部事象)	外部からの衝撃による損傷の防止 (その他外部事象)	○	○	本件に伴う該当条文への適合にあたり、大型重量物の海送搬入に係る以下の記載を見直すものの、該当条文におけるこれまでの基準適合性に係る説明方針に変更はないことを確認した。 設置変更許可申請書においては、以下の記載見直しを行う。 ・添付書類六「6. 社会環境」のうち「6. 4 交通運輸」において、なお書きとして記載の「発電所への大型重量物の運搬は発電所

設置許可基準規則条文		基準適合状況		説 明
条	見出し	確認 対象	申請書 影響	
				前面に設けた荷揚施設により海送搬入する」を、「工事用の資機材は岩内港から国道 229 号を利用して発電所へ運搬する。」等の記載に見直す。
第 6 条 (外部火災)	外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)	○	○	第 6 条 (外部火災) については、方針変更に伴い、燃料等輸送船は泊発電所専用港湾へ入港させない運用とするものの、漂流船舶火災の対象船舶については、保守的な評価となるよう泊発電所専用港湾に入港可能であった最大クラスの船舶 (燃料等輸送船) による現在の評価のままとすることから、これまでの基準適合性に係る説明方針に変更はない。 ただし、設置変更許可申請書に添付書類八に記載の「燃料輸送船」に係る表現は、前後の文章及び外部火災影響評価ガイドの記載を踏まえ、「漂流船舶」等に改める。
第 16 条	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	○	×	本件に伴う燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設に係る 3 号炉設備、運用等に変更はなく、当該条文への適合性および設置変更許可申請書への影響はないことを確認した。 (貯蔵した後の搬出に関しては本条文の範囲外)
第 28 条	放射性廃棄物の貯蔵施設	○	×	本件に伴う放射性廃棄物の貯蔵施設に係る 3 号炉設備、運用等に変更はなく、当該条文への適合性および設置変更許可申請書への影響はないことを確認した。(貯蔵した後の搬出に関しては本条文の範囲外)
第 30 条	放射線からの放射線業務従事者の防護	○	×	本件に伴い燃料体等の運搬に係る運用の変更はあるものの、当該条文に係る本文九号の記載うち「燃料等搬入、輸送時に必要により一時的に管理区域を設定する」運用や、添付書類九の記載のうち「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の運搬については、関係法令を遵守する。」

設置許可基準規則条文		基準適合状況		説 明
条	見出し	確認対象	申請書影響	
				ことに変わりはないことから、本件に伴う当該条文への適合性および設置変更許可申請書への影響はないことを確認した。
上記以外の条文 (第6条(竜巻, 火山)～第15条, 第17条～第27条, 第29条, 第31条～第62条)	(省略)	×		本件に伴う当該条文に係る3号炉設備, 運用等の変更はなく, 基準適合状況の確認対象外。
その他	申請書本文七号「発電用原子炉に燃料として使用する核燃料物質の種類及びその年間予定使用量」	○	×	本件に伴う当該書類に係る3号炉設備, 運用等の変更はなく, また, 当該書類に記載している「使用する核燃料物質の種類及びその年間予定使用量」に変わりはないことから, 本項目への適合性および設置変更許可申請書への影響はないことを確認した。
その他	申請書本文八号「使用済燃料の処分の方法」	○	×	本件に伴う当該書類に係る3号炉設備, 運用等の変更はなく, また, 当該書類に記載している「再処理事業者に引き渡されるまでの間は, 使用済燃料を適切に貯蔵・管理する」ことに変わりはないことから, 本項目への適合性および設置変更許可申請書への影響はないことを確認した。
その他	添付書類四「変更後における原子炉の	○	×	本件に伴う当該書類に係る3号炉設備, 運用等の変更はなく, また, 当該書類に記載している「核燃料物質の取得計画」に変わりはないことから, 本項目への適合性およ

設置許可基準規則条文		基準適合状況		説 明
条	見出し	確認 対象	申請書 影響	
	運転に要 する核燃 料物質の 取得計画 を記載し た書類」			び設置変更許可申請書への影響はないこ とを確認した。

1 号及び 2 号炉取水路流路縮小工について

1. はじめに

1 号及び 2 号炉取水路流路縮小工（以下「流路縮小工」という。）は、1 号及び 2 号炉の取水路を遡上する津波に対して、1 号及び 2 号炉取水ピットスクリーン室上端開口部から敷地への津波の流入を防止するために必要な設備であり、3 号炉新規規制基準適合性審査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。

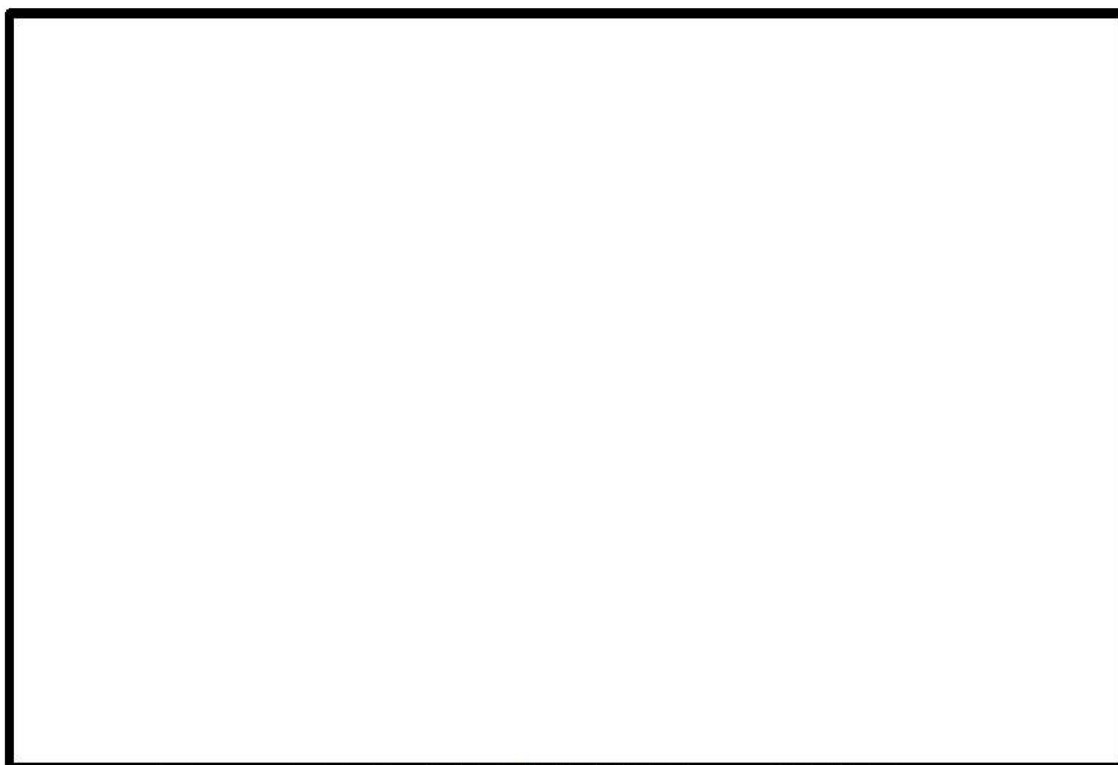


図 1 1 号及び 2 号炉取水路流路縮小工の設置位置

2. 流路縮小工の設置目的と構造概要

(1) 流路縮小工の設置目的

流路縮小工は、1 号及び 2 号炉の取水路から遡上する津波に対して、取水路内の流路を縮小することで流路抵抗を上昇させ、津波が 1 号及び 2 号炉取水ピットスクリーン室上端開口部から敷地へ流入するのを防止するために設置する。

(2) 流路縮小工に対する要求事項

a. 流路縮小工に求められる機能

流路縮小工は、通常時及び外部電源喪失時において以下の機能が要求される。

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。

(a) 津波時における敷地への津波の流入防止

津波による取水路からの津波の遡上に対して、取水ピットスクリーン室の水位上昇が敷地高さを上回らないこと（構造成立性*を含む）。

※流路縮小工の構造成立性についての検討結果は参考 4 参照。

(b) プラント停止状態における 1 号及び 2 号炉の取水機能

流路縮小工を設置しても、1 号及び 2 号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態における、通常時及び外部電源喪失時の 1 号及び 2 号炉の取水機能に影響がないこと（原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能維持）。

b. 流路縮小工の許認可上の位置付けについて

(a) 流路縮小工の設備分類について

流路縮小工は、津波が取水ピットスクリーン室上端開口部から敷地へ、流入するのを防止するための設備である。本設備は、土木構築物である防潮堤直下の取水路に設置し、取水路（3.5m×3.75m）の規模を踏まえて、津波防護施設として扱う。

(b) 流路縮小工の耐震重要度及び安全重要度

○耐震重要度：耐震 S クラス

津波防護施設であることから、耐震 S クラスに該当する。

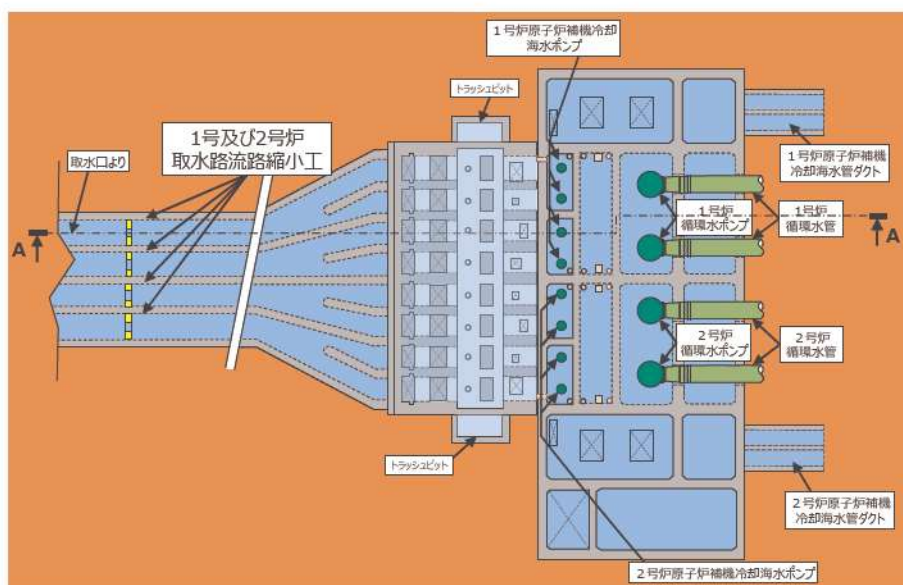
○安全重要度

- ・流路縮小工は、津波が敷地へ流入することを防止し、重要な安全機能を有する設備を防護するために必要な設備であるため、津波防護施設として信頼性を確保した設計とする。
- ・他社先行審査実績でクラス 1 として設定している外部入力により動作する機構（駆動部）は設けない設計とする。
- ・津波防護施設の安全重要度に関する他社先行審査実績は、参考 1 参照。

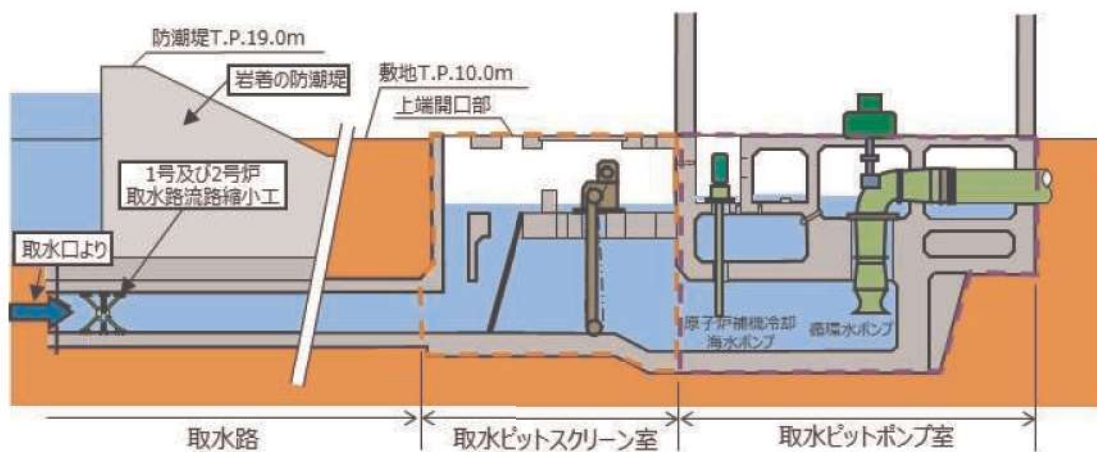
(3) 流路縮小工の構造概要（図 2 参照）

流路縮小工は、主梁、スキンプレート、スリーブ及びアンカーボルトから構成する鋼製の構造物とし、岩着の防潮堤直下にある取水路内に設置する。流路縮小工の設置は、取水路の底面及び天井面をアンカーボルトで固定する。

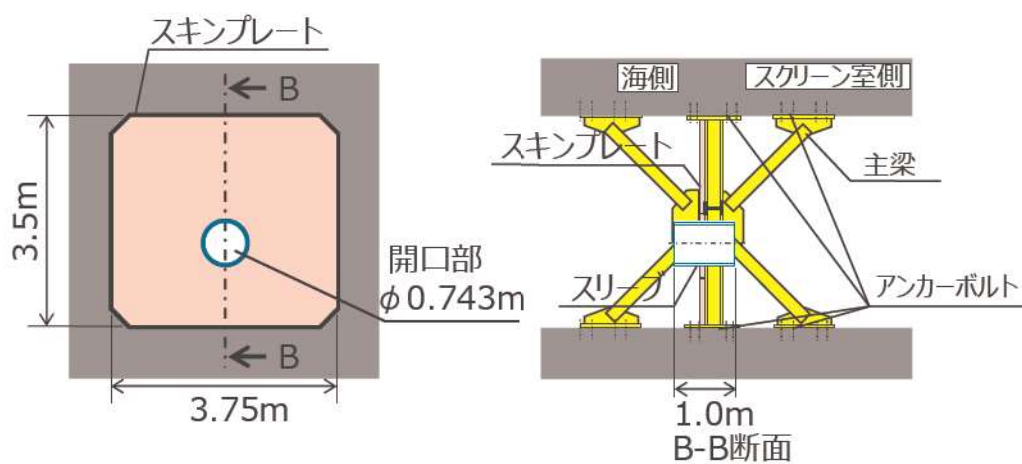
流路縮小工には、1 号及び 2 号炉の原子炉補機冷却海水ポンプに必要な海水を取水するため、開口部（ $\phi 0.743\text{m} \times 4$ 条）を設ける。



【1号及び2号炉取水系平面図】



【1号及び2号炉取水系断面図 (A-A 断面)】



【流路縮小工拡大イメージ図】

図2 1号及び2号炉取水路流路縮小工の構造例
(水位は津波時のイメージ)

(4) 流路縮小工の開口径の設定について

流路縮小工は、1号及び2号炉取水路から敷地への津波の流入を防止することに加え、通常時の1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能に影響を与えないことが求められる。

津波の流入防止の観点からは、流路縮小工の開口径を小さく設定した方が、流路抵抗の増大により津波の水位上昇が抑制されるため効果的である。一方で、開口径の縮小は、水路の損失水頭を増加させることとなり、取水ピット水位の低下に伴い原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能に影響を与える可能性がある。よって、津波の流入を防止する設計確認値（上限値）及び原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能を確保するための設計確認値（下限値）を検討する。

設計確認値（上限値）については、津波の流入による取水ピットスクリーン室での津波高さが、敷地高さ（T.P. 10.0m）を上回らない設計（表1）とし、最大開口径は1.0mとする。取水ピットスクリーン室での津波高さは、同経路の水理特性を考慮した管路解析^{※1}を行い、潮位、地殻変動等を考慮して安全側に算定する。

設計確認値（下限値）については、原子炉補機冷却海水系の取水機能に影響を及ぼさないよう、取水路における流路縮小工の最小開口径を通常時の取水ピットポンプ室水位が原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位（T.P. -4.17m）を下回らないように設定する。流路縮小工の開口径を変化させた際の取水ピットポンプ室水位と原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位との関係を図3のとおり整理し、取水機能に影響を及ぼさないために必要な開口径0.47mに対し、余裕を考慮して最小開口径は0.50mとする。なお、通常時の取水ピットポンプ室水位は、同経路の水理特性を考慮した管路解析^{※2}を行い、原子炉補機冷却海水系の運転条件及び潮位等を考慮して算定する。

上記を踏まえ、流路縮小工の開口径については、最小開口径（0.50m）と最大開口径（1.0m）の範囲内である0.743mと設定した。

※1：流路縮小工部の損失水頭を電力土木技術協会の算定公式にて評価し、津波の流入評価の管路解析のモデルについては、「添付資料5 管路解析の詳細について」にまとめる。また、流路縮小工による津波の水位上昇抑制効果を保守的に評価できるような損失係数の設定とする。

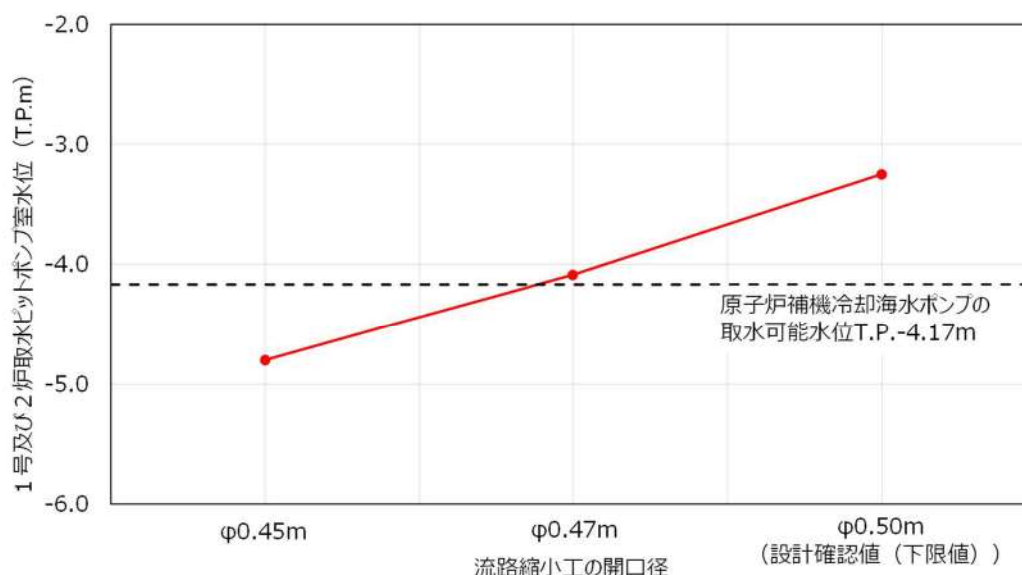
※2：原子炉補機冷却海水系の取水機能への影響については、損失係数を大きく設定する方が通常時の水位が低くなり、最小開口径の設定にあたって保守的に評価できるため、「添付資料5 管路解析の詳細について」に記載する管路解析モデルの取水方向の損失係数を1.5倍して評価を行う。

表1 泊3号炉の津波防護機能に対する流路縮小工の開口径の評価結果

流路縮小工の開口径	取水流量	流路縮小工の流路面積	取水ピットポンプ室の津波高さ	敷地高さ
φ0.743 m (公称値)	1.0 m ³ /s ^{※1}	0.4336 m ²	T.P. 6.6m ^{※2}	T.P. 10.0m
φ1.0 m (設計確認値(上限値))		0.7854 m ²	T.P. 8.1m ^{※2}	

※1 原子炉補機冷却海水ポンプ (1,900 m³/h≒0.5 m³/s) は、取水路1条あたり2台が設置されているため、2台運転時の取水路1条あたりの流量は0.5 m³/s×2台=1.0m³/sとなる。

※2 入力津波高さの評価にあたっては、津波高さが最大となる「波源A、防波堤損傷なし、地形変化：「地滑り地形①の崩壊」+「敷地前面海底地盤（海域）0.5m洗掘」+「敷地前面海底地盤（海域）2.0m沈下」、貝付着無し、スクリーン健全）」を条件として設定している。また、潮位変動として朔望平均満潮位（T.P. 0.26m）に潮位のばらつき（0.14m）と観測地点の潮位差（0.01m）、地震による地殻変動として0.40m、ポンプ運転台数による水位への影響を踏まえた余裕代として1.0mを考慮している。



※1 流路縮小工に流れる最大流量として1 m³/sの条件で算定。

(原子炉補機冷却海水ポンプ定格流量 0.5 m³/s×2台運転)

※2 朔望平均干潮位 (T.P.-0.14m)に潮位のばらつき 0.19mを考慮。

図3 流路縮小工の開口径を変化させた際の通常時の取水ピットポンプ室水位

(5) 津波時の砂による影響について

砂の堆積により、流路縮小工の開口径部が狭くなることが想定されるが、取水ピットスクリーン室水位が低下する影響であることから敷地への流入を防止する機能に悪影響を与えない。

(6) 津波時の漂流物の影響について

漂流物の到達により、流路縮小工の開口径部が狭くなることが想定されるが、取水ピットスクリーン室水位が低下する影響であることから敷地への流入を防止する機能に悪影響を与えない。

3. 流路縮小工設置による1号及び2号炉への影響について

(1) 既設設備が有する機能と役割について

流路縮小工設置による既設設備への影響を評価するに当たり、1号及び2号炉の取水路に関係する既設設備の本来有する機能と役割を、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止を前提として整理した。

a. 取水路

(a) 機能と役割

取水路は、取水口で取込んだ海水を取水ピットスクリーン室及び取水ピットポンプ室まで導くための水路であり、1号及び2号炉それぞれ2条ずつ（計4条）設置している。取水路は、各号炉 $40\text{m}^3/\text{s}$ （復水器冷却水として約 $38\text{m}^3/\text{s}$ ，原子炉補機冷却海水として約 $2\text{m}^3/\text{s}$ ），1条あたり $20\text{m}^3/\text{s}$ （復水器冷却水として約 $19\text{m}^3/\text{s}$ ，原子炉補機冷却海水として約 $1\text{m}^3/\text{s}$ ）が通水可能な設計としている。

(b) 取水路の耐震重要度及び安全重要度

○耐震重要度：耐震Sクラスの間接支持構造物

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

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

○安全重要度

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

【プラント通常運転状態の安全重要度：MS－1】

取水路は、重要度分類審査指針において、「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」のうち、当該系の原子炉補機冷却海水系の直接関連系としてMS－1に該当する。

b. 原子炉補機冷却海水ポンプ

(a) 機能と役割

原子炉補機冷却海水ポンプは、通常時及び外部電源喪失時において、安全上重要な機器である原子炉補機冷却水冷却器、ディーゼル発電機及び空調用冷凍機に海水を供給し、最終的な熱の逃がし場である海へ熱を輸送するための取水機能を有する。原子炉補機冷却海水ポンプにより取水ピットから取水され各冷却器を通して熱交換された海水は、原子炉補機冷却海水放水路を通して放水ピットへ放水される。

1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止を前提とした場合においても、使用済燃料ピットの冷却、空調用冷凍機の冷却機能の維持が必要であり、外部電源喪失時にはこれらに加えてディーゼル発電機の冷却が必要となる。これらの補機類の冷却のために、原子炉補機冷却海水ポンプの運転維持が求められる。表2にプラント停止状態において必要となる原子炉補機冷却海水ポンプの台数及び流量を示す。

原子炉補機冷却海水ポンプは号炉ごとに4台が設置されており、通常時は各取水路で1台の合計2台運転とし、約 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ($1,900\text{m}^3/\text{h} \div 0.5\text{m}^3/\text{s} \times 2$ 台) が定格流量である。

プラント停止状態の原子炉補機冷却海水ポンプ運転台数と放水路の流量について、下記及び表3にまとめる。

① 通常時

取水路の両トレンで海水を通水している場合、各取水路で原子炉補機冷却海水ポンプ1台分の流量の海水 ($0.5\text{m}^3/\text{s}$) が取水ピットより取水される。

取水路の片トレンが定期点検のために隔離されており、もう片方のトレンで海水を通水している場合、片方のトレンで原子炉補機冷却海水ポンプ2台分の流量の海水 ($1.0\text{m}^3/\text{s} = 0.5\text{m}^3/\text{s} \times 2$ 台) が取水ピットより取水される。

② 外部電源喪失時

取水路の両トレンで海水を通水している際に外部電源喪失が発生した場合、ブラックアウトシーケンスが作動し、原子炉補機冷却海水ポンプ全台 (4台) が運転するため、各トレン $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ($0.5\text{m}^3/\text{s} \times 2$ 台) の海水が取水ピットより取水される。なお、外部電源喪失によりブラックアウトシーケンスが作動した場合、一時的に原子炉補機冷却海水ポンプは4台運転となるが、ブラックアウト信号のリセット後は2台運転とする手順を定めている。

取水路の片トレンが定期点検により隔離されており、もう片方のトレンで海水を取水している際に外部電源喪失が発生した場合、ブラックアウトシーケンスが作動するが、原子炉補機冷却海水ポンプの運転台数は最大2台から変更なく、片トレンで $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ($0.5\text{m}^3/\text{s} \times 2$ 台) の海水が取水ピットより取水される。

表2 プラント停止状態^{※1}で必要となる取水流量（1号炉^{※2}の例）

ポンプ名称	ポンプ台数	流量	用途
原子炉補機冷却 海水ポンプ	2台	$1,900\text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{台})$ ($\approx 0.5\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{台})$)	・ 使用済燃料ピットの冷却 ・ 空調用冷凍機の冷却 ・ 外部電源喪失時のディーゼル発電機の冷却

※1 循環水ポンプ停止を前提

※2 2号炉も同じ

表3 プラント停止状態^{※1}の原子炉補機冷却海水ポンプ運転台数取水路流量

プラント 状態	取水路の 状態	項目	1号炉		2号炉		平面図
			1A	1B	2A	2B	
通常時	両トレン 通水時	ポンプ 運転台数	1台	1台	1台	1台	図4
		流量	$0.5\text{ m}^3/\text{s}$	$0.5\text{ m}^3/\text{s}$	$0.5\text{ m}^3/\text{s}$	$0.5\text{ m}^3/\text{s}$	
	片トレン 通水時 ^{※3}	ポンプ 運転台数	2台	0台	1台	1台	図5
		流量	$1.0\text{ m}^3/\text{s}$	$0\text{ m}^3/\text{s}$	$0.5\text{ m}^3/\text{s}$	$0.5\text{ m}^3/\text{s}$	
外部電源 喪失時	両トレン 通水時	ポンプ 運転台数	2台 ^{※2}	2台 ^{※2}	2台 ^{※2}	2台 ^{※2}	図6
		流量	$1.0\text{ m}^3/\text{s}$	$1.0\text{ m}^3/\text{s}$	$1.0\text{ m}^3/\text{s}$	$1.0\text{ m}^3/\text{s}$	
	片トレン 通水時 ^{※3}	ポンプ 運転台数	2台	0台	2台 ^{※2}	2台 ^{※2}	図7
		流量	$1.0\text{ m}^3/\text{s}$	$0\text{ m}^3/\text{s}$	$1.0\text{ m}^3/\text{s}$	$1.0\text{ m}^3/\text{s}$	

※1 循環水ポンプ停止を前提

※2 外部電源喪失により、ブラックアウトシーケンスが作動した時の台数と流量であり、ブラックアウト信号のリセット後は各1台運転とする。

※3 取水路の点検として、1号炉のBトレンを排水した状態を記載。1号炉のAトレンを排水した場合は、1号炉のAトレン流量が $0\text{m}^3/\text{s}$ 、1号炉のBトレン流量が $1\text{m}^3/\text{s}$ となる。（2号炉の場合も同様）

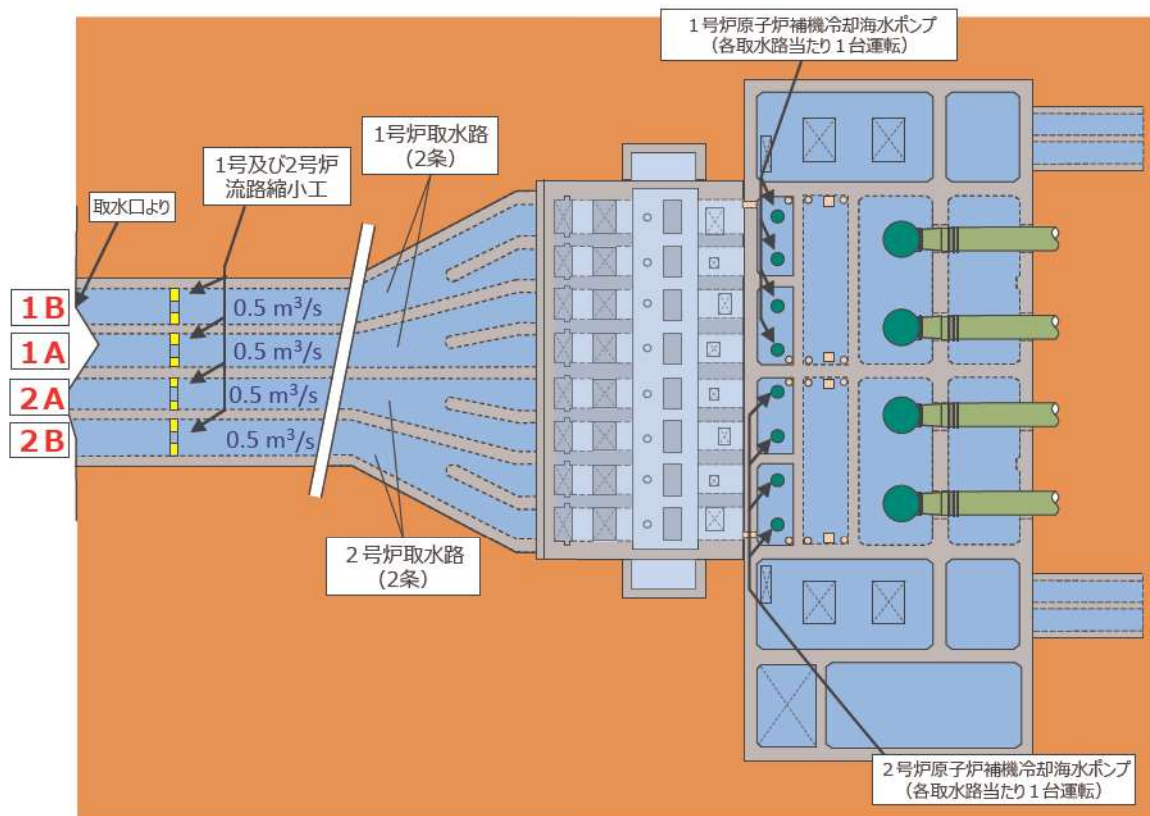


図4 取水路の流量を示す平面図
(プラント状態：通常時，取水路の状態：両トレン通水時)

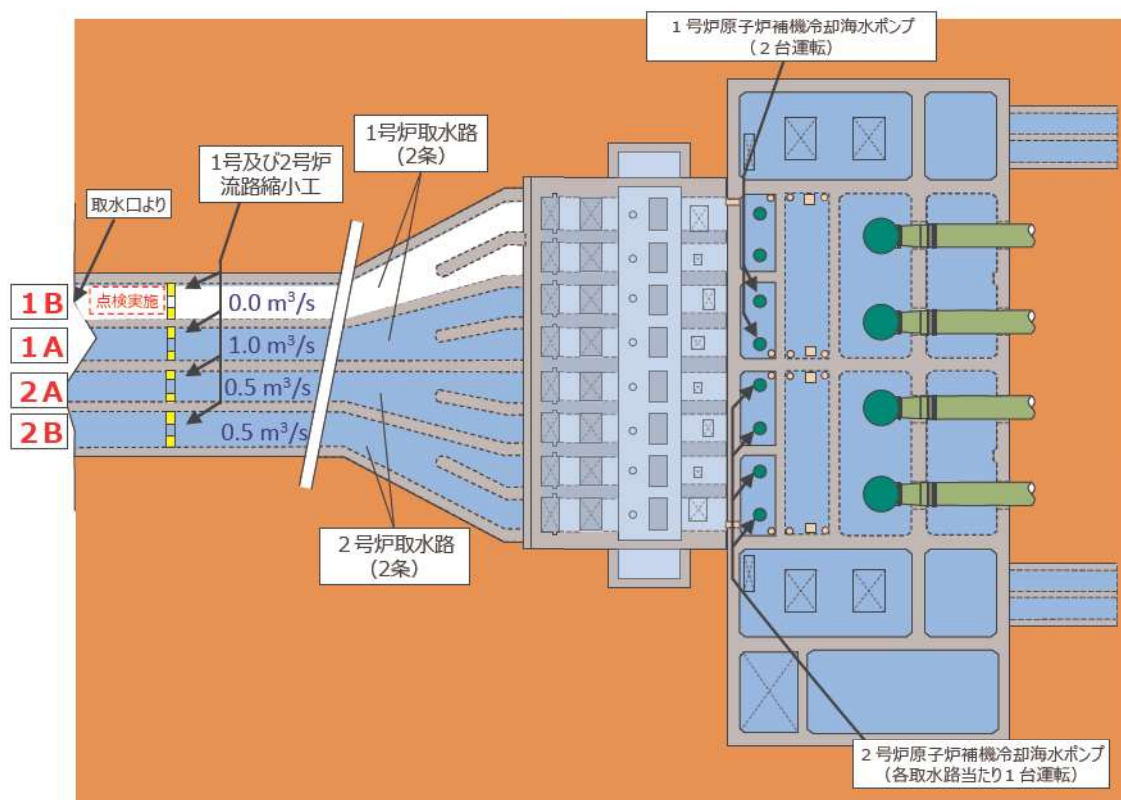


図5 取水路の流量を示す平面図
(プラント状態：通常時，取水路の状態：片トレン通水時)

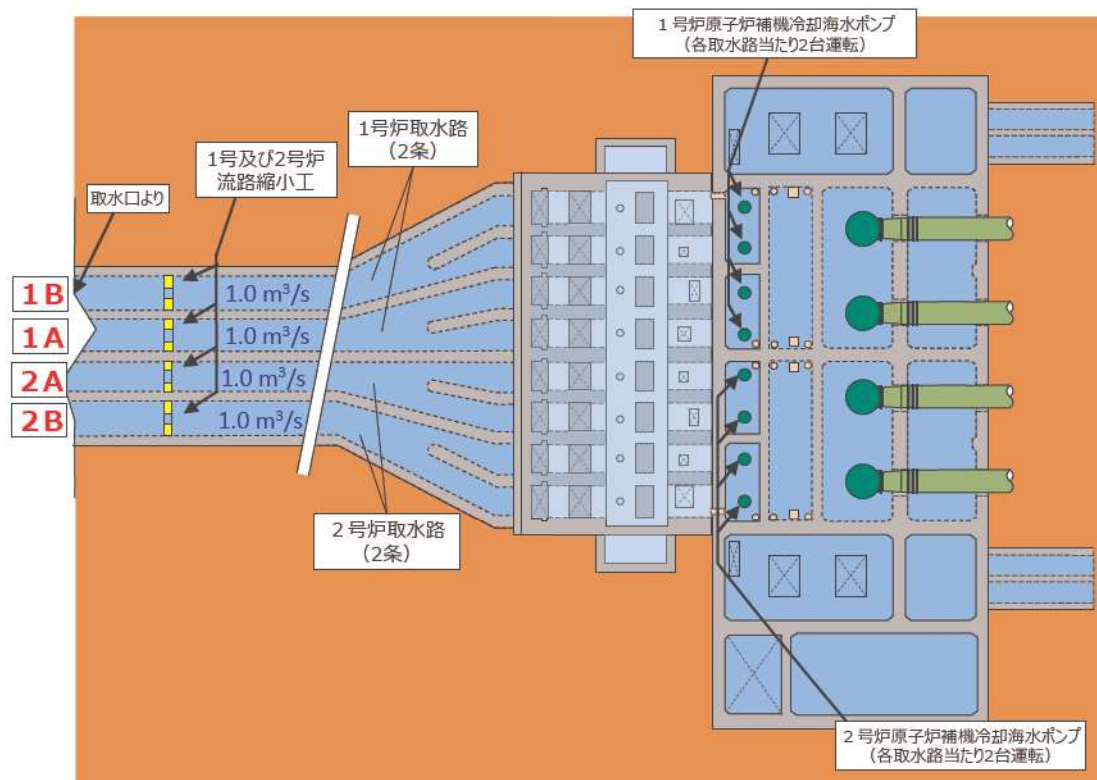


図6 取水路の流量を示す平面図

(プラント状態：外部電源喪失時，取水路の状態：両トレン通水時)

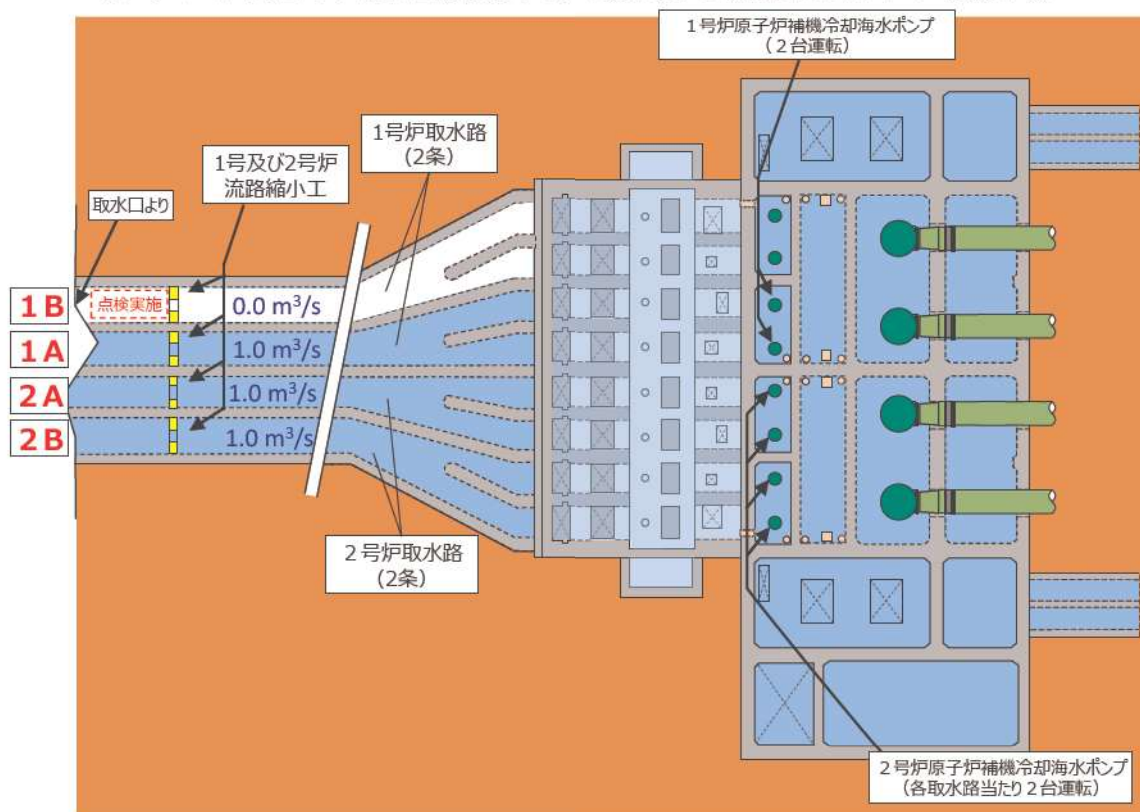


図7 取水路の流量を示す平面図

(プラント状態：外部電源喪失時，取水路の状態：片トレン通水時)

(b) 原子炉補機冷却海水ポンプの耐震重要度及び安全重要度

○耐震重要度：耐震Sクラス

3号炉新規制基準適合性審査において、1号及び2号炉の設備である1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプに耐震要求はないが、1号及び2号炉建設時においては、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプは、原子炉停止後、炉心からの崩壊熱を除去するための設備のため、耐震Sクラスに該当する。

○安全重要度

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

【プラント通常運転状態の安全重要度：MS－1】

原子炉補機冷却海水ポンプは、重要度分類審査指針において、「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」のうち、当該系としてMS－1に該当する。

(2) 流路縮小工設置により既設設備が有する機能に与える影響

(1)に記載した既設設備が有する機能と役割を踏まえ、流路縮小工設置により1号及び2号炉の取水機能に与える影響を以下のとおり整理した。

a. 原子炉補機冷却海水ポンプの通常時の取水性評価

通常時及び外部電源喪失時において、取水路への流路縮小工設置により、抵抗（損失）が増加することから、通常時の1号及び2号炉の取水機能に与える影響について評価した。評価においては、表3で示した原子炉補機冷却海水ポンプの運転台数のケーススタディから、最大流量である $1.0\text{m}^3/\text{s}$ を評価条件として設定した。

1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態における取水ピットポンプ室水位が約0.6m低下*するものの、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位に対して十分余裕があることから、海水系ポンプの取水機能への影響はない（表4、図8参照）。

※流路縮小工設置による圧力損失を理論式にて算出し、取水ピットポンプ室水位の低下量を算出した結果は参考2参照。

表4 流路縮小工設置による1号及び2号炉の取水機能への影響

流路縮小工	流量 (m^3/s)	水路断面積 (m^2)	流速 (m/s)	取水口水位 (m)	取水ピットポン プ室水位 ^{※5} (m)	ポンプ取水可能 水位 (m)
設置前	1.0 ^{※1}	12.945	0.08 ^{※2}	T.P. -0.33 ^{※4}	T.P. -0.34	T.P. -4.17
設置後		0.433 ($\phi 0.743\text{m} \times 1$ 条)	2.31 ^{※2,3}		T.P. -0.94	

- ※1 原子炉補機冷却海水ポンプ ($1,900 \text{ m}^3/\text{h} \div 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$) は、取水路1条あたり2台が設置されているため、2台運転時の取水路1条あたりの流量は $0.5 \text{ m}^3/\text{s} \times 2 \text{ 台} = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。
- ※2 「建設省河川砂防基準(案)同解説 設計編[I]」で定める一般的な設計流速(常時2～5m/s程度)であることから、通水性に問題はない。
- ※3 流路縮小工開口部の流速
- ※4 朔望平均干潮位 (T.P. -0.14) に潮位のばらつきとして0.19mを考慮
- ※5 取水路の流路縮小工における局所損失(急拡, 急縮)を考慮(「参考2」図2参照)

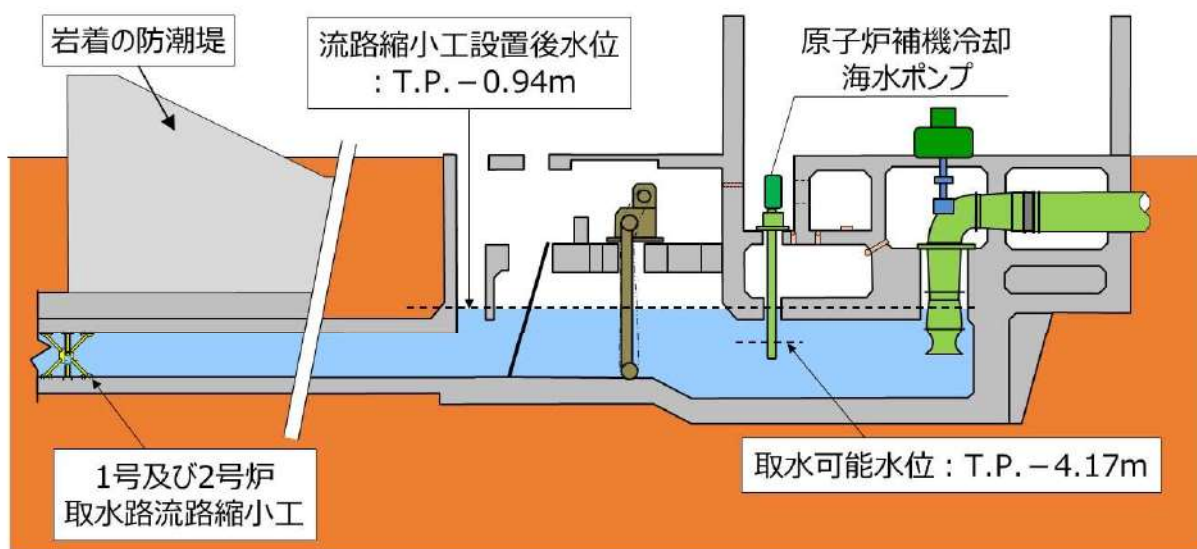


図8 1号及び2号炉取水系断面（ポンプ取水可能水位）

b. 引き波時の水位低下による影響について

引き波時の水位低下に対して、流路縮小工設置後の原子炉補機冷却海水ポンプの運転及び施設運用への影響について検討した。

流路縮小工の開口部下端は、T.P. -6.00mに位置しており、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位 (T.P. -4.17m) よりも低い位置に設置され海水を通水することから、流路縮小工に貯留機能はない。

そのため、引き波時の水位低下に対して、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位以下まで潮位が下がる可能性があるが、1号及び2号炉の使用済燃料ピットの水温が保安規定上の制限値に到達するまでの期間は、放熱等による影響を無視した断熱状態での保守的な評価条件においても、1号炉で約5日、2号炉で約4日(2023年3月1日時点の評価結果)と十分な余裕があり、保安規定第17条の2(電源機能等喪失時の体制の整備)に基づく代替手

段（送水ポンプ車等）により 1 号及び 2 号炉の使用済燃料ピットを冷却可能である。

以上のことから、引き波時に原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位以下まで潮位が下がる可能性があるものの、施設運用上許容される範囲内であり、津波による水位の低下に対してプラントの安全性は確保される。

なお、図 9 に示すとおり、取水口前面には海水を貯水する自主対策として貯留堰（天端高さ T.P. -3.0m）※を設置している。

※ 1 号及び 2 号炉の新規制基準適合性審査において基準適合性をご説明する。

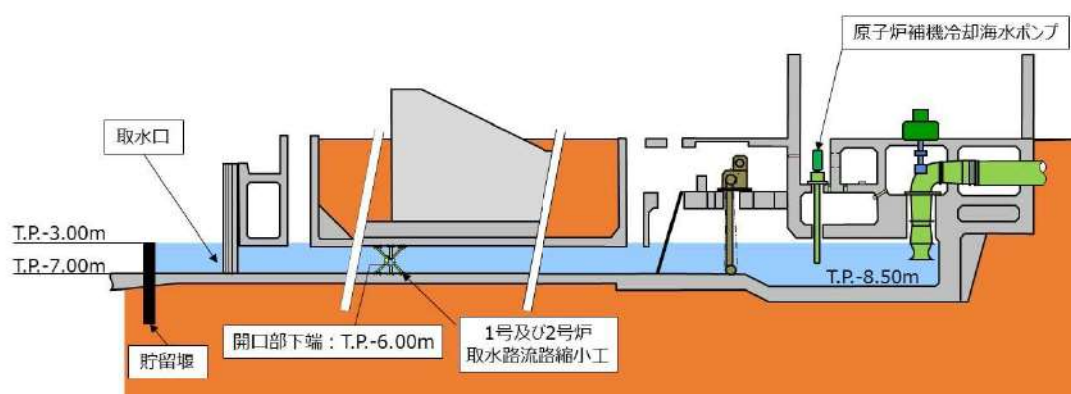


図 9 1 号及び 2 号炉取水路断面図

c. 海水中に含まれる砂による通常時の取水性への影響

流路縮小工を追加することで、取水路内に流入する砂の量に違いはない。

図 10 に示すとおり、流路縮小工を設置することで流路抵抗が増加し、流速が減少することから、取水ピットポンプ室に達する砂の量は減少する。したがって、流路縮小工追加により取水ピットポンプ室底面に堆積する砂の量は減少することから、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に悪影響は与えない。

なお、津波による浮遊砂に対する原子炉補機冷却海水ポンプ運転への影響について、原子炉補機冷却海水ポンプ軸受には異物逃がし溝があり、浮遊砂の影響を考慮した設計上の配慮がなされているため、運転に影響がないことを確認している。

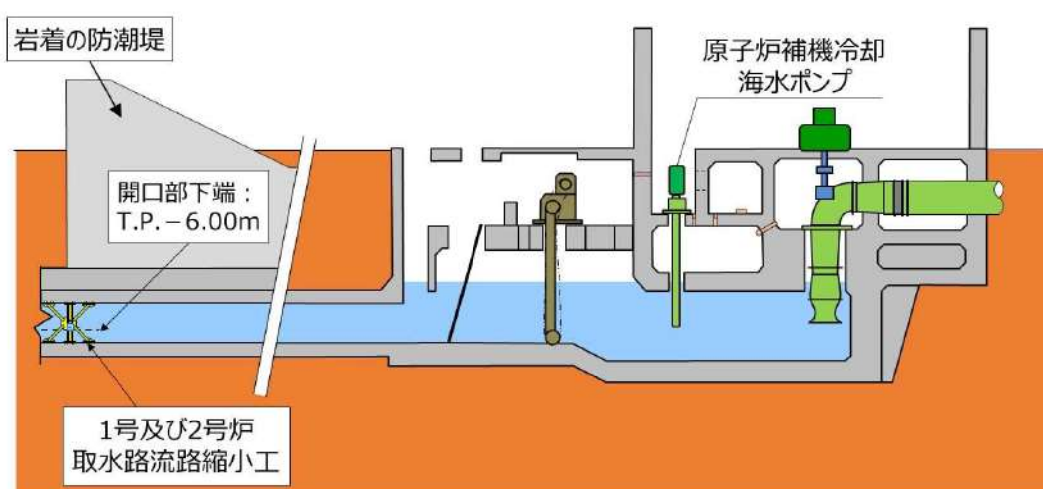


図 10 1号及び2号炉取水系 断面

d. 漂流物による取水性への影響

漂流物の影響により機能を喪失しうる事象として、図 11 に示すとおり、通常時（津波時以外）に取水口から取水路内に漂流物が流入し、流路縮小工が閉塞して取水機能を喪失することが想定される。しかしながら、図 12 に示すように通常時における海水面（T.P. -0.33m（朔望平均干潮位（T.P. -0.14m）に潮位のばらつき（0.19m）を考慮））と取水口上端高さ（T.P. -3.5m）の関係から、比重が海水の比重より小さく水面に浮遊する漂流物※が取水路内に入ることにはない。したがって、漂流物が取水路内で堆積することはないことから、取水性に悪影響を与えることはない。

なお、プラントの点検実績より、通常時に港湾内の取水口前面に大量の漂流物が浮遊していないことを確認している。

※比重が海水の比重より大きいものについては、通常時（津波時以外）は流速が小さいことに加え、取水口吞口下端（T.P. -7.0m）が発電所港湾内（T.P. -14.0m）と比較して高いことから、滑動して到達することはない。



図 11 1 号及び 2 号炉取水口と 3 号炉取水口の位置関係

 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。

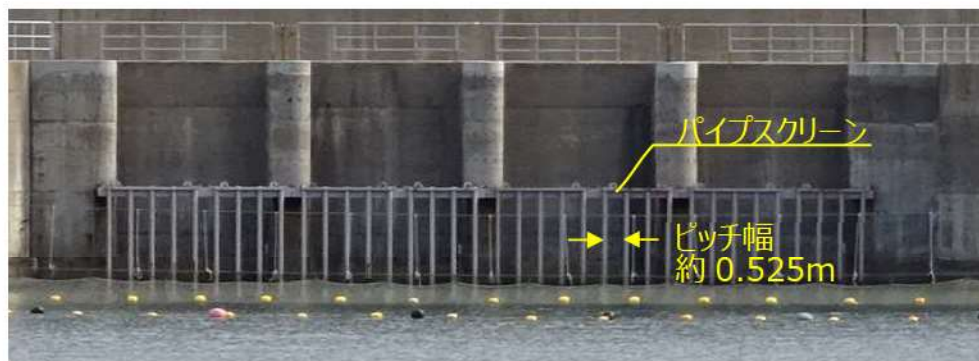
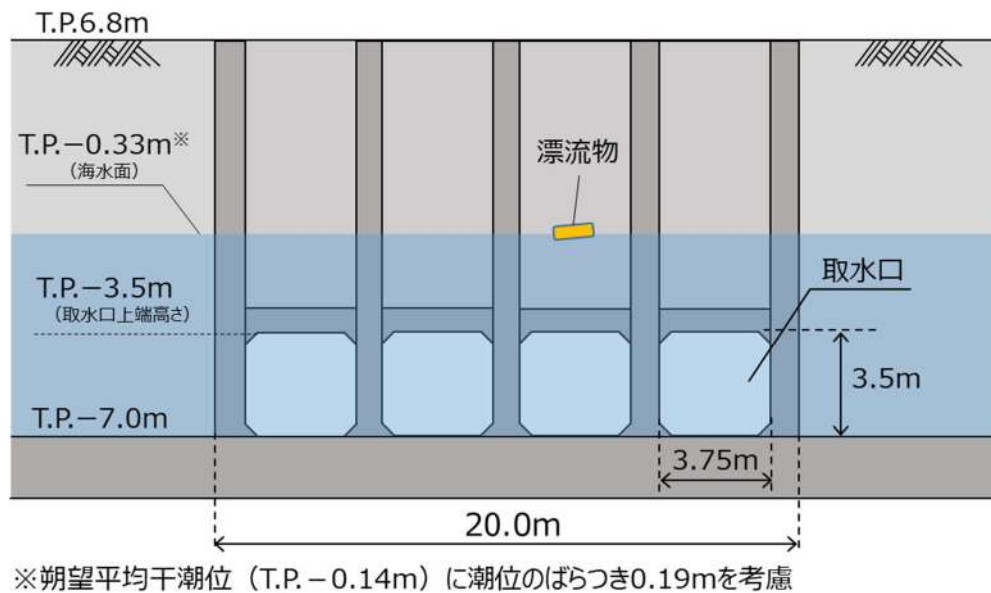


図 12 1 号及び 2 号炉取水口概要図及びパイプスクリーン

なお、1 号及び 2 号炉取水口には、自主的に設置しているパイプスクリーン（鋼製、ピッチ幅：約 0.525m）があり、漂流物が取水路内に入りにくい構造となっている。パイプスクリーンは地震等により損傷する可能性があるものの、鋼材であることから仮に損傷するようなことがあっても漂流物化することや大きな開口が生じることは考えにくい。

e. 海生生物の付着による通常時の取水性への影響

1号及び2号炉の取水路について、至近の定期点検時における調査結果では、貝等の付着代は平均約3cmとなっている（表5参照）。

1号及び2号炉の取水路に設置する流路縮小工の開口部はφ0.743mであり、水路の断面縮小に伴い流路縮小工の開口部での流速が増大することにより、流路縮小工設置前より海生生物が付着しにくくなる（参考5参照）。仮に設置前と同等程度付着を想定したとしても、開口部の開口径は貝付着代（10cm^{*}）に比べて十分大きいことから、貝付着による閉塞の可能性はなく、貝の付着代を考慮しても流路縮小工の最小開口径（設計下限値）であるφ0.50mを上回ることから、取水性は確保できる。

なお、流路縮小工設置後においても定期的な点検と清掃を行う。

以上より、海生生物の付着による流路縮小工の閉塞の可能性はなく、取水性を確保できる。

※：既往文献（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

表5 貝付着実績（流路縮小工設置前）

点検時期	貝付着厚さ（平均）
2018.1～3（2号炉）	約3cm
2019.3～6（1号炉）	
2019.9～12（2号炉）	
2021.1～4（1号炉）	
2021.9～12（2号炉）	
2023.1～3（1号炉）	

f. 通常時に流路縮小工が閉塞した場合の検知性について

d. 項及びe. 項に記載の通り、通常時に漂流物の堆積及び貝等の海生生物の付着により流路縮小工の開口部が閉塞する可能性はないと評価しているものの、仮に閉塞を仮定した場合の検知性について検討する。

流路縮小工が閉塞した場合、取水ピットスクリーン室の水位が低下傾向を示すため、中央制御室においてその兆候が確認できる。また、水位の低下が継続した場合には、「CWPピット水位低」の警報が中央制御室において発報することにより検知可能であり、警報確認後、閉塞事象への対応を行う。対応手順は、保安規定に紐づく品質マネジメントシステム文書（以下「QMS文書」と

いう。)に定める。なお、取水ピットスクリーン室水位計は図13に示す位置に設置されており、水位の監視は可能な状態にある。一方で、警報監視機能についてはプラント長期停止中のため隔離しており、3号炉再稼働時には活かす運用に変更する。

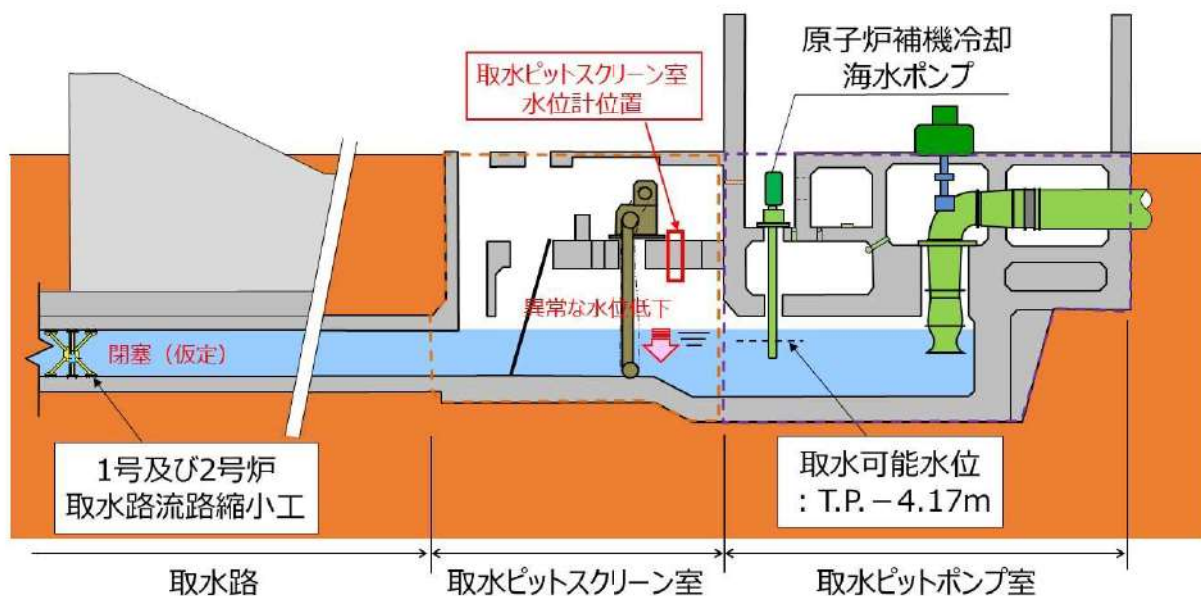


図13 流路縮小工の異常の検知位置

4. 流路縮小工及び取水路の施設管理について

流路縮小工については、3号炉の津波防護施設としての機能並びに1号及び2号炉の取水機能を維持していくため、保安規定に紐づく社内規程類で定める保全計画に基づき、適切に管理していく。

具体的には、3号炉の津波防護施設として点検計画に基づき、3号炉の保全サイクルに従って1号及び2号炉の取水路について、定期的に抜水※による点検、清掃等を実施することにより、流路縮小工の変状の有無を確認し、変状が確認された場合には、詳細な調査を行うこととする。

また、流路縮小工設置による取水路の施設管理に与える影響も踏まえ、流路縮小工設置後の取水路及び流路縮小工の施設管理方針を以下に示す。

※ 1号及び2号炉の取水路はそれぞれ2条ずつ（計4条）設置しており、取水口に角落としを挿入し、1条ずつ抜水することで1号及び2号炉ともに取水機能は維持しつつ、取水路の点検、清掃が可能である。

（1）流路縮小工設置前の取水路の施設管理

a. 取水路

内容：外観目視点検として、周辺地盤の確認及び取水路内抜水後に取水路内のコンクリートの状態確認を行い、取水路内に付着した海生生物の除去を行う。

取水路はコンクリート構造物であり、劣化モードは、中性化及び塩害等が考えられ、劣化事象としては、コンクリート表面のひび割れ、剥離等が考えられることから、コンクリート表面の状態を外観目視点検により確認している。

周辺地盤の確認としては、取水路の地上ルート上の沈下、陥没、隆起の確認を行っている。

（2）流路縮小工設置後の取水路及び流路縮小工の施設管理方針

a. 取水路

内容：流路縮小工設置箇所の前後には、取水路内へのアクセスが可能な開口が確保されており、流路縮小工設置後においても取水路全体の外観目視点検は可能であり、点検内容は取水路流路縮小工設置前と同様とする。（図14参照）

b. 流路縮小工

内容：取水路内抜水後に取水路内の外観目視点検として、主梁、スキンプレート、スリーブ及びアンカーボルトの状態を確認し、流路縮小工に付着した海生生物の除去を行う。

流路縮小工は鋼製の構造物であり、劣化事象は、塗膜の剥離で海水と接触した場合の腐食、海生生物等を含んだ流水による開口部表面のすりへり等が考えられることから、外観目視点検により状態を確認する。

(3) 地震発生後の流路縮小工の施設管理方針

流路縮小工は津波防護施設として耐震Ｓクラスで設計するため地震により損傷することは考えにくいですが、地震発生後については、社内規程に基づき巡視点検等を実施し、プラント運転に支障がないことを確認する手順としている。

流路縮小工は、巡視点検として取水路の地上ルート上の周辺地盤の確認や取水ピットスクリーン室の水位に異常がないことを確認することとし、異常が確認された場合は、必要に応じて取水路内を抜水した上で流路縮小工の健全性を確認する方針とする。

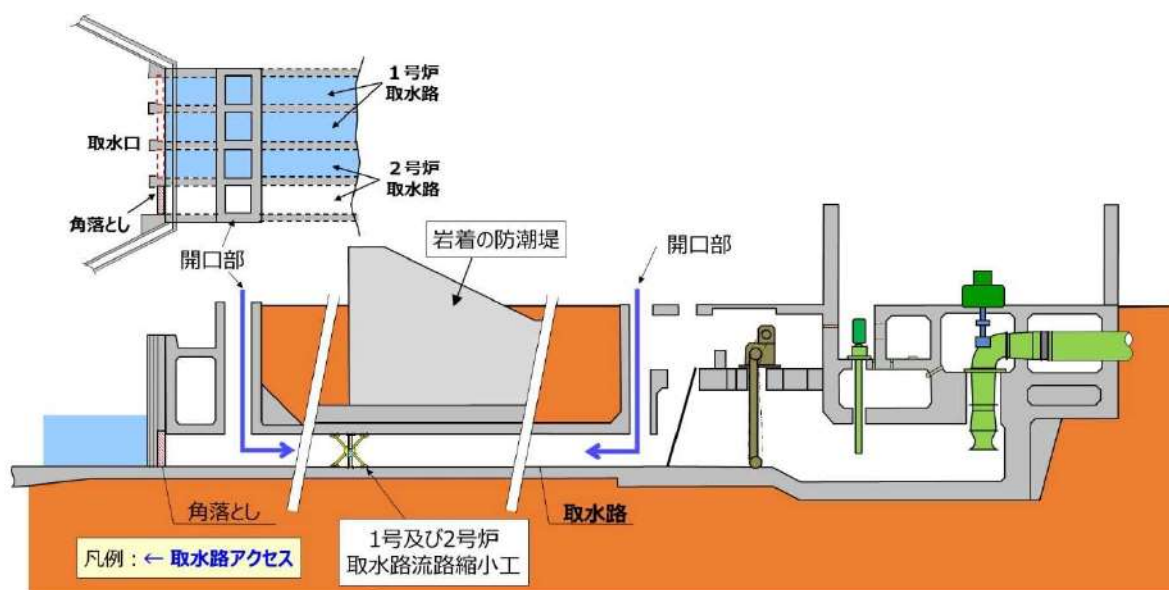


図 14 流路縮小工設置後の施設管理

5. 流路縮小工に関する許認可上の扱いについて

流路縮小工は、3号炉新規制基準適合性審査の中で津波防護施設の位置付けであるが、1号及び2号炉の取水路に設置するため、許認可への影響の確認として、設置変更許可申請（補正）、設計及び工事の計画の認可申請の要否を確認した上で、流路縮小工の設置が1号及び2号炉の取水機能に与える影響に対するそれぞれの申請書への記載方針を整理した。

また、原子炉施設保安規定への影響についても整理した。整理に当たっては、女川2号炉において、2号炉の津波防護対策として1号炉の取水路及び放水路に取放水路流路縮小工を設置し、取水機能及び放水機能へ影響を与えるため、1号炉への悪影響の整理として、許認可上の取扱いの整理を行っており、その結果を踏まえ実施した（参考7参照）。

（1）設置変更許可

a. 設置変更許可申請（補正）の要否

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下「法」という。）」第四十三条の三の五（設置の許可）及び「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（以下「規則」という。）」第三条（発電用原子炉の設置の許可の申請）の規定より、流路縮小工は3号炉の津波防護施設であることから、本文記載事項を変更する工事に該当（耐津波構造）し、設置変更許可申請（補正）が必要となる。

流路縮小工は1号及び2号炉の取水路に設置するため、1号及び2号炉の取水機能に影響があることから、設置変更許可申請書本文に「1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないことを前提とする」と記載した上で、添付書類八には「1号及び2号炉の循環水ポンプの停止を前提とする」と記載し、設置変更許可申請を行う。なお、1号及び2号炉のプラント状態は、3号炉における重大事故等及び大規模損壊に係る対応の観点から、1号及び2号炉の複数号炉同時被災を想定した場合においても3号炉への対応に影響を与えないよう、1号及び2号炉の新規制基準適合までの間「プラント停止状態」として扱う。

設置変更許可申請書の本文又は添付書類八における記載案を以下に示す。

【設置変更許可申請書 本文記載案】

本文へ以下の記載をする。

五 発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

イ 発電用原子炉施設の位置

（2）敷地内における主要な発電用原子炉施設の位置

3号原子炉本体は、2号炉の南側に設置する。排気口は、原子炉格納施設上部に設置する。復水器冷却水の取水口は、敷地西側の専用港湾内に、また、放水口は敷地西側の北防波堤基部に設置する。また、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されてい

ないことを前提とする。

十 発電用原子炉の炉心の著しい損傷その他の事故が発生した場合における当該事故に対処するために必要な施設及び体制の整備に関する事項

ハ 重大事故に至るおそれがある事故又は重大事故

(1) 重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力

東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえた重大事故等対策の設備強化等の対策に加え，重大事故に至るおそれがある事故若しくは重大事故が発生した場合又は大規模な自然災害若しくは故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる発電用原子炉施設の大規模な損壊が発生するおそれがある場合若しくは発生した場合における以下の重大事故等対処設備に係る事項，復旧作業に係る事項，支援に係る事項及び手順書の整備，教育及び訓練の実施並びに体制の整備を考慮し，当該事故等に対処するために必要な手順書の整備，教育及び訓練の実施並びに体制の整備等運用面での対策を行う。また，1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないことを前提とする。※

※本記載は，添付書類十の「重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力」にも記載する。

【設置変更許可申請書 添付書類八記載案】

添付書類八へ以下の記載をする。

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設計

(3) 入力津波の設定

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，1号及び2号炉の取水口から取水ピットポンプ室に至る系，3号炉の取水口から取水ピットポンプ室に至る系並びに3号炉の放水口から放水ピット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、発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合、循環水ポンプを停止する運用を定める。このため、取水ピットスクリーン室の入力津波高さの設定に当たっては、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。

また、1号及び2号炉の取水路に1号及び2号炉取水路流路縮小工、1号及び2号炉の放水路に1号及び2号炉放水路逆流防止設備を設置することから、1号及び2号炉循環水ポンプの停止を前提とする。

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

10.6.1.1.2 設計方針

- (1)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、3号炉放水ピットに対しては、3号炉放水ピット流路縮小工を、3号炉原子炉補機冷却海水放水路が接続される3号炉放水ピット内側壁面に対しては、3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備を設置するが、3号炉に悪影響を及ぼさない設計とする。1号及び2号炉取水路に対しては、1号及び2号炉取水路流路縮小工を、1号及び2号炉放水路に対しては、1号及び2号炉放水路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。

また、1号及び2号炉の新規制基準適合性審査においては、流路縮小工を撤去し、防水壁等の1号、2号及び3号炉の共用の津波防護対策として設置変更許可申請（補正）し、適合性について説明する方針である。

b. 1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計

流路縮小工の設置による1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計として、流路縮小工設置後も原子炉補機冷却海水系に必要な流量を確保し、1号及び2号炉の取水機能に影響を与えない設計とする。

(2) 工事計画認可

流路縮小工は、3号炉の新規制基準適合性審査において、敷地への津波の流入を防止するための構造物であることから、「浸水防護施設」に該当する。また、流路縮小工は、取水路内へ設置することから、これらの観点で規則第八条（設計及び工事の計画の認可を要しない工事等）及び規則第十一条（設計及び工事の計画の届出を要する工事等）の規定より、設計及び工事の計画の認可・届出を要する改造等に該当するか確認を行った。

a. 設計及び工事の計画の認可申請の要否

流路縮小工は、3号炉の外郭浸水防護設備として設置するため、規則別表第一の中欄に定める「改造であって外郭浸水防護設備に係るもの」に該当することから、「浸水防護施設」として、設計及び工事計画認可申請が必要となる。流路縮小工の施設区分を表6に示す。

設置変更許可で示した流路縮小工の機能及び仕様を含め、3号炉の工事計画書の本文及び添付資料で詳細設計の結果を示す。

表6 流路縮小工の施設区分

	浸水防護施設（3号炉）
区分	外郭浸水防護設備
分類	津波防護施設

また、流路縮小工の設置により1号及び2号炉の取水機能に対して影響を与えることから、流路縮小工に係る設計結果について、「基本設計方針」及び「添付書類（設備別記載事項の設定根拠に関する説明書）」において、通常時及び外部電源喪失時における1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の取水機能に影響がない設計とすることを記載し、流路縮小工の「要目表」においては、浸水防護施設としての機能を有し、取水機能に影響のない開口寸法を記載する。

b. 1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計

設置変更許可申請書へ1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載するに当たり、流路縮小工について以下を考慮し設計する。

- ・原子炉補機冷却海水ポンプの定格容量を確保でき、取水機能に影響を与えない開口寸法を設定する。
- ・流路縮小工の開口部について、自主的に設置している貯留堰の天端高さ（T.P. -3.0m）及び原子炉補機冷却海水ポンプ取水可能水位（T.P. -4.17m）よりも下方に設ける（流路縮小工開口部下端高さ T.P. -6.00m）ことで津波による引き波時の海水貯留容積に影響を与えない設計とする。

(3) 原子炉施設保安規定への影響

流路縮小工設置による1号及び2号炉における保安管理に関する事項として、原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）上の影響について、以下のと

おり整理した。1号及び2号炉のプラント状態は、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止を前提とする。また、保安規定第8章施設管理については、規則第八十一条（発電用原子炉施設の施設管理）の規定に適合するように、流路縮小工設置後についても保安規定に紐づく社内規程類で定める保全計画に基づき、適切に施設管理を行う。

a. 1号及び2号炉の保安確保における該当条文

○第33条（計測および制御設備）

- ・中央制御室非常用循環系計装（照射済燃料移動中において動作可能であること）
- ・ディーゼル発電機起動計装（照射済燃料移動中において動作可能であること）

○第68条（中央制御室非常用循環系）

- ・2系統以上が動作可能であること（使用済燃料ピットでの照射済燃料移動中において）

○第71条（外部電源－モード5、6および照射済燃料移動中－）

- ・外部電源1系列以上が動作可能であること

○第73条（ディーゼル発電機－モード1、2、3および4以外－）

- ・非常用発電機を含め、ディーゼル発電機2基が動作可能であること

○第74条（ディーゼル発電機の燃料油、潤滑油および始動用空気）

- ・所要のディーゼル発電機に対し必要油量、空気圧力が確保されていること

○第76条（非常用直流電源－モード5、6および照射済燃料移動中－）

- ・非常用直流母線に接続する系統（蓄電池および充電器）が動作可能であること

○第78条（所内非常用母線－モード5、6および照射済燃料移動中－）

- ・所要の設備の維持に必要な非常用高圧母線、非常用低圧母線、非常用直流母線、非常用計装用母線が受電していること

○第82条（使用済燃料ピットの水位および水温）

- ・使用済燃料ピットの水位がT.P. 30.47m以上であること
- ・使用済燃料ピットの水温が65℃以下であること

b. 保安規定上直接影響がある条文

上記a.の該当条文の整理結果から、流路縮小工設置に伴い直接影響がある条文を以下に示す。

○第73条（ディーゼル発電機－モード1、2、3および4以外－）

- ・ディーゼル発電機の冷却水として原子炉補機冷却海水系を使用しているため、関連する。

○第82条（使用済燃料ピットの水位および水温）

- ・使用済燃料ピットの冷却水として、原子炉補機冷却水系を使用しており、流路縮小工の設置により原子炉補機冷却水の冷却水である原子炉補機冷却海水系の通水面積が小さくなるため、関連する。

c. 保安規定上の影響

3. (2) の結果から、流路縮小工設置後においても、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水系に必要な流量を確保することが可能であるため、保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。

6. まとめ

流路縮小工を設置することによる影響について、以下のとおり確認した。

(1) 流路縮小工設置による津波の敷地への流入防止

- a. 流路縮小工の開口径は、要求機能を満足する上限値（津波の流入を防止する設計確認値）及び下限値（1号及び2号炉原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の取水機能に影響を及ぼさない設計確認値）に対して十分な裕度を持った値とする。
- b. 津波時の砂によって、敷地への流入を防止する機能に悪影響を与えない。
- c. 津波時の漂流物によって、敷地への流入を防止する機能に悪影響を与えない。

(2) 1号及び2号炉の取水機能への影響

- a. 原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能への影響はない。
- b. 津波による水位の低下に対して、プラントの安全性は確保される。
- c. 海水中に含まれる砂に対して、取水機能へ悪影響を与えない設計とする。
- d. 通常時の漂流物による流路縮小工の閉塞の可能性はない。
- e. 海洋生物による流路縮小工の閉塞の可能性はない。
- f. 通常時に流路縮小工部が閉塞する可能性はないと評価しているものの、仮に閉塞を仮定した場合には、取水ピットスクリーン室の水位の異常を中央制御室で検知（警報を確認）した後、保安規定に紐づくQMS文書に基づき対応が可能であることを確認した。

(3) 流路縮小工に関する許認可上の扱いについて

- a. 流路縮小工は、津波防護施設として設置変更許可申請（補正）を行い、設置変更許可申請書には、1号及び2号炉のプラント状態の前提を記載し、1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載する。また、1号及び2号炉の新規制基準適合性審査においては、流路縮小工を撤去し、防水壁等の1号、2号及び3号炉の共用の津波防護対策として設置変更許可申請（補正）し、適合性について説明する方針である。
- b. 流路縮小工は、「浸水防護施設」として、設計及び工事計画認可申請を行い、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の取水機能に影響がない設計とすることを工事計画書に記載する。また、流路縮小工設置による1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計として、取水機能に影響を与えない流路縮小工の開口径を設定し、開口部は、自主的に設置している貯留堰の天端高さよりも下方に設けることで津波による引き波時の海水貯留容積に影響を与えない設計とする。
- c. 流路縮小工設置後においても、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水系に必要な流量は確保されていることから、保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。

- (4) 流路縮小工については、津波防護施設としての機能並びに1号及び2号炉取水機能を維持していくため、保安規定に紐づく社内規程類で定める保全計画に基づき、適切に管理していく。

- 参考1 他社先行審査実績を踏まえた流路縮小工の適用性について
参考2 流路縮小工設置に伴い増加する抵抗（損失）について
参考3 流路縮小工の開口径設定の考え方について
参考4 流路縮小工の構造成立性
参考5 流路縮小工設置に伴う取水ポンプ室の水位について、貝付着等の保守的な条件を考慮した場合の1号及び2号炉の安全性等への影響
参考6 流路縮小工の施工方針及び常時における津波防護機能維持の確認方法
参考7 流路縮小工設置による許認可上の取扱い（他社先行プラントとの相違）
参考8 流路縮小工に係る各審査段階の説明内容について

他社先行審査実績を踏まえた流路縮小工の適用性について

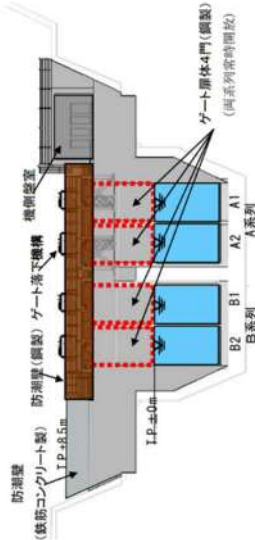
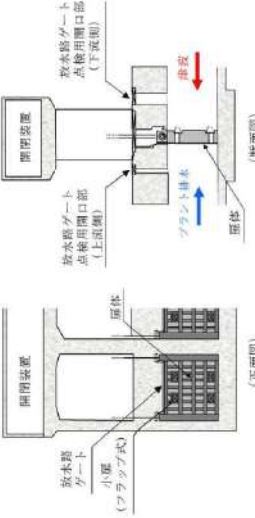
流路縮小工は、3号炉の津波防護施設として敷地への津波の流入を防止するため、1号及び2号炉の取水路に設置する。取水路又は放水路からの津波の遡上を防止する津波防護対策については、多様な他社先行審査実績がある。そのため、泊の流路縮小工と先行の取水路又は放水路からの津波の遡上を防止する津波防護対策について、構造、仕様、許認可上の位置付け及び重要度分類等を表1にて整理、比較を行い、流路縮小工の適用性について確認した。

表 1 他社先行審査実績との比較 (1/6)

項目	高浜 3 号炉及び 4 号炉	東海第二発電所
設備名称	取水路防潮ゲート	放水路ゲート
設備分類	津波防護施設	津波防護施設
設置目的	取水路側からの津波の流入防止を目的として、取水路を横断するように設置する。	津波が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。
設置位置	1, 2, 3 及び 4 号炉 取水路 	放水路 
既許可上の位置付け	第 305 回審査会合(平成 27 年 12 月 10 日) 資料 3-3-3 より 赤枠追記 高浜 3, 4 号炉の新規制基準適合性審査において、高浜 3, 4 号炉の津波防護施設として申請。高浜 1, 2 号炉の新規制基準適合性審査において、高浜発電所共用の津波防護施設に変更。	第 520 回審査会合(平成 29 年 10 月 17 日) 資料 1-3-2 より 赤枠追記 東海第二発電所の新規制基準適合性審査において、津波防護施設として申請。
設置環境	気中(高浜 3, 4 号炉申請時は片系列は常時閉鎖、片系列は津波時に水路を閉鎖。高浜 1, 2 号申請時は、1, 2, 3 及び 4 号炉共用とし両系列常時開放)	気中(津波時に水路を閉鎖)

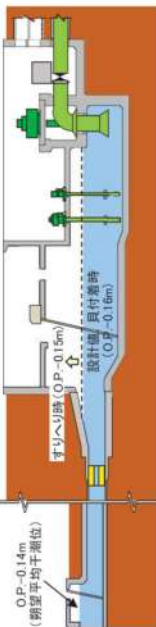
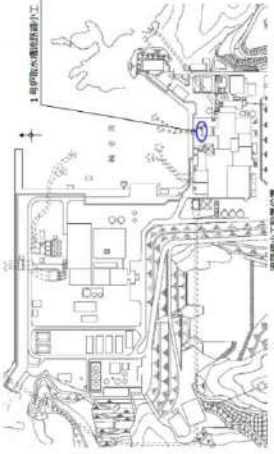
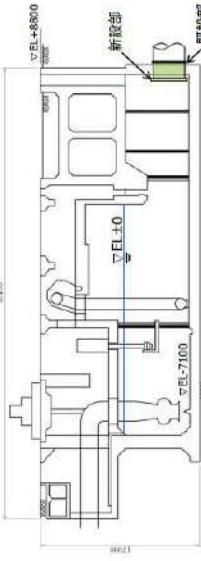
※他社記載事項について、審査会合資料等を基に弊社の責任において独自に解釈したものである。

表 1 他社先行審査実績との比較 (2/6)

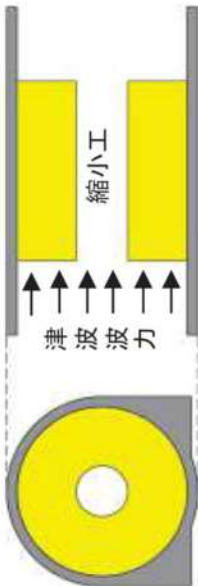
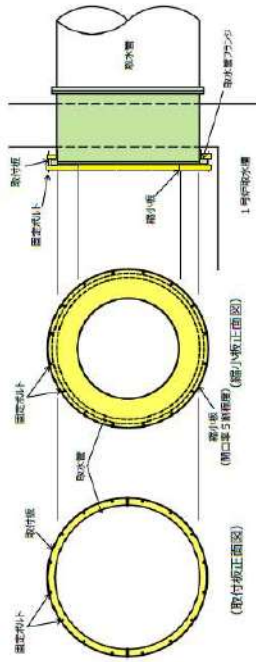
項目	高浜発電所 3 号炉及び 4 号炉	東海第二発電所
重要度分類	・耐震重要度：S クラス ・安全重要度：MS-1	・耐震重要度：S クラス ・安全重要度：MS-1
動作原理	ゲート落下機構：機械式又は電磁式（動的）	・開閉装置：機械式又は電動駆動式（動的） ・小扉（フラップ式）：津波による水圧（静的）
動作方法	ゲート落下機構：通常時、機械式クラッチ及び電磁式クラッチが連結されており、ゲート開状態が維持されている。津波時、遠隔閉止信号により機械式クラッチ又は電磁式クラッチが切り離され、ゲートは落下する。	・開閉装置：高浜同様 ・小扉（フラップ式）：放水路ゲートが閉止の状態においても非常用海水ポンプの運転に伴い発生する系統からの排水を放水できよう、扉体に放水方向の流れのみ開となる。津波時、津波の水圧によりフラップゲートが閉となる。
構造	 第 305 回審査会合(平成 27 年 12 月 10 日) 資料 3-3-3 より	 第 520 回審査会合(平成 29 年 10 月 17 日) 資料 1-3-2 より
仕様	・外形寸法：約 4.15m×約 6 m (ゲート扉体) ・種類：防潮壁 (ゲート落下機構付き) ・材料：鉄筋コンクリート, 炭素鋼 ・個数：1 基 ・付属機能：ゲート落下機構	・外形寸法：約 3.7m×約 4.2m (全体) 約 0.7m×約 1.2m (小窓(フラップ式)) ・種類：逆流防止設備 (ゲート, フラップゲート) ・材料：炭素鋼 ・個数：3 基 (各放水路に 1 箇所) ・付属機能：開閉装置, 小窓 (フラップ式)

※他社記載事項について、審査会合資料等を基に弊社の責任において独自に解釈したものである。

表1 他社先行審査実績との比較 (3/6)

項目	女川原子力発電所 2 号炉	島根原子力発電所 2 号炉
設備名称	取放水路流路縮小工（取水路側を比較対象とする）	流路縮小工
設備分類	津波防護施設	津波防護施設
設置目的	取水路からの敷地への津波の流入を防止する。	取水槽から敷地への津波の流入を防止する。
設置位置	 	 
既許可上の位置付け	第 734 回審査会合（令和元年 6 月 25 日）資料 1-2-2 より 赤枠追記 女川 2 号炉の新規制基準適合性審査において、津波防護施設として申請し、1 号炉（廃止措置プラント）の取水機能に影響を与えない設計とする（補機冷却海水ポンプの取水機能維持）。	第 876 回審査会合（令和 2 年 7 月 14 日）資料 2-1-2 より 島根 2 号炉の新規制基準適合性審査において、津波防護施設として申請し、1 号炉（廃止措置プラント）の取水機能に影響を与えない設計とする（原子炉補機海水ポンプの取水機能維持）。
設置環境	水中（取水路の流路を縮小）	水中（取水管の流路を縮小）
重要度分類	・耐震重要度：S クラス ・安全重要度：津波防護施設（耐震 S クラス）	・耐震重要度：S クラス ・安全重要度：津波防護施設（耐震 S クラス）

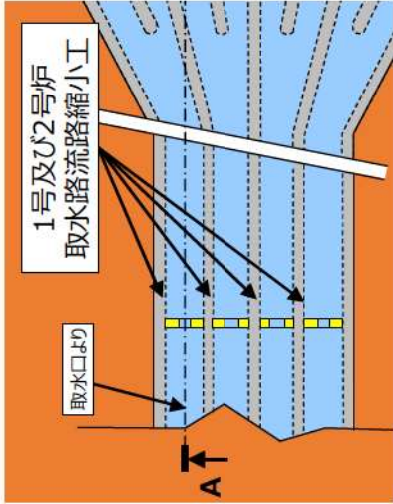
※他社記載事項について、審査会合資料等を基に弊社の責任において独自に解釈したものである。

項目	女川原子力発電所2号炉	島根原子力発電所2号炉
動作方法	— (動作なし)	— (動作なし)
構造	 第734回審査会合 (令和元年6月25日) 資料1-2-2より	 第876回審査会合 (令和2年7月14日) 資料2-1-2より
仕様	・外形寸法：直径約 m (全体) ・開口径：約 $\phi 1.0$m ・種類：流路縮小工 ・材料：コンクリート ・個数：2基 (各取水路に1箇所)	・外形寸法：直径約 3.9m (全体) ・開口径：約 $\phi 2.4$m ・種類：流路縮小工 ・材料：炭素鋼 ・個数：2基 (各取水管に1箇所)
施設管理	取水路について、定期的な放水による点検・清掃等を実施することにより、流路縮小工部の変状の有無等の確認が可能である。	潜水士により取水槽内の定期的な点検・清掃を行い、流路縮小工の各部位の確認が可能である。
異常の検知性	取水路側で流路縮小工部が仮に閉塞した場合、海水ポンプ室入口水位が低下傾向を示すため、中央制御室においてその兆候が確認可能であり、水位の低下が継続した場合は、「海水ポンプ (A) 又は (B) 室入口水位 低」の警報が中央制御室で発報することから、対応可能である。	流路縮小工部が仮に閉塞した場合、取水槽水位が低下傾向を示すため、「取水槽水位低」の警報が中央制御室において発報することから対応可能である。

※他社記載事項について、審査会合資料等を基に弊社の責任において独自に解釈したものである。

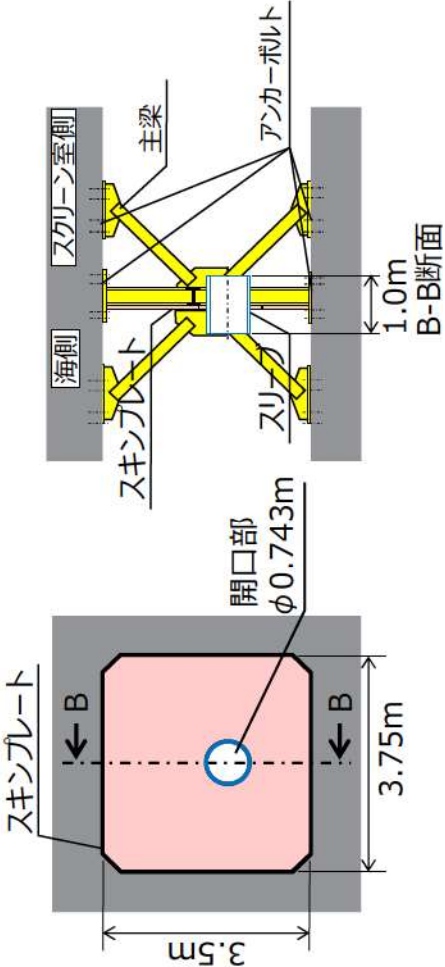
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表 1 他社先行審査実績との比較 (5/6)

項目	泊発電所 3 号炉	
設備名称	1 号及び 2 号炉取水路流路縮小工	
設備分類	津波防護施設	
設置目的	取水路から遡上する津波が 1 号及び 2 号炉取水ピットスクリーン室上端開口部から敷地へ流入するのを防止する。	
設置位置	 1 号及び 2 号炉 取水路	
既許可上の位置付け	泊 3 号炉の新規制基準適合性審査において、泊 3 号炉の津波防護施設として申請し、1 号炉（設置変更許可申請中プラント）の取水機能に影響を与えない設計とする（原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能維持）。泊 1 号及び 2 号炉の新規制基準適合性審査において、本設備を撤去し泊 1 号、2 号及び 3 号炉共用の津波防護対策を別途申請予定。	
設置環境	水中（取水路の流路を縮小）	
重要度分類	・耐震重要度：S クラス ・安全重要度：津波防護施設（耐震 S クラス）	

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

表 1 他社先行審査実績との比較 (6/6)

項目	泊発電所 3 号炉	
動作方法	— (動作なし)	
構造		
仕様	• 外形寸法：約 3.5m×約 3.75m (全体) • 貫通部径：φ 0.743m • 種類：流路縮小工 • 材料：鋼製 • 個数：4 基 (各取水路に 1 箇所)	
施設管理	取水路について、定期的な抜水による点検、清掃等を実施することにより、流路縮小工の変状の有無の確認が可能である。	
異常の 検知性	流路縮小工の開口部が仮に閉塞した場合、取水ピットスクリーン室の水位が低下傾向を示すため、中央制御室においてその兆候が確認可能であり、水位の低下が継続した場合には、「CWP ピット水位低」の警報が中央制御室において発報することから、対応が可能である。	

【比較結果】

表1の他社先行審査実績との比較の結果、泊の流路縮小工と他社先行審査実績において以下の項目について相違があり、流路縮小工の適用性について確認した。

1. 安全重要度について

高浜3号炉及び4号炉の取水路防潮ゲート及び東海第二発電所の放水路ゲートは、それぞれ外部入力により動作する機構（駆動部）を有する動的機器であり、駆動部である取水路防潮ゲートのゲート落下機構及び放水路ゲートの開閉装置については、重要安全施設（MS-1）として多重性又は多様性及び独立性を確保する設計とし、ゲート自体は静的機器として設計（多重化していない）している。

泊の流路縮小工は、外部入力により動作する機構を有しないことから、静的機器として設計し、津波が敷地へ流入することを防止し、重要な安全機能を有する設備を防護するために必要な設備である観点で、津波防護施設として信頼性を確保した設計とすることが適切と考える。

2. 許認可上の位置付けについて

女川の取放水路流路縮小工及び島根の流路縮小工は、それぞれ廃止措置プラントの取水路（取水管）に設置しており、泊の流路縮小工は、設置変更許可申請中プラントの取水路に設置する観点で相違がある。

一方で、廃止措置プラントと設置変更許可申請中プラントで相違はあるものの、原子炉に燃料を装荷しないこと、循環水ポンプの停止を前提とするプラント状態及び流路縮小工に求められる機能要求（敷地への津波の流入を防止及び取水機能の維持）は同様であり、流路縮小工の設置による許認可への影響については、女川2号炉の津波防護対策として1号炉に取放水路流路縮小工設置することによる許認可影響への整理を踏まえ、泊は設置変更許可申請中プラントに設置することを考慮の上、整理を添付資料31の5.のとおり行っており、適切に対応することで津波防護対策として適用性はあるものとする。

3. 流路縮小工の仕様について

女川の取放水路流路縮小工（取水側）と泊の流路縮小工を比較した場合、女川の取放水路流路縮小工はコンクリート製に対し、泊は鋼製であることが相違としてあげられるが、島根の流路縮小工は、鋼製で泊の流路縮小工と同様であり、鋼製の流路縮小工についても実績がある。また、流路縮小工の設計・施工上の配慮事項を踏まえ、構造成立性は確保可能であることを参考4にて整理しており、泊の流路縮小工について、津波防護対策として適用性はあるものとする。

流路縮小工設置に伴い増加する抵抗（損失）について

図 1 に示す流路縮小工設置に伴い、スリーブがオリフィスとして機能することから、図 2 に示すように、オリフィス部で①急縮による抵抗（損失）、②急膨による抵抗（損失）、③摩擦による抵抗（損失）が働く。

なお、「添付資料 27 流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証」にて、水理模型実験を行い、主梁の有無による損失水頭の差がほとんどないことを確認している。

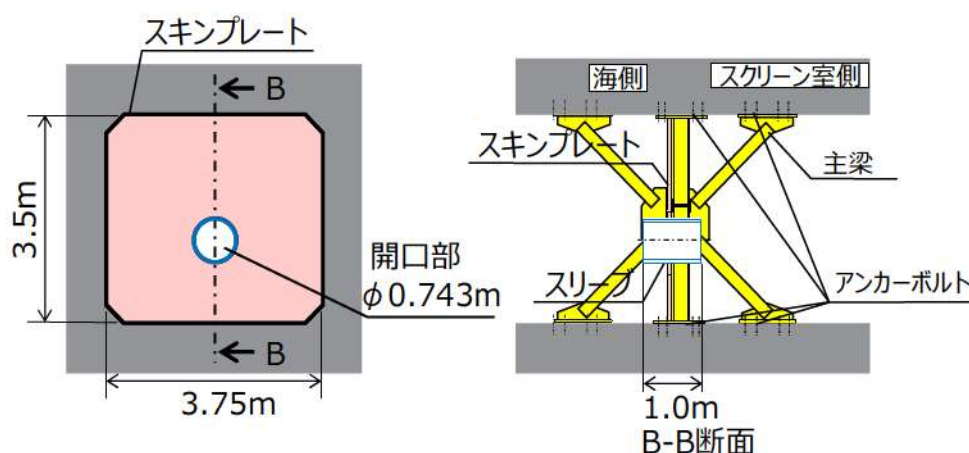


図 1 1 号及び 2 号炉取水路流路縮小工の構造例

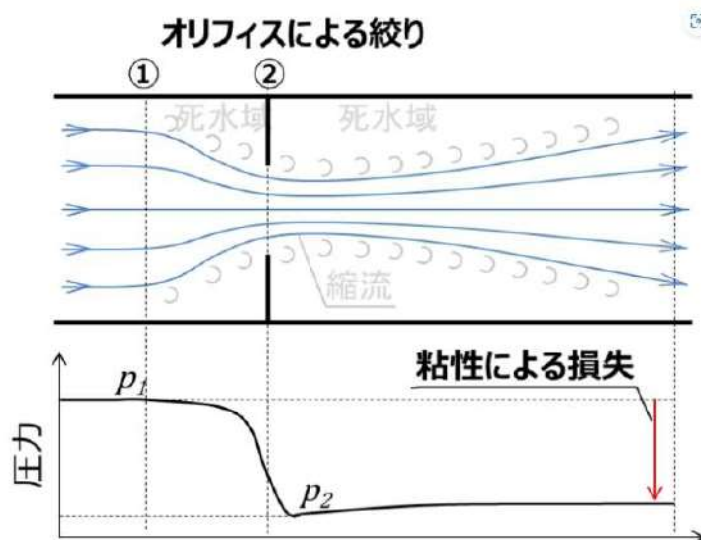


図 2 : オリフィスによる流れの変化と圧力損失のイメージ

(1) 津波の流入防止評価

津波の流入防止評価としては、水の流れの抵抗（損失）が小さいほうが評価上厳しい結果となる。「添付資料 27 流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証」に記載の通り、水理模型実験で得られた損失係数と比べて、押し波方向は損失係数を小さく、引き波方向は損失係数を大きく設定する。

(2) 通常時及び外部電源喪失時の原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能評価

原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能としては、水の流れの抵抗（損失）が大きいほうが評価上厳しい結果となる。

「添付資料 27 流路縮小工における損失水頭の評価方法の検証」に記載の通り、水理模型実験で得られた損失係数と比べて、取水方向の損失係数を大きく設定する。

流路縮小工内の流速を用いて、表 1 に示す評価式から縮小部の抵抗（損失）を算定した結果を表 2 に示す。

表 1 取水機能評価時の各局所損失の算定式

	公式	係数	根拠
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)
急拡大損失	$h_{se} = 1.5 f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	f_{se} : 急拡大損失係数 ^{*1} V_1 : 急拡大前の平均流速 (m/s) A_1 : 急拡大前の管断面積 (m^2) A_2 : 急拡大後の管断面積 (m^2)	電力土木技術協会 (1995)
急縮損失	$h_{sc} = 1.5 f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$	f_{sc} : 急縮損失係数 ^{*2} (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)

※ 1 流路形状から $1.5 f_{se} = 1.401$ と設定した。

※ 2 流路形状から $1.5 f_{sc} = 0.738$ と設定した。

表 2 取水機能評価時の各局所損失結果

	流路縮小工 設置前	流路縮小工設置後	
		貝考慮なし $\phi 0.743m$	貝考慮 $\phi 0.543m$
① 急縮による抵抗 $h_{sc} = 1.5 f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$	—	0.21	0.71
② 急拡大による抵抗 $h_{se} = 1.5 f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$	—	0.39	1.34
③ 摩擦による抵抗 $h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	0.01	0.01	0.04
合計	0.01	0.61	2.09

流路縮小工の開口径設定の考え方について

流路縮小工に求められる要求事項及び開口径の設定に関する留意点を以下に示す。また、開口径の設定の流れを図 1 に、流路縮小工設置による抵抗（損失）の概念図を図 2 に、開口径の大小による機能への影響を表 1 に示す。

(1) 流路縮小工に求められる要求事項

【取水路から敷地への津波の流入防止】

- ① 津波による取水ピットスクリーン室の水位上昇が敷地高さを上回らないこと（構造成立性を含む）。

【プラント停止状態における 1 号及び 2 号炉の取水機能】

- ② 1 号及び 2 号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態における、通常時及び外部電源喪失時の 1 号及び 2 号炉の取水機能が確保できること（原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能維持）。

(2) 開口径の設定に関する留意点

- ① 津波による取水ピットスクリーン室の水位が敷地高さ以下となる、十分な抵抗（損失）が得られる開口径であること（水位上昇側の観点）。
- ② 流路縮小工設置に伴う抵抗（損失）の増加が、通常時及び外部電源喪失時の取水機能（原子炉補機冷却海水ポンプの機能保持）に影響を及ぼさない開口径とすること（水位下降側の観点）。

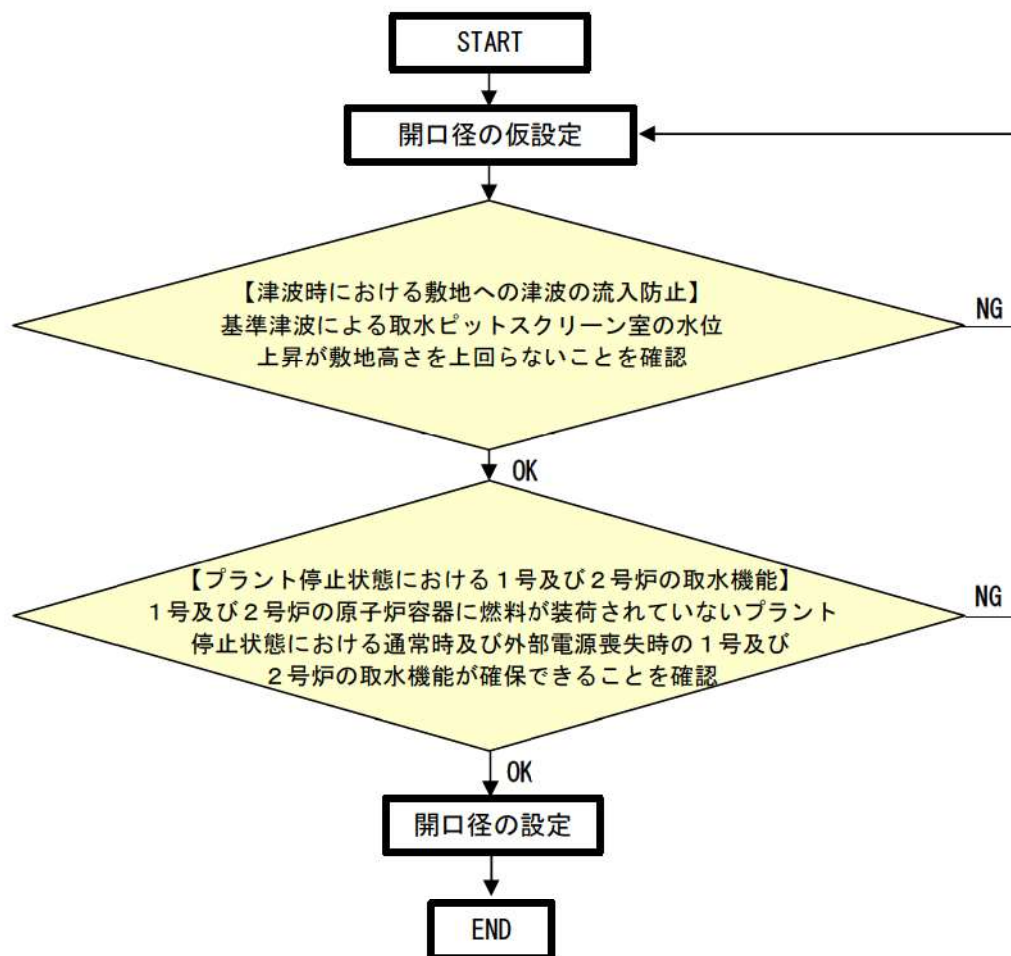


図1 開口径の設定の流れ

表1 開口径の大小による機能への影響

機能	開口径を大きくした場合	開口径を小さくした場合
敷地への津波の流入防止	抵抗（損失）減少：水位上昇	抵抗（損失）増加：水位上昇を抑制
取水機能	抵抗（損失）減少：水位上昇（取水ピットポンプ室）	抵抗（損失）増加：水位下降（取水ピットポンプ室）

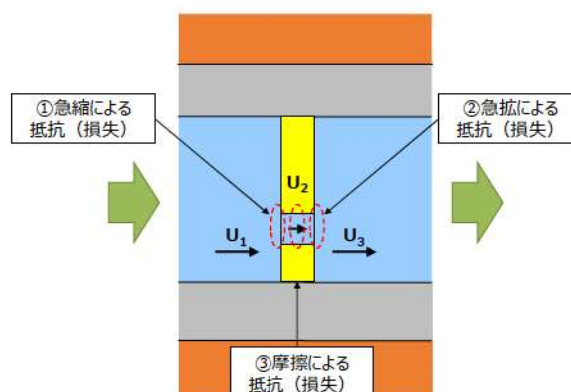


図2 流路縮小工設置による抵抗（損失）の概念図

流路縮小工の構造成立性

流路縮小工は津波防護施設であることから、基準地震動による地震荷重や基準津波による津波荷重に対し、構成する部材がおおむね弾性領域内に収まるよう設計する。

ここでは、地震荷重や流水圧等の津波荷重により流路縮小工を構成する部材が曲げやせん断等により損傷する以外に、津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見について整理するとともに、それを踏まえ、流路縮小工の各部位が損傷して要求機能を喪失しうる事象（例えば、津波による作用水压や縮小部の流速により躯体安定性が確保できない等）を整理する。これらの損傷モードの発生可能性を評価し、設計・施工上の配慮事項を整理した上で、構造成立性を示す。

(1) 津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見の整理

流路縮小工の各部位が損傷して要求機能を損失しうる事象の抽出に当たり、津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見を整理した結果を以下に示す。

- ・津波時には、流路縮小工の開口部を高流速の津波が通過する。「水門鉄管技術基準（水压鉄管・鉄鋼構造物編）令和4年版（（社）水門鉄管協会）」によれば、水压鉄管の固定台（アンカーブロック）の設計において、考慮すべき外力として、管の重量（管傾斜による推力）や湾曲部に作用する遠心力等に加え、管内流水の摩擦による推力が挙げられる。
- ・津波時には、流路縮小工の開口部を高流速の津波が通過する。「建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編〔I〕」によれば、ダムの放水設備について、流水に接する構造物の表面は、流水による洗堀や摩耗の軽減に配慮して設計するとともに、流速が大きい場合には、渦や流水による摩耗や浸食の対策を考える必要があるとしている。
- ・流路縮小工は、流路断面が縮小されることから、流路縮小工前面と流路縮小工による開口部の間で津波流速の変化が生じる。「ダム・堰施設技術基準（案）平成28年版（（社）ダム・堰施設技術協会）」によれば、高流速の水が流れる放流管内では、管路の湾曲や壁面の凹凸によって局所的に圧力降下が生じ、その下流は負圧となって空洞を生じ、水の流れが圧力の高いところへ移動すると水蒸気の気泡は急激に圧潰され壁面に著しい損傷を与えるとしている。

(2) 要求機能を喪失しうる事象の抽出

前述を踏まえ、流路縮小工各部位が損傷により要求機能を喪失しうる事象を抽出し、これに対する設計・施工上の配慮を整理した。表1～表3に検討結果を示す。

表1 地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と
設計・施工上の配慮事項（流路縮小工全体）

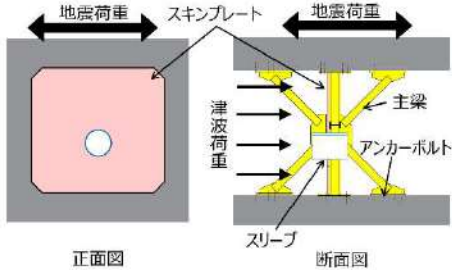
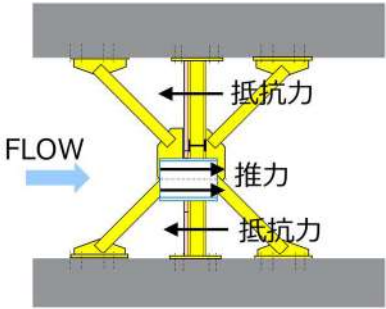
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工 全体	・地震荷重や津波荷重※により、主梁やスキンプレートが曲げ破壊又はせん断破壊することで、津波防護機能を喪失する。 ・主梁やスキンプレートから伝達する荷重により、アンカーボルトが破断し、津波防護機能を喪失する。 ※：津波荷重として、流水の摩擦による推力も考慮する（下項目参照）。  正面図 断面図	・主梁やスキンプレートに生じる応力度が許容限界以下となるように詳細設計段階で設計する。 ・アンカーボルト生じる断面力による応力度が、許容限界以下となるように詳細設計段階で設計する。 ・砂や小さな漂流物の影響については、詳細設計段階で設計する。	○ 取水路内で十分な強度を有した材料や構造を適用可能なことから、構造成立性は確保可能。
	・開口部における流水の摩擦により推力が生じ、主梁やスキンプレートが曲げ破壊又はせん断破壊することで津波防護機能を喪失する。 ・主梁やスキンプレートから伝達する荷重により、アンカーボルトが破断し、津波防護機能を喪失する。 	・津波時及び重畳時の津波荷重として、流水の摩擦による推力を考慮する。	○ 取水路内で十分な強度を有した材料や構造を適用可能なことから、構造成立性は確保可能。

表1 地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と
設計・施工上の配慮事項（流路縮小工全体）（続き）

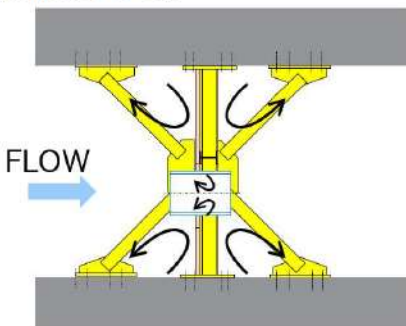
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工 全体	・急縮部・急拡部で発生する渦や流水による摩耗によって形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。 	・津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。「水門鉄管技術基準(水圧鉄管・鉄鋼構造物編) 令和4年版((社)水門鉄管協会)」によれば、管の摩耗による板厚の減少に対して余裕厚を確保する方法が用いられていることから、鋼製部材に対して適切な余裕厚を詳細設計段階で設定する。 ・仮に摩擦が生じた場合でも、津波の遡上に対して十分な裕度を確保する。	○ 取水路内で十分な強度を有した材料を適用可能なことから、構造成立性は確保可能。

表2 地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と
設計・施工上の配慮事項（流路縮小工開口部）

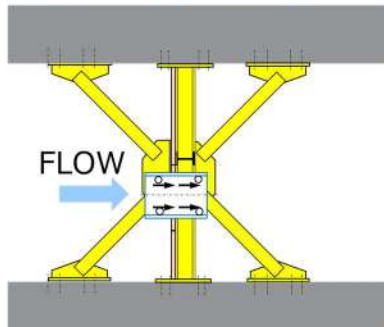
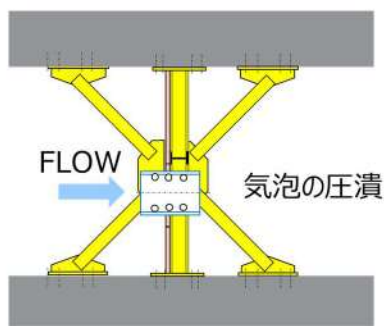
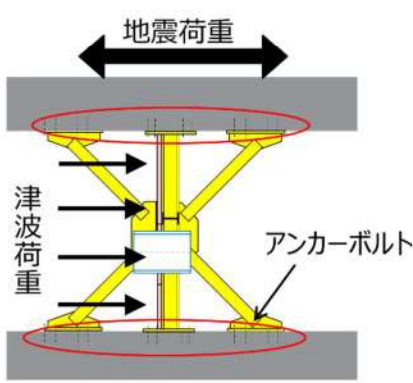
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工 開口部	・砂や貝を含んだ津波の流入により、スリーブ表面が摩耗が発生することによって、開口部が広がり津波防護機能を喪失する。 	・津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。「水門鉄管技術基準(水圧鉄管・鉄鋼構造物編) 令和4年版((社)水門鉄管協会)」によれば、管の摩耗による板厚の減少に対して余裕厚を確保する方法が用いられていることから、鋼製部材に対して適切な余裕厚を詳細設計段階で設定する。 ・仮に摩擦が生じた場合でも、津波の遡上に対して十分な裕度を確保する。	○ 取水路内で十分な強度を有した材料を適用可能なことから、構造成立性は確保可能。
	・急縮部に高速な津波が流れ込むことによる局所的な圧力降下によって、その下流は負圧となって空洞を生じ(キャビテーション)、圧力が高まる急拡部付近に移動すると、水蒸気の気泡は急激に圧潰され、壁面に損傷を与えることにより、形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。 		(4)にて発生の可能性を評価

表3 地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と
設計・施工上の配慮事項（取水路）

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
取水路	・地震荷重や流路縮小工から伝達する津波荷重により、取水路のコンクリートがせん断破壊又は引張破壊することで、津波防護機能を喪失する。 	・取水路のコンクリートに生じる応力度が、許容限界以下であることを確認する。	○ 取水路のコンクリートに生じる応力度が、許容限界以下となるようアンカーボルトの増設、分散配置が可能なことから、構造成立性は確保可能。

（３）流路縮小工全体の構造成立性

（２）の整理結果を踏まえて、流路縮小工全体の構造成立性について検討を行った。要求機能を喪失しうる事象に対して、防潮堤直下の取水路内で十分な強度を有した材料や構造を適用可能なことから、構造成立性は確保可能である（図1参照）。

なお、地震荷重や津波荷重による発生応力の評価については、詳細設計段階で示す。

梁の追加によるアンカーボルトの増設・分散配置

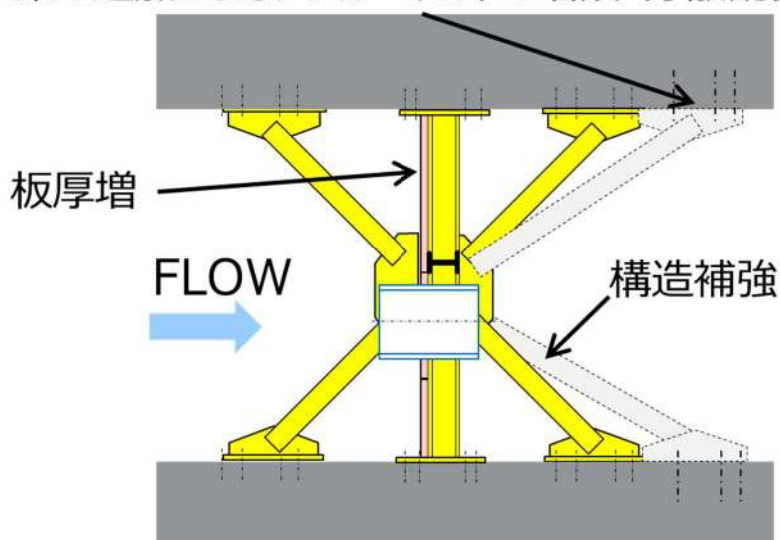


図1 流路縮小工 補強構造案

(4) キャビテーションの発生の可能性に関する評価

a. キャビテーションに関する知見の整理

配管内の絞り部で流体の流速が速くなると圧力が低下し、飽和蒸気圧より低くなるとキャビテーション気泡が発生する。気泡は絞り部の下流へ流動し、流速低下により周りの圧力が回復し始めると収縮し、崩壊する。この気泡崩壊が配管壁面付近で生じると、高い崩壊圧が作用して配管系の振動や壁面に壊食が発生する。

「Cavitation Guide for Control Valves, NUREG/CR-6031, Tullis ら」によれば、キャビテーションは段階的に発達し、軽い間欠的なキャビテーションの発生領域を初生キャビテーションとしており、さらに発達すると壁面等に損傷を及ぼす初生損傷キャビテーションと定義されている（図2参照）。

キャビテーションの発生有無は図3により算定されるキャビテーション係数により予測できるとされており^{*1, 2}，文献^{*3}によるとキャビテーション現象の発生限界とされる初生キャビテーション係数（ σ_i ）を1.8としている。

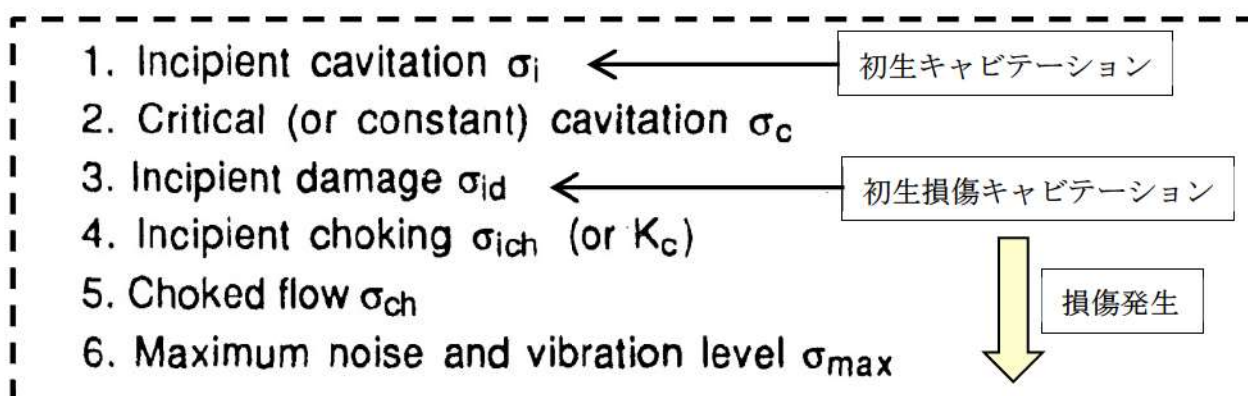


図2 キャビテーションの発達過程（文献^{*4}による，一部加筆）

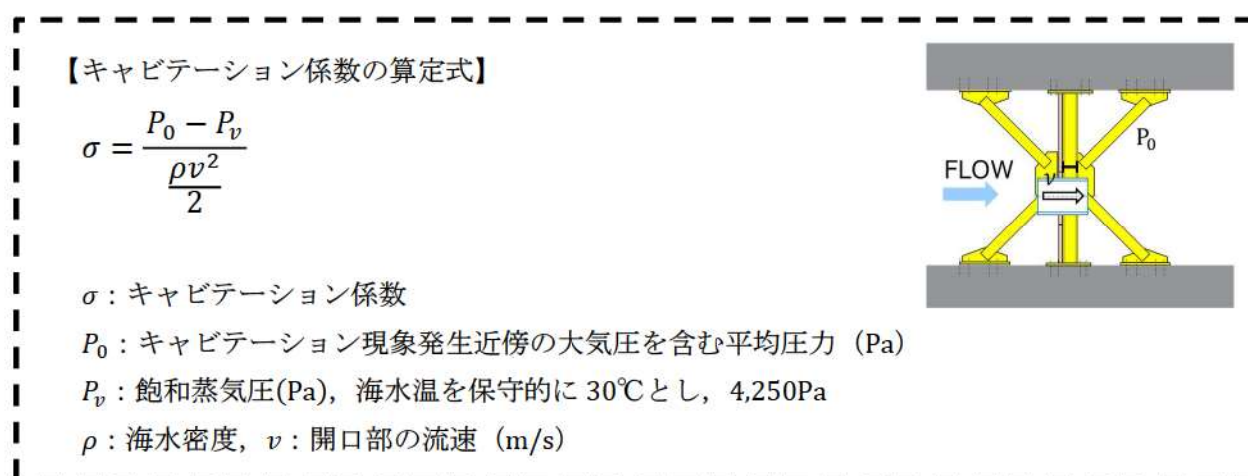


図3 キャビテーション係数の算定式

- ※1 「応用水理工学，巻幡ら」
- ※2 「水理公式集[昭和60年版]，土木学会」
- ※3 「Hydraulics Engineering, Hunter Rouse」
- ※4 「Cavitation Guide for Control Valves, NUREG/CR-6031, Tullis ら」

b. 評価方針及び保守性確保の考え方

キャビテーションによる影響は経年的に劣化するものと分類されているが，津波時においても評価を行う。

キャビテーションの発生によって損傷が生じる可能性があるが，ここでは閾値を保守的に初生キャビテーション係数とする。

キャビテーション係数の算定においては，キャビテーション現象発生近傍の大気圧を含む平均圧力 (P_0) や飽和蒸気圧 (P_v) が支配的な要因の1つであることから，これらの不確実性を考慮し，保守的に設定する。

① 大気圧を含む平均圧力算定における保守性

P_0 は大気圧と開口部下端からの上流側水深の合算によって算定されることから，図4のとおり開口部下端の標高を仮想的に T.P. $\pm 0\text{m}$ と高く設定することにより，相対的に水深を小さくした場合を想定し，保守的に P_0 を算定する。

② 飽和蒸気圧の設定における保守性

泊発電所の設計海水最高温度 26°C よりも高い温度として 30°C を設定する。

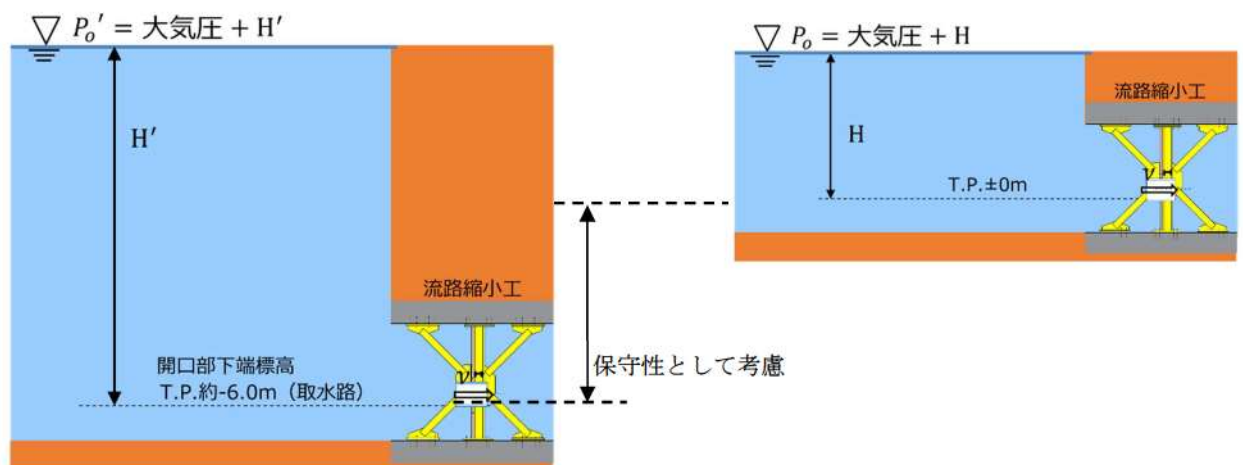


図4 平均圧力 P_0 算定時における保守性の考え方

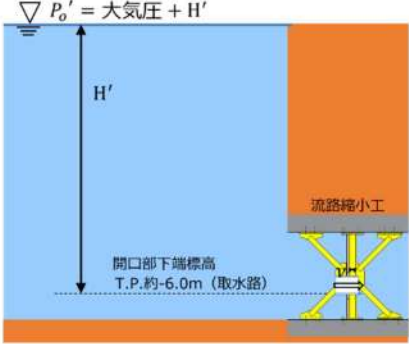
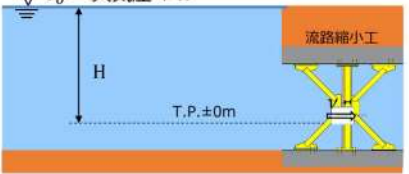
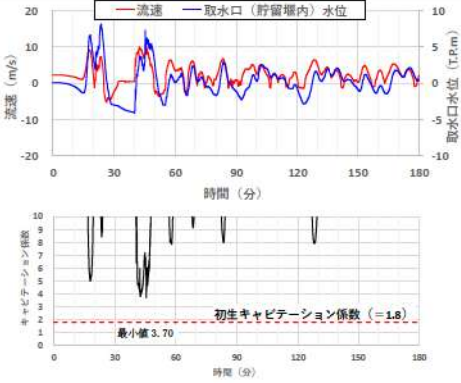
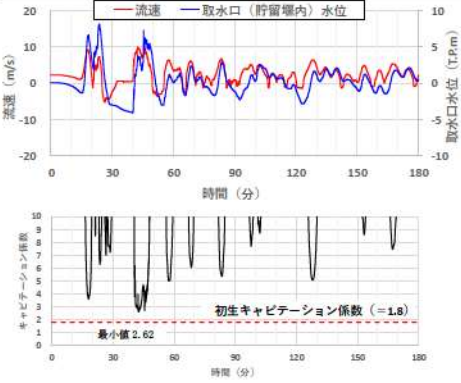
c. キャビテーションの発生の可能性に関する評価

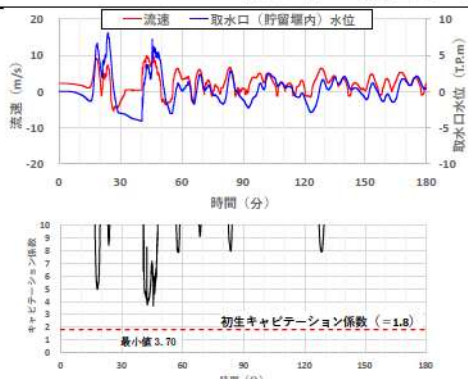
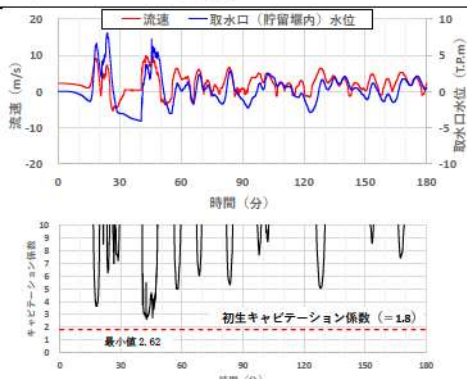
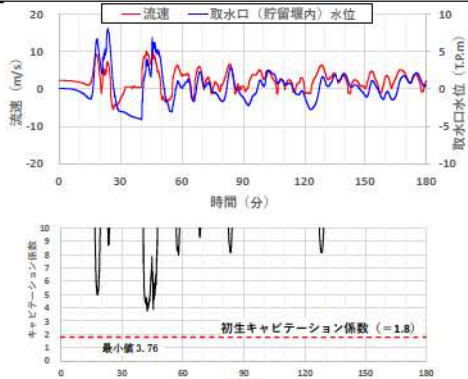
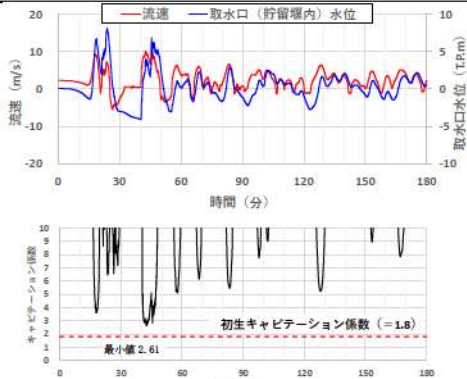
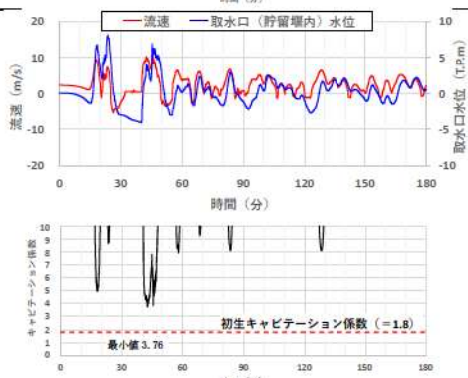
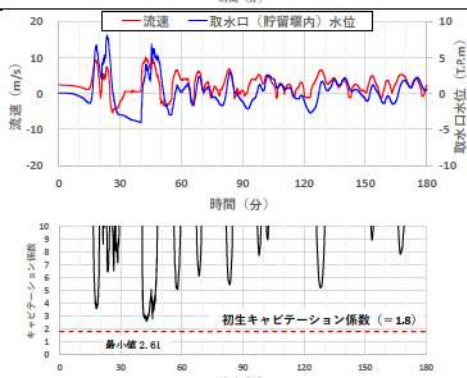
入力津波として選定された4ケースを対象に、前述の評価方針に基づき、表4のとおり Case 1は「②飽和蒸気圧の設定における保守性」を考慮し、Case 2はさらに「①大気圧を含む平均圧力算定における保守性」を考慮して、開口部周辺のキャビテーション係数を評価した。

この結果、Case1, 2ともに開口部において、初生キャビテーション係数1.8を下回ることがないことから、キャビテーションにより流路縮小工の形状に変化を生じさせるような損傷は発生しないと考えられる。

以上のことから、キャビテーションにより流路縮小工の健全性に影響を及ぼさないことを確認した。

表4 流路縮小工の開口部のキャビテーション係数評価結果

入力津波評価ケース	開口部の流速とキャビテーション係数	
	【Case1】 縮小工の計画設置位置において評価 	【Case2】 仮想的に開口部下端の標高を T.P.±0m と仮定し保守的に P₀を算定 
基準津波A (防波堤損傷なし、 地形変化無し、 貝付着無し、 スクリーン健全)		

入力津波評価ケース	開口部の流速とキャビテーション係数	
基準津波 A (防波堤損傷なし, 地形変化無し, 貝付着無し, スクリーン損傷)		
基準津波 A (防波堤損傷なし, 「地滑り地形①の崩壊」 + 「敷地前面海底地盤 (海域) 0.5m 洗掘」 + 「敷地前面海底地盤 (海域) 2.0m 沈下」, 貝付着無し, スクリーン健全)		
基準津波 A (防波堤損傷なし, 「地滑り地形①の崩壊」 + 「敷地前面海底地盤 (海域) 0.5m 洗掘」 + 「敷地前面海底地盤 (海域) 2.0m 沈下」, 貝付着無し, スクリーン損傷)		

流路縮小工設置に伴う取水ポンプ室の水位について、貝付着等の保守的な条件を考慮した場合の1号及び2号炉の安全性等への影響

流路縮小工開口部の貝付着は、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態における取水ポンプ室の水位評価に影響を与えることから、開口部の流速等を踏まえた、開口部への貝付着の可能性について検討した。

(1) 文献調査

坂口[※]らは、貝等の付着に影響する流速は、壁面付近での流速であり、平均流速が同一でも管径により壁面付近の流速が異なるため、付着限界流速の検討は、壁面付近の流速を対象としなければならないとしている。

また、図1に示す「発電所海水設備の汚損対策ハンドブック（火力原子力発電協会編）」によれば、流速は貝付着の重要な要因とされている。同ハンドブックでは、実験により、管路の流速と海生生物の付着との関係を調べており、壁面流速が1.0m/s以上であれば、付着量は極めて少量で実用上はこの程度の流速でほとんど問題は生じないとされ、1.4m/sでは付着しなかったとしている。

※海水管内の流速と汚損生物付着との関係，化学工学，47(5)，316-318

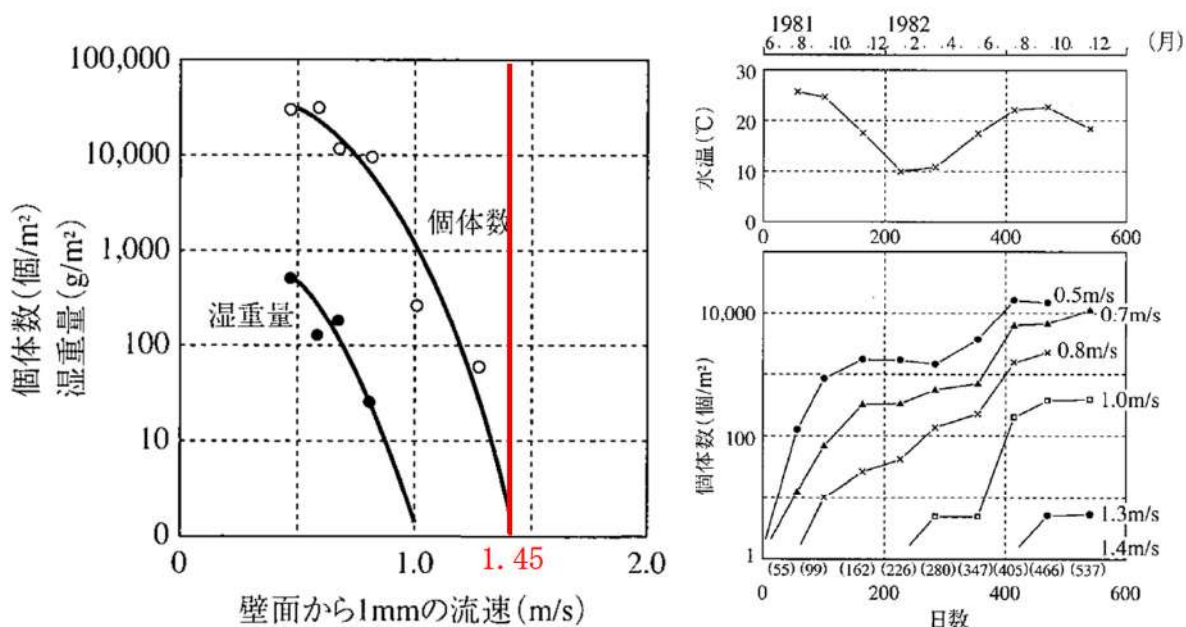


図1 生物付着と流速の関係
(発電所海水設備の汚損対策ハンドブック p156)

(2) 貝付着の可能性

流路縮小工開口部の平均流速は 2.31m/s （開口部内径 0.743m ，原子炉補機冷却海水ポンプ流量 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ）であり，対数分布則（図2参照）に基づけば壁面流速は 1.45m/s となる。文献によれば，壁面流速が 1.45m/s の場合，付着した貝等の湿重量は $1\text{g}/\text{m}^2$ 未満であることから，流路縮小工開口部は貝等の海生生物が付着しない環境であると考えられる。

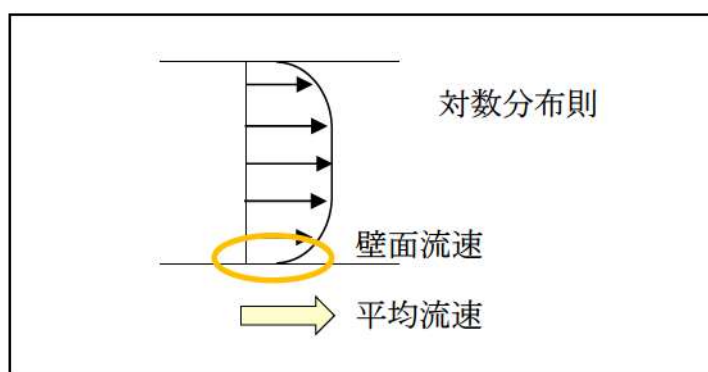


図2 対数分布則

(3) 取水ピットポンプ室の水位評価

開口部は貝等の汚損生物が付着しにくい環境にあるが，保守的に貝付着を考慮した場合の取水ピットポンプ室の水位を算定し，原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響について検討した。

表1に貝付着を考慮した場合の取水ピットポンプ室水位を示す。

貝付着厚さの設定に当たっては，貝付着の実績及び貝付着に関する既往文献等を踏まえ，開口部内を一律全面的に貝付着代 10cm^* に設定した。この場合，貝付着が無い場合に比べ取水ピットポンプ室の水位は約 1.5m 下降するが，原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位から十分余裕があることから，1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態における海水系の取水機能への影響はない（表1参照）。

以上のとおり，開口部への貝付着等の保守的な条件を考慮しても，1号及び2号炉の安全性に影響がないことを確認した。

なお，貝等の開口部への付着については，抜水点検で変状有無を定期的に確認していく。

※ 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。

表 1 流路縮小工設置による 1 号及び 2 号炉の取水機能への影響（貝代考慮）

流路縮小工	流量 (m^3/s)	水路断面積 (m^2)	流速 (m/s)	取水口水位 (m)	取水ピットポンプ 室水位 ^{※6} (m)	ポンプ取水可能 水位 (m)
設置前	1.0 ^{※1}	12.945	0.08 ^{※3}	T. P. -0.33 ^{※5}	T. P. -0.34	T. P. -4.17
設置後		0.433 ($\phi 0.743\text{m} \times 1$ 条)	2.31 ^{※3,4}		T. P. -0.94	
		0.231 ^{※2} ($\phi 0.543\text{m} \times 1$ 条)	4.33 ^{※3,4}		T. P. -2.42	

※1 原子炉補機冷却海水ポンプ ($1,900 \text{ m}^3/\text{h} \approx 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$) は、取水路 1 条あたり 2 台が設置されているため、2 台運転時の取水路 1 条あたりの流量は $0.5 \text{ m}^3/\text{s} \times 2 \text{ 台} = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

※2 貝付着代 10cm を考慮

※3 「建設省河川砂防基準(案)同解説 設計編 [I]」で定める一般的な設計流速（常時 2 ～ 5 m/s 程度）であることから、通水性に問題はない。

※4 流路縮小工部の流速

※5 朔望平均干潮位 (T.P. -0.14) に潮位のばらつきとして 0.19m を考慮

※6 取水路の流路縮小工における局所損失（急拡，急縮）を考慮（「参考 2」図 2 参照）

流路縮小工の施工方針及び常時における津波防護機能維持の確認方法

流路縮小工の施工に際し、取水路は2条ある水路を切り替えながら施工する計画であり、施工ステップ図及び既往の施工実績を示す。

常時において津波防護機能を維持していく観点から、その機能が喪失しうる事象^{※1}を踏まえた設計・施工上等の配慮^{※2}を行うとともに、機能が喪失しうる事象の進展速度が緩速であることや先行の類似構造物の維持管理事例等を踏まえ、定期的に抜水点検等により機能が維持されていることを確認することで、流路縮小工の通常時の健全性を維持する方針とする。

- ※1 機能が喪失しうる事象として、砂礫や貝を含んだ海水の流下による開口部表面のすりへり、貝付着による流路の縮小、及び水路内の異物混入による流路阻害。
- ※2 設計・施工上等の配慮として、鋼製部材に対して適切な余裕厚の設定、開口部に貝付着を防止する観点から付着しにくい流速となっていることを確認する。また、定期的な点検時に貝や異物の除去を行う。

(1) 流路縮小工の施工について

流路縮小工は基準地震動 S_s 及び津波波圧等に十分耐えられるよう頑健で耐久性のある鋼製の構造物として計画している。なお、流路縮小工は1号及び2号炉再稼働の際に撤去し、取水路の復旧を行う。

取水路に設置及び撤去する流路縮小工の施工フローを図1に示す。

工事に当たっては、2条ある取水路を1条ずつ抜水しドライ環境の中で工事を行う[※]。

設置時は、水路内の貝等の付着物の除去を行った後、搬入口から取水路内へ部材を搬入する。次に、取水路の天面及び底面にアンカーボルトを打設し、部材を組み立て固定する。

撤去時は、主梁やスキンプレート等の鋼材を切断、撤去を行った後、アンカーボルトを切断し埋設部分以外撤去する。流路縮小工を設置していた面について、取水路の構造及び機能に影響を及ぼさないよう、取水路同等に表面を仕上げる。

設置並びに撤去の施工完了後、設計上必要な寸法が確保されているか確認を行う。

※ 1条ずつ抜水することで1号及び2号炉の取水機能は維持される。

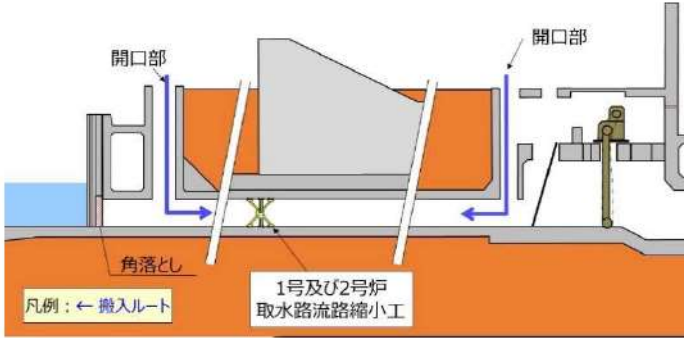
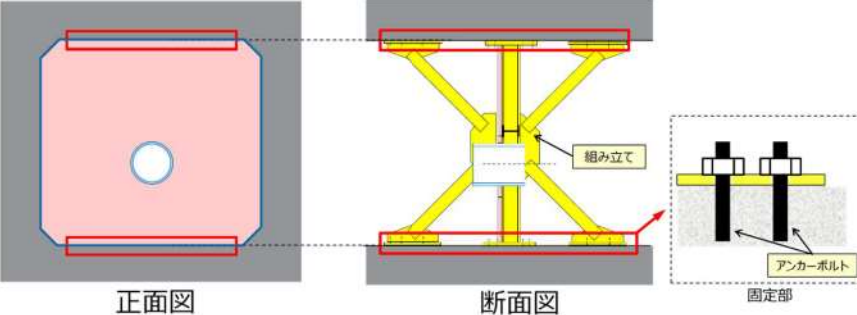
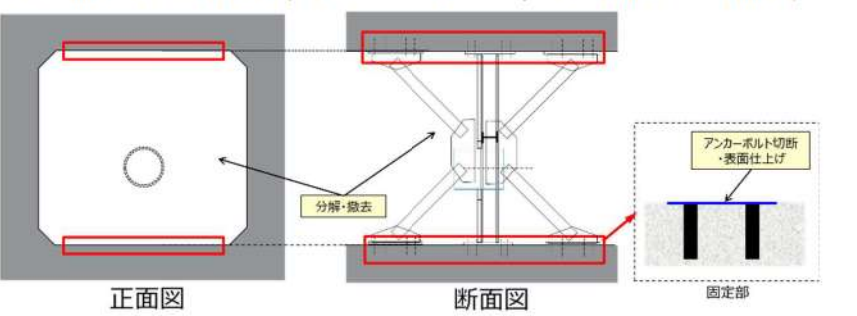
① 抜水	・ 流路縮小工を設置する取水路の抜水作業を実施。 ・ 取水路内の抜水作業は、取水口及び取水ピットスクリーン室に角落としを挿入し締切を行う。 ・ 流路縮小工設置位置における取水路の貝等の付着物除去を行う。 
② 設置	・ 開口部から取水路内へ流路縮小工の部材を搬入する。 ・ 取水路の天面及び底面にアンカーボルトを打設し、部材を組み立て固定する。 
③ 撤去	・ 主梁やスキンプレート等の鋼材を切断等により分解、撤去する。 ・ 固定部のアンカーボルトを切断し埋設部分以外撤去する。 ・ 取水路の構造及び機能に影響を及ぼさないよう、取水路同等に表面を仕上げる。 

図1 流路縮小工の施工フロー

(2) 既往の施工実績について

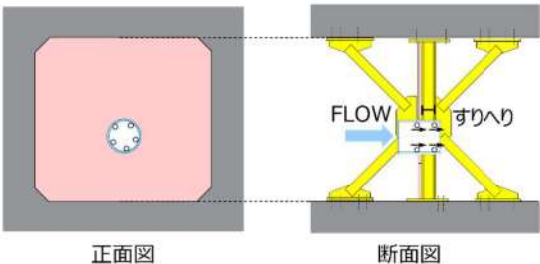
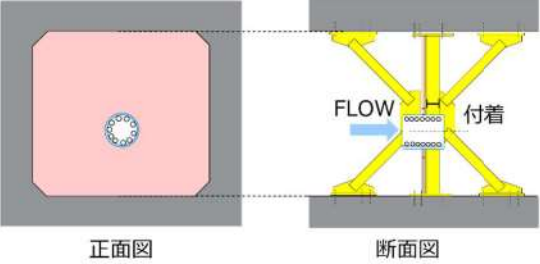
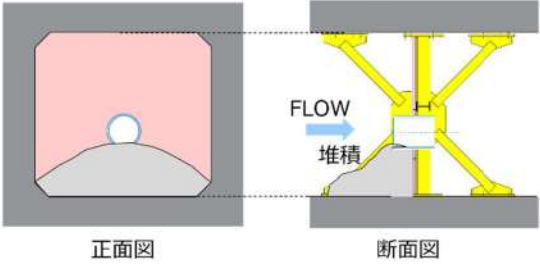
既設のコンクリート躯体に対してあと施工のアンカーボルトを用いた施工方法について、安全対策工事等における配管・設備等の耐震補強でも多々実績のある施工方法である。今回の流路縮小工についても、設備重量、施工範囲や施工方法等実績の範囲内にある。

(3) 常時における津波防護機能維持の確認方針について

流路縮小工の常時における津波防護機能維持を図っていく観点から、海水中に設置されていることや構造的な特徴に鑑み機能が喪失しうる事象を挙げ、それを踏まえた設計・施工上等の配慮及び事象の進展予想等を行った上で、機能維持の確認方針を検討した。

常時において機能が喪失しうる事象と、それを踏まえた設計・施工上の配慮及び事象の進展予想を表1に示す。

表1 通常時において要求機能を喪失しうる事象を踏まえた設計・施工上等の配慮及び事象の進展予想

部位 の名称	要求機能の喪失しうる事象	設計・施工上等の配慮	事象の進展予想
流路縮小工 開口部	・港湾から供給される砂礫や海生生物(主に貝)を含んだ流水により、開口部表面にすりへりが発生することによって、開口部が広がり津波防護機能を喪失する。  正面図 断面図	・砂礫や海生生物(主に貝)に対して、十分な強度を有するスリーブ(鋼材)で設計を行う。	・すりへり現象は事象の進展速度が緩速であるものと想定される。
	・貝が開口部内に付着し、開口部の海水が流れにくくなり、取水機能を喪失する。  正面図 断面図	・定期的な点検時に貝の除去を行う。 ・文献等を踏まえ貝が付着しない流速を参照し、開口部に貝付着を防止する観点から付着しにくい流速となっていることを確認する。	・貝は時間をかけて成長することから、事象の進展速度が緩速であるものと想定される。 ・なお、流速によっては貝が付着しない。
	・水路内に入った貝や異物(貝の死骸等)が開口部前面に付着、堆積し開口部を塞ぐことで開口部の水が流れにくくなり、取水機能を喪失する。  正面図 断面図	・貝や異物(貝の死骸等)に対して、十分な余裕を有する高さに開口部を設ける。 ・定期的な点検時に貝や異物の除去を行う。	・貝は時間をかけて成長し、死骸も同様に徐々に増えることから、事象の進展速度が緩速であるものと想定される。

流路縮小工は、先に述べたとおり、頑健で耐久性のある鋼製の構造物であるとともに、施工はドライ環境で確実にでき、機能が喪失しうる事象に対しては、設計・施工上等の配慮を行った上で、事象の進展速度が緩速であることを示した。

これを踏まえると、常時における津波防護機能維持の確認方法としては、定期的な抜水点検による点検が有効と考えられる。

施工の段階で寸法管理が確実にできることから、点検については有意な損傷や変状に着目し実施する。

点検内容（案）

- ① 流路縮小工は取水路内部にある海水中に設置された設備となるため、点検は定期点検時に合わせ実施する。
- ② 取水路については定期的な抜水による目視点検、清掃等を実施する。
- ③ 損傷や変状の状況に応じ、詳細な点検を行う。
- ④ 点検結果を踏まえ、必要に応じ点検期間の見直しを行う。

事象の進展影響として各構造物における水位の変動が考えられるが、砂礫や海生生物(主に貝)によるスリーブ（鋼材）のすりへりは微小であり、津波防護機能には影響を及ぼさない。また、貝付着による水位変動については取水機能に影響を及ぼさない（参考5参照）。したがって、水位の経時変化による事象進展の検出は難しく、定期的な抜水等による直接的な点検が維持管理には適しているものと考えられる。

○女川2号炉の審査実績（女川1号炉への取放水路流路縮小工の設置）を踏まえた比較

・女川2号炉では、1号炉の取水路及び放水路に流路縮小工を設置し、取水機能及び放水機能へ影響を与えるため、1号炉のプラント状態において機能要求がある系統を抽出し、1号炉への悪影響の整理として、設置変更許可申請書等の記載事項への反映要求を確認している。

・泊3号炉も同様に、1号及び2号炉の取水路に流路縮小工を設置するため、泊1号及び2号炉のプラント状態で求められる機能要求への影響について確認した。以下に女川2号炉と泊3号炉を比較した結果を示す。

No.	比較項目		泊3号炉	女川2号炉
	津波防護対策	設置対象のプラント 津波防護施設	1号及び2号炉 流路縮小工	1号炉 取放水路流路縮小工
2	No. 1のプラントの審査上の位置付け		供用プラント（設置変更許可申請中）	廃止措置プラント
3	審査時のNo. 1のプラント状態		原子炉容器へ燃料は装荷されていないプラント停止状態	
4	No. 2かつNo. 3のプラント状態において機能要求がある取水系統 [※] 及びその用途		・系統：原子炉補機冷却海水系 ・用途：上記系統にて、使用済燃料ピットの冷却、外部電源喪失時のディーゼル発電機の冷却及び空調用冷凍機の冷却を行う。	・系統：①原子炉補機冷却海水系、②非常用補機冷却海水系 ・用途：①により使用済燃料プールの冷却、②により非常用ディーゼル発電機の冷却を行う。
5	津波防護対策に求められる機能要求		取水路から敷地への津波の流入を防止し、取水機能を維持すること。	
6	No. 5の機能要求を満たすための前提条件		海水の取水機能の確保のため、循環水ポンプ停止が前提	

※なお、海水の取水系統としては、泊1号及び2号炉は、原子炉補機冷却海水系及び循環水系があり、女川1号炉は残留熱除去海水系、非常用補機冷却海水系、原子炉補機冷却海水系及び循環水系があり、この中から燃料未装荷のプラント停止状態において機能要求がある系統を抽出している。

・泊3号炉の流路縮小工は、取水路に設置する津波防護対策であり、女川2号炉の取放水路流路縮小工に求められる機能要求や前提条件（No. 3～6）と同様であるため、設置変更許可申請書等の記載事項への反映等は、女川との相違点（女川1号炉は廃止措置プラント、泊1号及び2号炉は設置変更許可申請中のプラント）を踏まえ女川の審査実績と比較し、整理を行った。

流路縮小工の設備分類,耐震重要度,安全重要度及び許認可上の扱いを女川2号炉の審査実績を踏まえ,以下のとおり整理した。
安全重要度は,取水路に設置する津波防護施設に対し重要安全施設とした実績のある高浜3号炉及び4号炉との相違を整理した。

流路縮小工設置による許認可上の取扱い (他社先行プラントとの相違) (1/4)

項目	泊3号炉	女川2号炉との相違	高浜3号炉及び4号炉との相違
設備分類	津波防護施設	相違なし	相違なし
耐震重要度	耐震Sクラス	相違なし	相違なし
安全重要度	【対象設備】 流路縮小工 【整理結果】 ・流路縮小工は,津波が敷地へ流入することを防止し,重要な安全機能を有する設備を防護するために必要な設備であるため,津波防護施設として信頼性を確保した設計とする。 ・他社先行審査実績でクラス1として設定している外部入力により動作する機構(駆動部)は設けない設計とする。	【対象設備】 取放水路流路縮小工 【整理結果】 相違なし	【対象設備】 取水路防潮ゲート 【整理結果】 取水路防潮ゲートは,外部入力により動作する駆動部(ゲート落下機構)を有し,重要安全施設(MS-1)としている。 一方,泊の流路縮小工は,外部入力により動作する機構を有しない静的機器であるが,津波が敷地へ流入することを防止し,重要な安全機能を有する設備を防護するために必要な設備であるため,津波防護施設として信頼性を確保した設計とする。

流路縮小工設置による許認可上の取扱い（他社先行プラントとの相違）（2/4）

項目	泊 3 号炉	女川 2 号炉との相違
設置変更許可	○設置変更許可申請（補正）の要否 ・ 3 号炉の津波防護施設の位置付けのため、本文記載事項を変更する工事に該当し、設置変更許可申請（補正）を行う。 ・ 1 号及び 2 号炉の新規制基準適合性審査においては、流路縮小工を撤去し、1 号、2 号及び 3 号炉の共用の津波防護対策として設置変更許可申請（補正）し、適合性について説明する方針である。 ○設置変更許可申請書への記載方針 ➤ 設置変更許可申請書 本文 ・ 1 号及び 2 号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないことを前提とすることを記載する。（添付書類十にも記載する。） ➤ 設置変更許可申請書 添付書類八 ・ 1 号及び 2 号炉の取水路に流路縮小工、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、1 号及び 2 号炉の循環水ポンプの停止を前提とすることを記載する。（1.5 耐津波設計） ・ 1 号及び 2 号炉の取水路及び放水路に対しては、津波の流入を防止するため、流路縮小工及び逆流防止設備を設置することが、1 号及び 2 号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載する。（10.6 津波及び内部溢水に対する浸水防護設備） ○津波防護施設として 1 号及び 2 号炉に悪影響を及ぼさない設計 流路縮小工設置後も原子炉補機冷却海水系に必要な流量を確保し、1 号及び 2 号炉の取水機能に影響を与えない設計とする。	○設置変更許可申請（補正）の要否 ・ 相違なし ・ 女川 1 号炉は廃止措置プラントであるが、泊は設置変更許可申請中のプラントであることを踏まえた整理。 ○設置変更許可申請書への記載方針 ➤ 設置変更許可申請書 本文 ・ 相違なし ➤ 設置変更許可申請書 添付書類八 ・ 相違あり（ただし、島根 2 号炉と相違なし） ・ 相違なし ○津波防護施設として 1 号炉に悪影響を及ぼさない設計 相違なし

流路縮小工設置による許認可上の取扱い（他社先行プラントとの相違）（3/4）

項目	泊 3 号炉	女川 2 号炉との相違
工事計画認可	○設計及び工事の計画の認可申請の要否 ・ 3 号炉の外郭浸水防護設備として、設計及び工事の計画の認可を申請する。 ・ 設置変更許可で示した流路縮小工の機能及び仕様を含め、3 号炉の工事計画書の本文及び添付資料で詳細設計の結果を示す。 ○工事計画書への記載方針 流路縮小工は 1 号及び 2 号炉の取水路内に設置するため、1 号及び 2 号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態の 1 号及び 2 号炉の原子炉補機冷却海水ポンプの維持が必要であることを踏まえ、通常時及び外部電源喪失時における原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の取水機能に影響がない設計とすることを「基本設計方針」及び「添付書類（設備別記載事項の設定根拠に関する説明書）」に記載し、流路縮小工の開口径を「要目表」に記載する。 ○津波防護施設として 1 号及び 2 号炉に悪影響を及ぼさない設計 設置変更許可申請書へ 1 号及び 2 号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載するに当たり、流路縮小工について以下を考慮し設計する。 ・ 原子炉補機冷却海水ポンプの定格容量を確保でき、取水機能に影響を与えない開口径を設定する。 ・ 流路縮小工の開口径について、自主的に設置している貯留堰の天端高さ（T.P. -3.0m）及び原子炉補機冷却海水ポンプ取水可能水位（T.P. -4.17m）よりも下方に設ける（流路縮小工開口部下端高さ T.P. -6.00m）ことで津波による引き波時の海水貯留容積に影響を与えない設計とする。	○設計及び工事の計画の認可申請の要否 ・ 相違なし ・ 相違なし ○工事計画書への記載 相違なし ○津波防護施設として 1 号炉に悪影響を及ぼさない設計 ・ 相違なし ・ 女川 2 号炉の審査資料において、取水路流路縮小工に求められる要求事項として、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（貯留）できるところとしているが、泊の流路縮小工に津波による引き波時の海水貯留機能は期待せず、自主的に設置している貯留堰の海水貯留容積に影響を与えない設計とする。

項目	泊3号炉	女川2号炉との相違
原子炉施設保安規定	【原子炉施設保安規定上直接影響がある条文】 ○第73条（ディーゼル発電機－モード1、2、3および4以外－） ・非常用発電機を含め、ディーゼル発電機2基が動作可能であること ○第82条（使用済燃料ピットの水位および水温） ・使用済燃料ピットの水位が T.P. 30.47m 以上であること ・使用済燃料ピットの水温が 65℃以下であること 【原子炉施設保安規定上の影響】 流路縮小工設置後においても、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水系に必要な流量は確保することが可能であるため、原子炉施設保安規定上の影響はない。	【原子炉施設保安規定上直接影響がある条文】 相違なし 【原子炉施設保安規定上の影響】 相違なし

流路縮小工に係る各審査段階の説明内容について

流路縮小工は、3号炉新規制基準適合性審査の中で津波防護施設の位置付けであるため、津波時における敷地への津波の流入防止機能が要求される。また、1号及び2号炉の取水路内に設置することから、1号及び2号炉の取水機能に悪影響を与えない設計とする。

流路縮小工の設置により1号及び2号炉の循環水ポンプの運転に必要な海水取水量の確保が困難になることから、設置変更許可申請書本文に「1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないことを前提とする」ことを記載した上で、添付書類八に「1号及び2号炉の循環水ポンプの停止を前提とする」ことを記載する。

以上を踏まえ、流路縮小工について3号炉の設置変更許可段階及び工事計画認可段階の説明内容を次表のとおり整理した。

表 1 流路縮小工に係る各審査段階の説明 (1 / 3)

項目	3 号炉設置変更許可	3 号炉工事計画認可
基本設計方針	取水路から遡上する津波が敷地へ流入することを防止するため、津波防護施設として 1 号及び 2 号炉取水路に 1 号及び 2 号炉取水路流路縮小工を設置することをご説明する。	- 津波防護施設のうち流路縮小工については、1 号及び 2 号炉の取水路からの津波の流入を抑制し、入力津波に対して浸水を防止する設計とする。また、1 号及び 2 号炉の取水機能に悪影響を及ぼさない設計とする。 - 流路縮小工については、津波防護機能並びに 1 号及び 2 号炉の取水機能を維持する運用を保安規定に紐づく QMS 文書に定めて管理する。 - 開口径について、設計値である公称値（取水路：φ 0.743m）を示すとともに、外郭浸水防護設備として津波の流入を防止する設計確認値（上限値）の設定根拠をご説明する。
1 号及び 2 号炉の取水路からの敷地への津波の流入防止（3 号炉 津波防護機能）	流路縮小工の開口径について、取水ピットスクリーン室の入力津波高さが敷地 T.P. 10.0m を超えない高さとなる径の最大開口（設計確認値（上限値））とし、最大開口径に対し、流路縮小工の開口径（φ 0.743m）が十分に裕度を持った値であることをご説明する。	

表 1 流路縮小工に係る各審査段階の説明 (2 / 3)

項目	3号炉設置変更許可	3号炉工事計画認可
通常時の1号及び2号炉の取水機能への影響	- 開口径の縮小は水路の損失水頭を増加し、取水ピットスクリーン室水位の低下につながることから原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能に影響を与えるため、通常時の取水ピットスクリーン室水位が1号及び2号炉原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位(T.P. ー4.17)を下回らない高さとなる開口径を最小開口径(設計確認値(下限値))とし、その最小開口径に対し、流路縮小工の開口径(φ0.743m)が十分な余裕を持った開口径であることをご説明する。 - 通常時において、開口部への貝等の付着の可能性を整理した上で、貝等の付着により開口径が縮小した場合であっても、最小開口径(設計確認値(下限値))に対して十分な裕度があることをご説明する。 - 海水中に含まれる砂による取水機能への影響を評価し、流路縮小工設置後も原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に悪影響を与えない設計とすることをご説明する。 - 引き波時の水位低下に対して、流路縮小工に貯留機能はないが、1号及び2号炉の使用済燃料ピットの水温上昇と保安規定上の制限値に到達するまでの期間を評価し、保安規定第17条の2(電源機能等喪失時の体制の整備)に基づく代替手段(送水ポンプ車等)により対応できることを確認した結果についてご説明する。 - なお、自主対策として貯留堰※を設置している。	開口径について、設計値である公称値(取水路：φ0.743m)を示すとともに、1号及び2号炉原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の取水機能に影響を及ぼさない設計確認値(下限値)の設定根拠をご説明する。
通常時の漂流物の閉塞による取放水機能への影響	通常時の1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能維持の観点で、取水路内に流入する可能性がある漂流物を選定し、漂流物の大きさや形状等から流路縮小工の閉塞の可能性についてご説明する。	漂流物の影響に関しては、3号炉設置変更許可からの漂流物の変更有無を踏まえ、取水機能が確保されていることをご説明する。

※1号及び2号炉の新規制基準適合性審査において基準適合性をご説明する。

表 1 流路縮小工に係る各審査段階の説明 (3 / 3)

項目	3号炉設置変更許可	3号炉工事計画認可
施設管理	保安規定に紐づく社内規程類で定める保安計画に基づき、定期的な放水による点検、清掃等を実施し、変状が確認された場合は、詳細な調査を行うことをご説明する。	3号炉設置変更許可の内容に基づき、保安規定に紐づく社内規程類で定める保安計画に基づき施設管理していくことをご説明する。
通常時に閉塞・閉固着した場合の異常の検知性について	通常時の1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能維持の観点で、流路縮小工が仮に閉塞した場合における検知の方法についてご説明する。また、検知後の対応として、中央制御室で異常を検知した後、保安規定に紐づく QMS 文書に基づき対応することをご説明する。	3号炉設置変更許可の内容に基づき、検知方法及び保安規定に紐づく QMS 文書に基づき対応することをご説明する。
流路縮小工の損傷モードを踏まえた設計	- 流路縮小工の各部位が損傷により要求機能を喪失しうる事象を抽出し、これに対する設計・施工上の配慮事項を示した上で、梁の追加によるアンカーボルトの増設・分散配置、強度を考慮した板厚の設定、構造補強を行うことで、構造成立性の確保は可能であることをご説明する。 - また、開口部付近において流速が高まりキャビテーションが発生する事象に対し、開口部にかかる大気圧を含む平均圧力等を保守的に設定した条件で評価を行い、キャビテーションの影響が無いことをご説明する。 - 砂礫や海生物(主に貝)によるすり減り事象に対して、十分な強度を有するスリーブ(鋼材)で設計を行うことをご説明する。	3号炉設置変更許可で示した方針、要目表に示す設計値を踏まえ、津波時及び重畳時における耐震計算書及び強度計算書にて十分な構造強度を有していることをご説明する。

1 号及び 2 号炉放水路逆流防止設備について

1. はじめに

1 号及び 2 号炉放水路逆流防止設備（以下「逆流防止設備」という。）は，1 号及び 2 号炉の放水路を遡上する津波に対して，1 号及び 2 号炉放水ピット立坑，1 号及び 2 号炉原子炉補機冷却海水放水ピット上端開口部並びに 1 号及び 2 号炉原子炉補機冷却海水配管破壊板から敷地への津波の流入を防止するために必要な設備であり，3 号炉新規規制基準適合性審査の中で津波防護施設として整理している。逆流防止設備の設置位置を図 1 に示す。



図 1 1 号及び 2 号炉放水路逆流防止設備の設置位置

2. 逆流防止設備の設置目的と構造概要

(1) 逆流防止設備の設置目的

逆流防止設備は，1 号及び 2 号炉の放水路から遡上する津波に対して，放水路内で逆流防止設備のフラップゲートが閉止することで，津波が 1 号及び 2 号炉放水ピット等から敷地へ流入するのを防止するために設置する。

(2) 逆流防止設備に対する要求事項

a. 逆流防止設備に求められる機能

逆流防止設備は，通常時及び外部電源喪失時において以下の機能が要求される。

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。

(a) 津波時における敷地への津波の流入防止

津波による放水路からの津波の遡上に対して、逆流防止設備のフラップゲートで流路を閉止すること（構造成立性*を含む）。

※逆流防止設備の構造成立性についての検討結果は参考3参照。

(b) プラント停止状態における1号及び2号炉の放水機能

逆流防止設備を設置しても、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態における、通常時及び外部電源喪失時の1号及び2号炉の放水機能に影響がないこと（原子炉補機冷却海水ポンプの放水機能維持）。

b. 逆流防止設備の許認可上の位置付けについて

(a) 逆流防止設備の設備分類について

逆流防止設備は、津波が放水ピット等から敷地へ流入するのを防止するための設備である。本設備は、土木構築物である防潮堤直下の放水路に設置し、放水路（4m×3.4m）の規模を踏まえて、津波防護施設として扱う。

(b) 逆流防止設備の耐震重要度及び安全重要度

○耐震重要度：耐震Sクラス

津波防護施設であることから、耐震Sクラスに該当する。

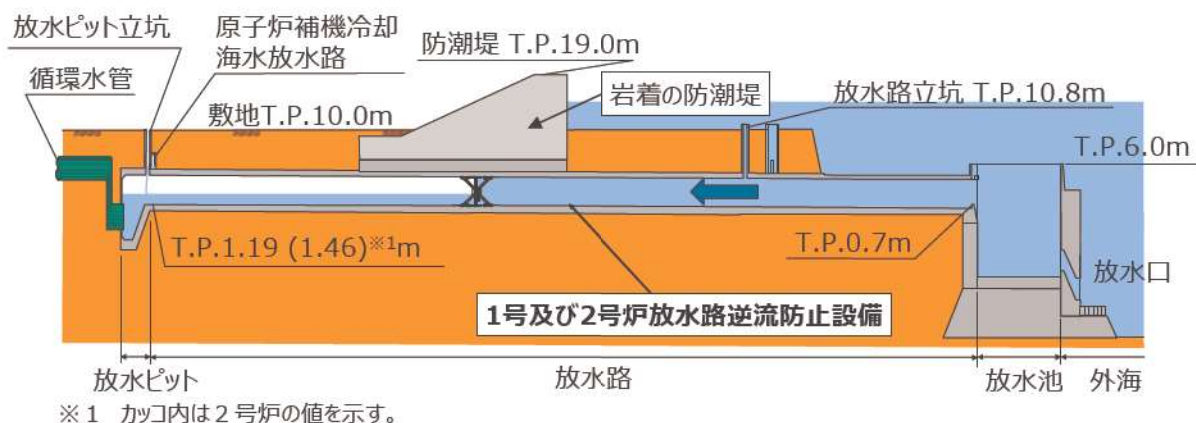
○安全重要度

- ・逆流防止設備は、津波が敷地へ流入することを防止し、重要な安全機能を有する設備を防護するために必要な設備であるため、津波防護施設として信頼性を確保した設計とする。
- ・他社先行審査実績でクラス1として設定している外部入力により動作する機構（駆動部）は設けない設計とする。
- ・津波防護施設の安全重要度に関する他社先行審査実績は、参考1参照。

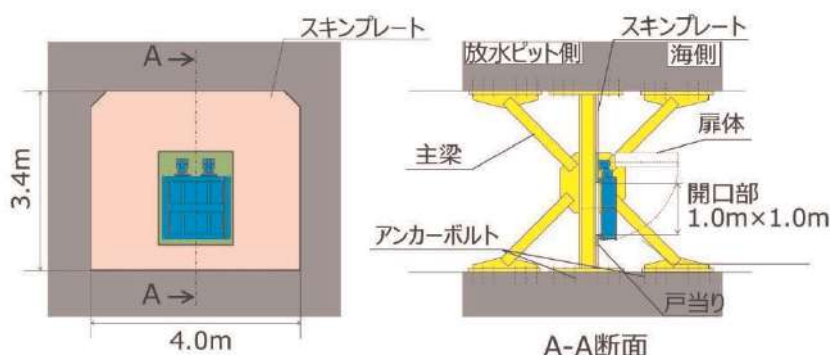
(3) 逆流防止設備の構造概要（図2参照）

逆流防止設備は、主梁、スキンプレート、フラップゲート及びアンカーボルトから構成する鋼製の構造物とし、岩着の防潮堤直下にある放水路内に設置する。逆流防止設備の設置は、放水路の底面及び天井面をアンカーボルトで固定する。

逆流防止設備には、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプの排水を放水するため、開口部（1.0m×1.0m、4口）を設けるとともに、津波時に流路を閉止するためのフラップゲートを開口部に設ける。



【1号及び2号炉放水系断面図】



【逆流防止設備拡大イメージ図】

図2 1号及び2号炉放水路逆流防止設備の構造例（水位は津波時のイメージ）

（4）逆流防止設備の最小開口寸法について

逆流防止設備は、1号及び2号炉放水路から敷地への津波の流入を防止することに加え、1号及び2号炉原子炉補機冷却海水系等からの排水の放水機能に影響を与えないことが求められる。

津波の流入防止の観点からは、逆流防止設備のフラップゲートが動作することにより津波の流入を防止することができる。一方で、通常時は、フラップゲートが設置されている開口部から排水されることから、開口部が小さくなると水路の損失水頭が増加し、放水機能に影響を与える。したがって、逆流防止設備の開口寸法について、1号及び2号炉原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水機能に影響を及ぼさない設計確認値（下限値）を検討する。

設計確認値（下限値）については、放水ピット立坑水位が原子炉補機冷却海水放水路下端高さを上回らない開口寸法を最小開口寸法（設計確認値（下限値））とした。最小開口寸法の検討に用いる指標高さは、1号炉と2号炉のうち、より低い高さにある1号炉の高さ（T.P. 5.29m）を使用した。逆流防止設備の開口寸法を変化させた際の放水ピット立坑水位と原子炉補機冷却海水放水路下端高さとの関係を図3のとおり整理し、放水機能に影響を及ぼさないため

に必要な開口寸法 $0.46\text{m} \times 0.46\text{m}$ に対し、余裕を考慮して最小開口寸法は $0.50\text{m} \times 0.50\text{m}$ とする。

上記を踏まえ、逆流防止設備の開口寸法については、最小開口寸法 ($0.50\text{m} \times 0.50\text{m}$) 以上である $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ と設定した。

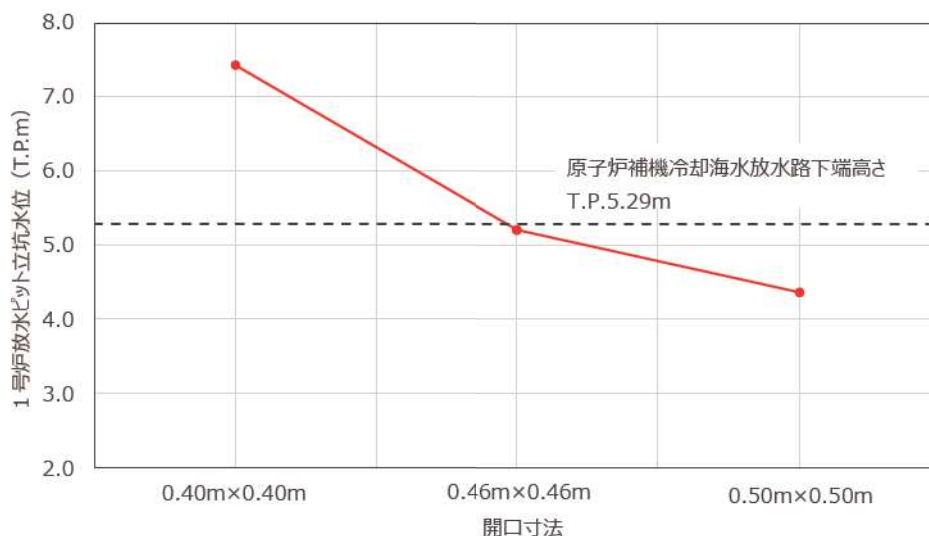


図3 開口寸法を変化させた際の放水ピット立坑水位と原子炉補機冷却海水放水路下端高さとの関係

(5) 砂移動及び洗堀土砂による閉機能への影響について

逆流防止設備のフラップゲート下端高さは、図4に示すとおり、放水路底面より約 0.6m 高い位置に設置することから、津波による砂移動に伴い逆流防止設備前面に砂が堆積した場合にも、砂の堆積高さがフラップゲート下端高さまで到達し、逆流防止設備の閉機能を阻害することは考えにくい。また、1号及び2号炉放水路の防潮堤より海側には、放水路内へのアクセス用に立坑開口部を設置しているが、立坑開口部周辺はコンクリート舗装されており、津波による洗堀土砂が放水路立坑開口部から放水路内に流入することはない。

以上より、津波による砂移動及び洗堀土砂が逆流防止設備の閉機能に影響を及ぼすことはない。

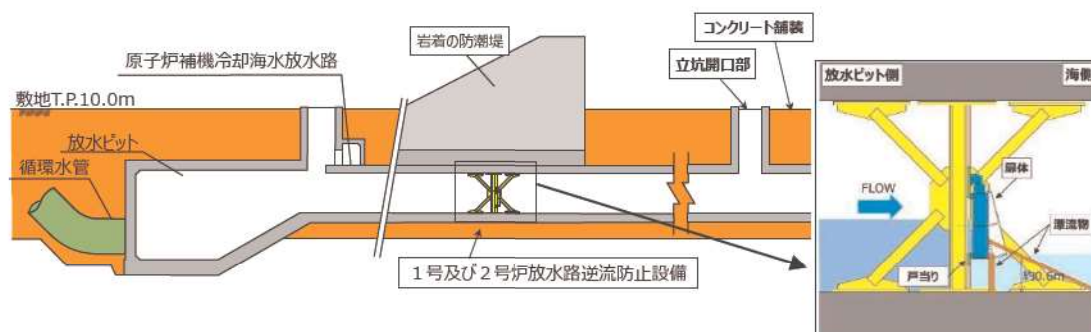


図4 1号及び2号炉放水路逆流防止設備の設置イメージ図

(6) 漂流物による開閉機能への影響について

漂流物の影響により機能を喪失しうる事象として、通常時（津波時以外）の開機能喪失（放水機能喪失）及び津波時の閉機能喪失（津波防護機能喪失）が想定される。それぞれの影響について評価した結果を以下に示す。

a. 通常時（津波時以外）の開機能（放水機能）への影響について

漂流物の影響により機能を喪失しうる事象として、表1に示すとおり、通常時に放水路内に漂流物が流入し、逆流防止設備のフラップゲートを構成する扉体と放水路躯体の間に堆積した漂流物が引掛り、フラップゲートの開機能を喪失することが想定される。しかしながら、通常時においては、海水面であるT.P. 0.41m（朔望平均満潮位 T.P. 0.26m に潮位のばらつき（0.14m）及び潮位差（0.01m）を考慮）と放水池側壁高さのT.P. 6.0mの関係から、港湾外の海水面に浮遊する漂流物が放水池を経て放水路内に入ることにはない。また、放水路内の水位差により放水ピット側から海側（放水池側）へ海水（系統水）による水流が生じるため、放水池から水流に逆らって漂流物が放水路内に流入することにはない。表2に通常時における漂流物の挙動を示す。

表1 漂流物により想定される機能喪失要因（通常時（津波時以外））

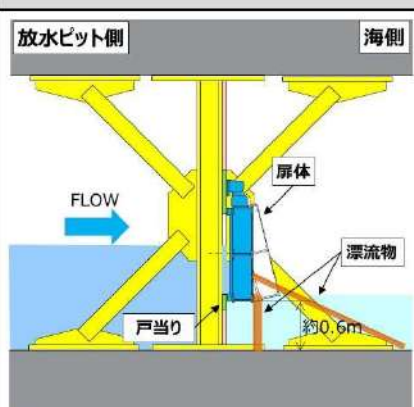
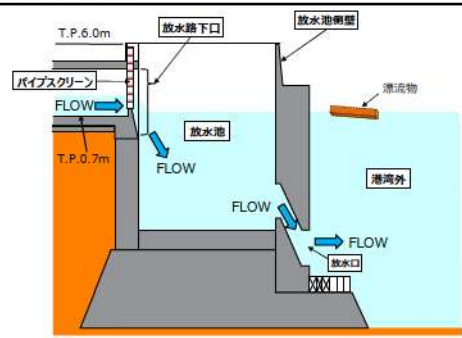
状況	要求機能	漂流物により想定される機能喪失要因	概要図
通常時 (津波時以外)	開機能 (放水機能)	逆流防止設備のフラップゲートを構成する扉体と放水路躯体の間に堆積した漂流物が引掛り、フラップゲートの開機能を喪失（放水機能を喪失）する。	

表2 想定される漂流物の挙動（通常時（津波時以外））

想定される漂流物の挙動	
通常時（津波時以外）においては、港湾外の海水面に浮遊する漂流物が放水池側壁を乗り越えて放水池を経て放水路内に入ることにはない。また、放水路内の水位差により放水ピット側から海側（放水池側）へ海水（系統水）による水流が生じるため、放水池から水流に逆らって漂流物が放水路内に流入することにはない。	

b. 津波時の閉機能（津波防護機能）への影響について

（a）津波時の漂流物の選定について

図5及び図6に示す通り、1号及び2号炉放水路下口（放水面積：3.0m×4.0m、4口）がある1号及び2号炉放水池は、3号炉取水口と同じ発電所の港湾内に位置し、3号炉取水口と放水路下口との離隔は約580m程度であるため、1号及び2号炉放水路内に設置する逆流防止設備の閉機能を喪失させる可能性の検討において考慮すべき漂流物は、3号炉取水口が閉塞する可能性で考慮した漂流物と同様と考える。

「別添資料1 2.5.2 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」において、上記と同様に3号炉取水口が閉塞する可能性を評価しており、3号炉取水口に到達する可能性がある施設・設備として、発電所敷地内からは、がれき化した壁材等（茶津守衛所本館、守衛所待機所、堀株守衛所待機所、守衛所立哨ボックス及び越波排水路門扉立哨ボックス）、がれき化した資機材・ウェイト等、モニタリングポスト検出器（カバー等）及び魚類迷込防止網等を考慮し、発電所敷地外からは、がれき化した発電所復水冷却器水放流孔表示ブイ、航路標識ブイ、漁業権消滅区域表示ブイ、漁業制限区域表示ブイ、波高計・流向流速計、養殖施設、標識ブイ等を考慮したが、3号炉取水口の取水面積との比較や形状、水面を浮遊することから、いずれも3号炉取水口を閉塞することはないと評価している。

3号炉取水口が閉塞する可能性で考慮した漂流物のうち漂流はせずに滑動するものについては放水池上部から入る可能性は低く、仮に放水池に入った場合においても比重が大きいことから放水池底部に留まることから1号及び2号炉放水路下口に到達することはない。一方、漂流するものについては到達する可能性がある。



図5 1号及び2号炉放水路下口と3号炉取水口の位置関係

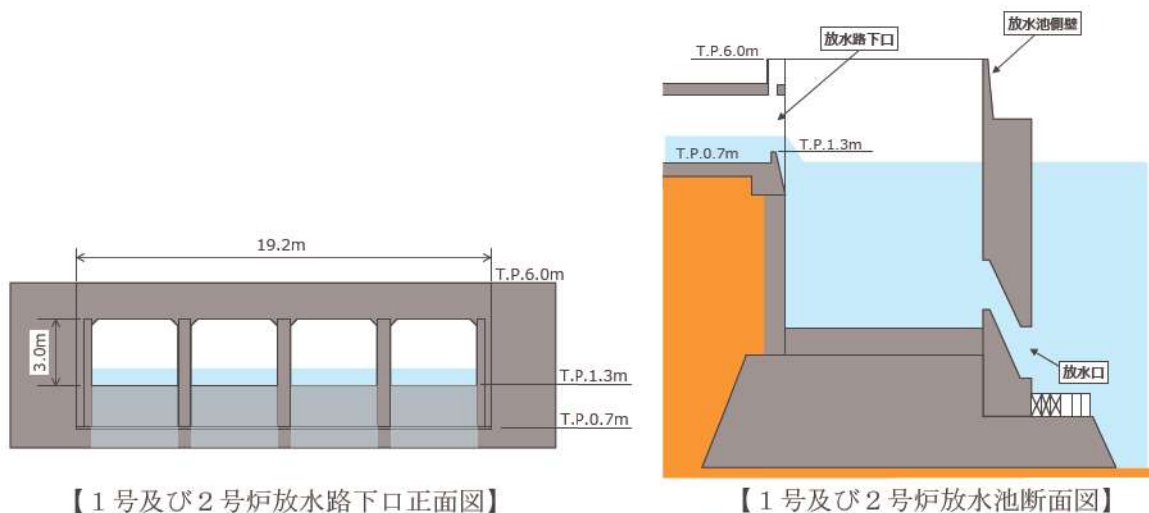


図6 1号及び2号炉放水路下口概要図

(b) 閉機能（津波防護機能）への影響について

漂流物の影響により機能を喪失しうる事象として、表3に示すとおり、津波来襲時に放水路内に漂流物が流入し、逆流防止設備のフラップゲートを構成する扉体と放水路躯体の間に堆積した漂流物が挟まり、フラップゲートの閉機能を喪失することが想定される。

表3 漂流物により想定される機能喪失要因

状況	要求機能	漂流物により想定される機能喪失要因	概要図
津波来襲時	閉機能 (津波防護機能)	逆流防止設備のフラップゲートを構成する扉体と戸当りの間に堆積した漂流物が挟まり、フラップゲートの閉機能を喪失（津波防護機能を喪失）する。	

津波来襲時の第1波の押し波時においては、1号及び2号炉放水路下口（3.0m×4.0m）は、放水池の側壁よりも低い位置に接続されていることから、放水池の側壁を超えて漂流物が放水池内に入るときには放水路は水没しており、既にフラップゲートは閉止している。

第1波の押し波によって漂流物が放水路に入ることはないが、放水池天端より水位が上昇した後、引き波に転じ、放水池天端から漂流物が放水池に入ることが考えられる。漂流物が放水池に入り、残存した場合は、第2波の押

し波によって放水池に残存する漂流物が放水路下口から流入する可能性がある。ただし、第2波の押し波では、放水池内の水位が上昇し上向きの流れが支配的となると考えられ、放水路へ流入する方向へは流れずらいことから、漂流物が放水路に流入する可能性は低い。仮に放水池の水位上昇に伴い、放水路へ流入した場合においても漂流物が逆流防止設備に到達する前に、逆流防止設備のフラップゲートは閉止すると考えられる。津波来襲時の漂流物の挙動を表4に示す。

以上より、逆流防止設備が漂流物により開閉機能を喪失する可能性はない。なお、放水路下口には図7に示すように自主的にパイプスクリーンを設置するため、大きな漂流物の流入は防止される。また、パイプスクリーンは地震等により損傷する可能性はあるが、鋼材であり、仮に損傷するようなことがあっても、漂流物化することや大きな開口が生じることは考えにくい。

表4 想定される漂流物の挙動（津波来襲時）（1／2）

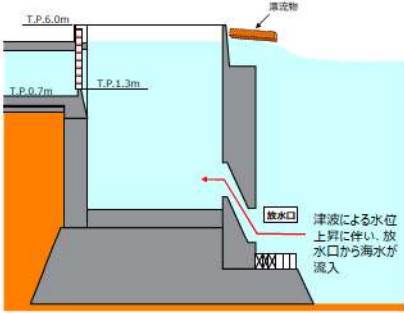
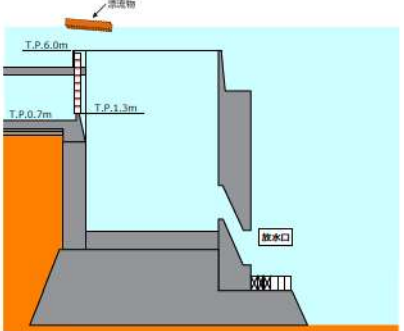
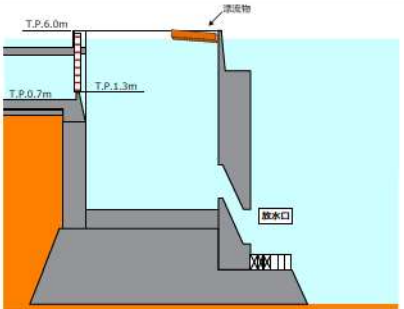
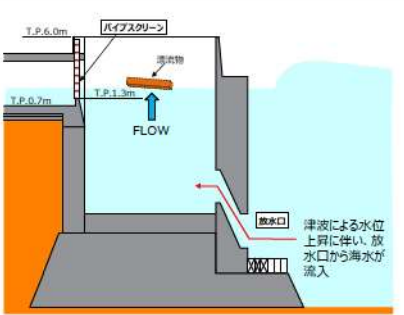
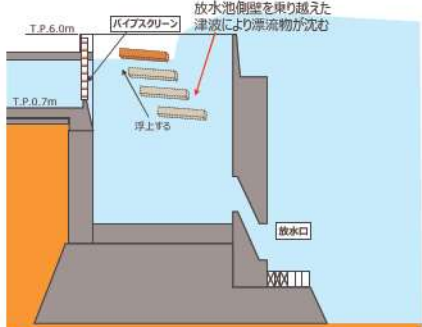
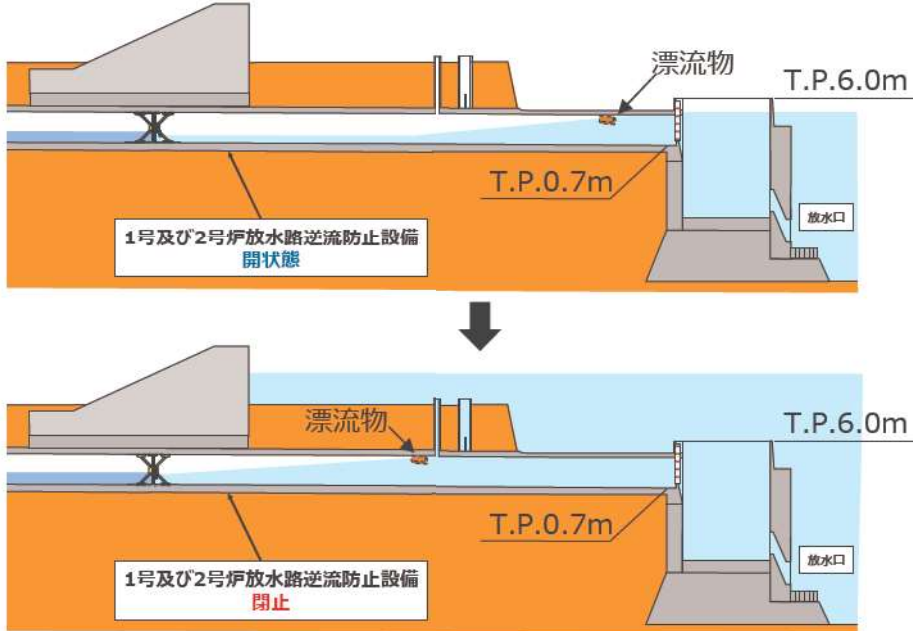
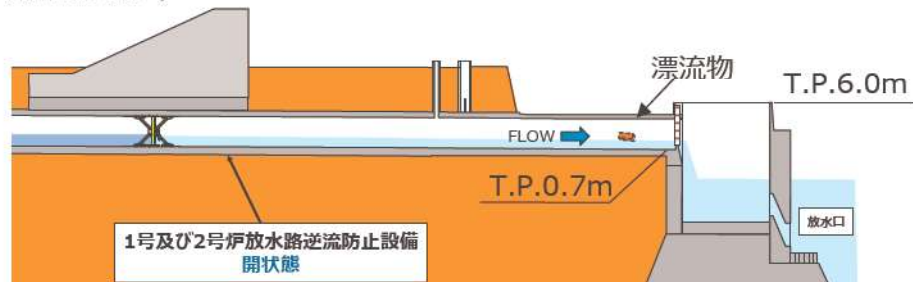
No.	想定される漂流物の挙動	
1-1	【押し波第1波】 津波による水位上昇に伴い海水が放水池に流入するが、漂流物が放水池の側壁を超える際には既に放水路は水没しており、フラップゲートは閉止している。	
1-2	【押し波第1波】 更に水位上昇した場合は、放水池天端以上の水位で漂流物が浮遊する。	
1-3	【引き波】 引き波に転じると、放水池天端以上の水位で浮遊していた漂流物が水位の低下に伴い、放水池に入る可能性がある。	
1-4	【押し波第2波】 第2波の押し波では、海中の放水口からの津波の流入により、放水池の水位が上昇する。このとき上向きの流れが支配的となると考えられ、放水池に残存した漂流物は、放水路へ流入する方向へは流れにくい。また、放水路下口に設置するパイプスクリーンにより流入は抑制される。	

表4 想定される漂流物の挙動（津波来襲時）（2／2）

No.	想定される漂流物の挙動
1-5	【押し波第2波】 放水池側壁を乗り越えた津波により放水池内の漂流物が沈められてとしても、浮力によって、水面まで上昇することから放水路へは流入しない。 
1-6	【押し波第2波】 No. 1-5 までの想定において、放水路へ漂流物は流入しにくい構造であると考えられるが、仮に比較的小さな漂流物が放水路へ流入した場合を想定しても、漂流物は浮遊していることから逆流防止設備に到達する前に、逆流防止設備のフラップゲートは閉止すると考えられる。 
1-7	【押し波第2波以降】 泊発電所の津波の特性を踏まえると、押し波の第2波以降は、第2波と第3波、第3波と第4波の間の時間が空くことから、放水路に流入した漂流物は放水池側へ流れていくと考えられ、放水路内（逆流防止設備付近）に残存した状態で次の押し波が到達する可能性は低い。 

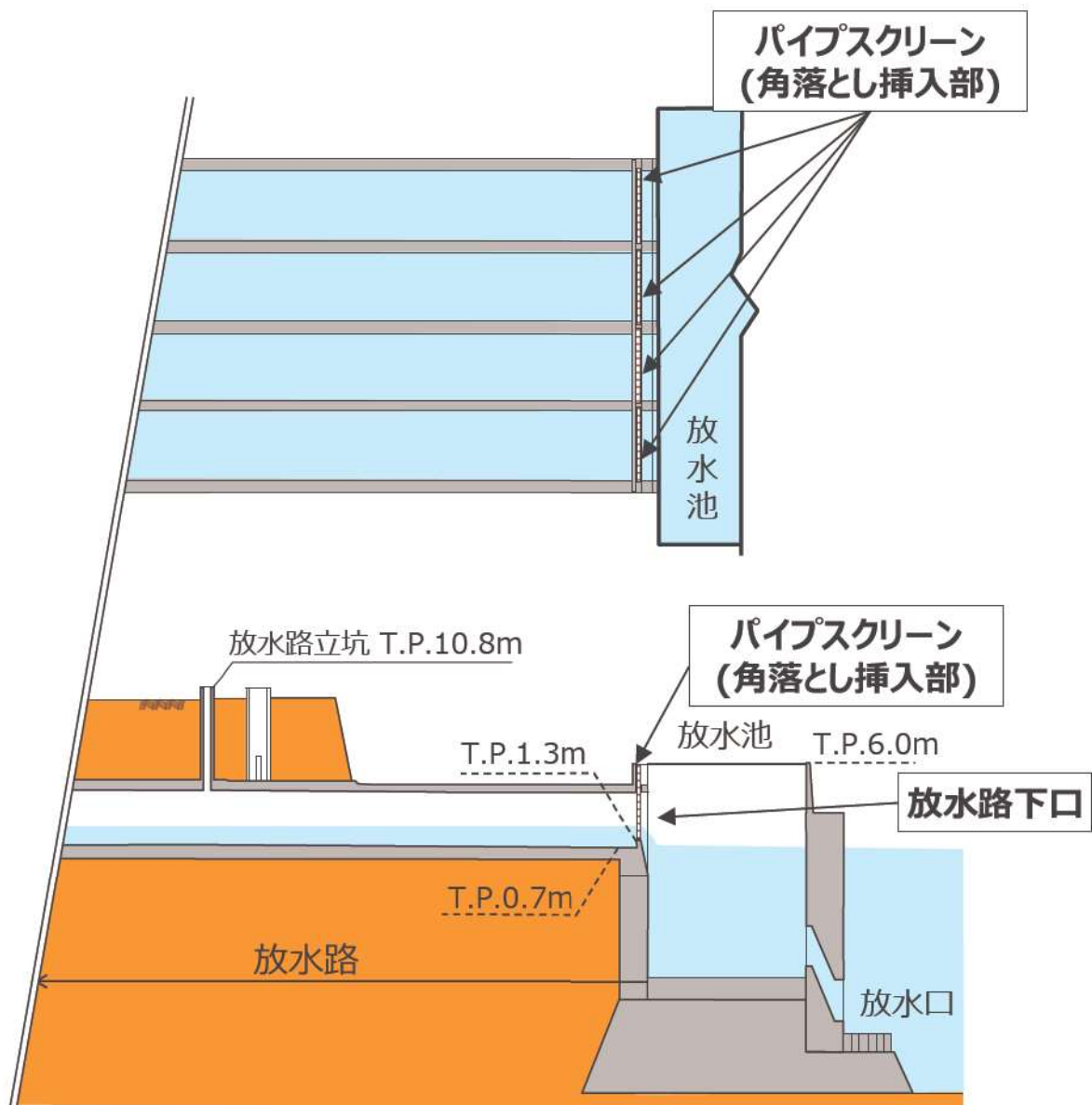


図7 パイプスクリーン計画

(7) 海生生物による閉機能への影響について

1号及び2号炉の放水路について、現在プラント停止状態で循環水ポンプは停止中（逆流防止設備が運用される条件と同様）であり、1号及び2号炉の放水路の至近の定期点検（2023年2月）時における調査結果では、前回定期点検（2021年2月）後からの新たな貝等の付着は確認されていない（写真1参照）。

また、1号及び2号炉の放水路に設置する逆流防止設備の開口部は1.0m×1.0mであり、水路の断面縮小に伴い逆流防止設備の開口部の流速が増大するため、逆流防止設備設置前より海生生物が付着しにくい環境となる（添付資料31 参考5 参照）。

さらに、循環水ポンプ停止中において放水路内を流下する海水は、主として原子炉補機冷却海水であり、原子炉補機冷却海水系には海生生物の成長による機器

の閉塞を防ぐ目的で、地元との安全協定の範囲内で次亜塩素酸ナトリウムを注入しており、海生生物の成長が抑制された水質環境となっている。

加えて、放水路の定期的な点検と清掃については逆流防止設備設置後も継続して実施され、点検、清掃範囲に変更はないことから、海生生物が仮に滞留部等に堆積が確認されたとしても定期的に除去される。

以上より、海生生物の付着による逆流防止設備の閉機能への影響はない。



2023 年 2 月点検時の写真



(参考：新たな貝が付着した状態)
2012 年定検時の除貝前の壁面写真
※循環水ポンプ停止運用前
黒色部分は全て貝



2023 年 2 月点検時の写真（壁面拡大）
新たな貝の付着なし

写真 1 1 号炉放水路の貝付着状況

(8) 通常時に逆流防止設備が開固着する可能性と異常の検知性について

逆流防止設備は3号炉の津波防護施設として、津波による放水路からの津波の遡上に対し、敷地への津波の流入防止の観点で、フラップゲートが確実に動作する必要があることから、通常時に健全な状態を維持することが求められる。通常時に開固着が発生する可能性について検討し、通常時に逆流防止設備が開固着した場合の検知性について整理した。

(7)に記載の通り、前回点検からの新たな貝等の海生生物は確認されておらず、逆流防止設備の戸当たり部等に貝等が付着し、フラップゲートの閉機能が阻害されることがや摺動部が固着することは考えにくい。

また、フラップゲートは水路を流れる海水の流量によって開閉する構造であり、一定の開度に固定して使用する構造ではなく、流量の変化や波立ち等によって開度が適宜変わるため、焼き付き等の要因で固着することも考えにくい。

さらに、フラップゲートの回転中心となるリンクピンの位置は、水路よりも上部に位置しており、海水中に水没していないことから、急激な腐食等による固着の可能性も考えにくい。

この他にも通常時に逆流防止設備の津波防護機能が喪失しうる事象として、参考4に示した通り、摺動部の経年劣化、流水による開口部のすりへり、砂の堆積等が考えられるが、これらの事象の進展速度は非常に緩やかであることに加え、逆流防止設備は十分な強度を有するよう設計上の考慮を行うことから、定期的な放水による直接的な設備点検や清掃を行うことで設備の維持管理が可能であり、通常時にこれらの要因による異常発生の可能性は考えにくい。

以上を踏まえ、逆流防止設備が通常時に開固着する可能性は低いと評価する。なお、3号炉の津波防護施設として、津波時に確実に動作することが求められることから、図8に示すように、防潮堤外側の点検口から定期的にカメラを挿入し、水流によって動作するフラップゲートの状況から、フラップゲートの軸が固着していないことを確認する。異常が確認された場合、閉塞側の放水路を隔離、放水し、補修を行うことで固着事象への対応を行う。対応手順は保安規定に紐づく品質マネジメントシステム文書（以下「QMS文書」という。）に定める。

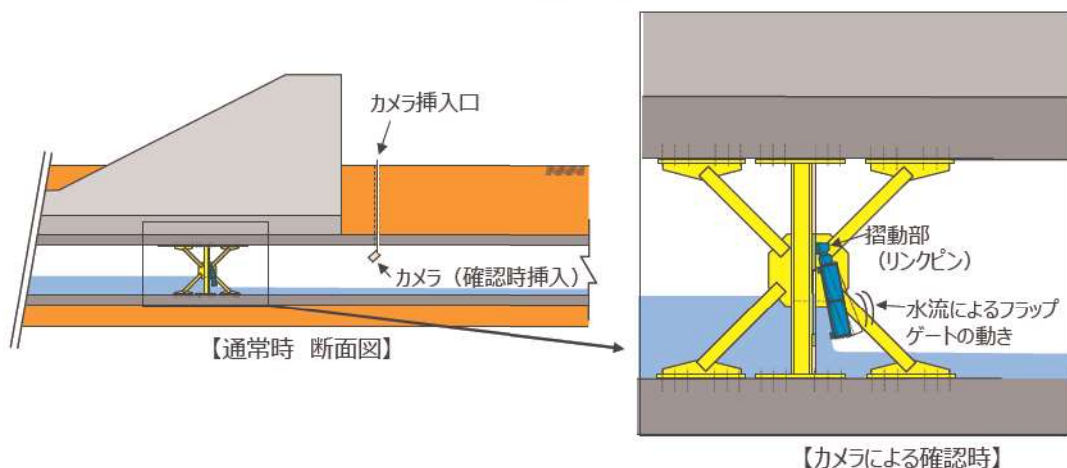


図8 フラップゲートのカメラによる確認のイメージ図

3. 逆流防止設備設置による1号及び2号炉への影響について

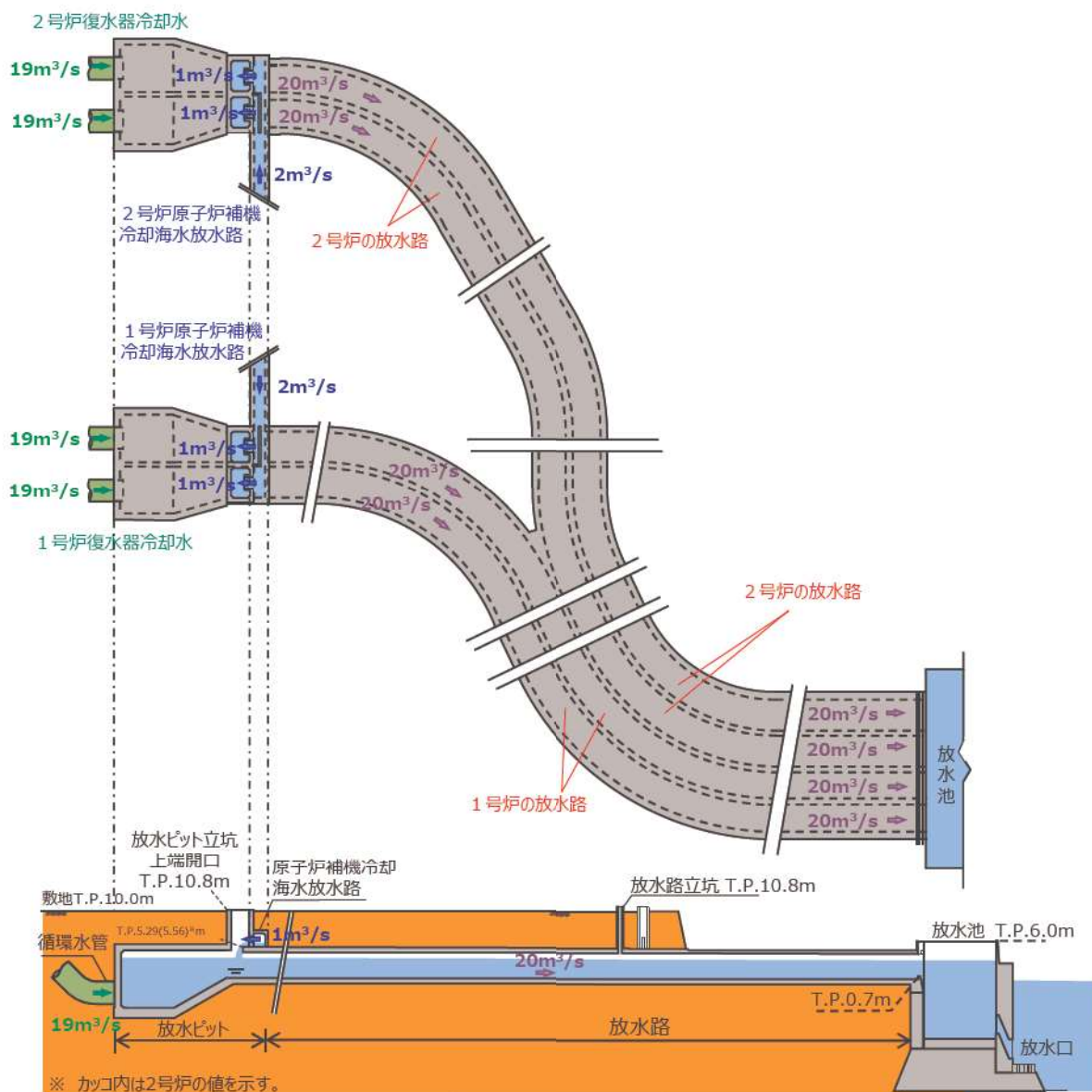
(1) 既設設備が有する機能と役割について

逆流防止設備設置による既設設備への影響を評価するに当たり、1号及び2号炉放水路に係る既設設備の本来有する機能と役割を、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止を前提として整理した。

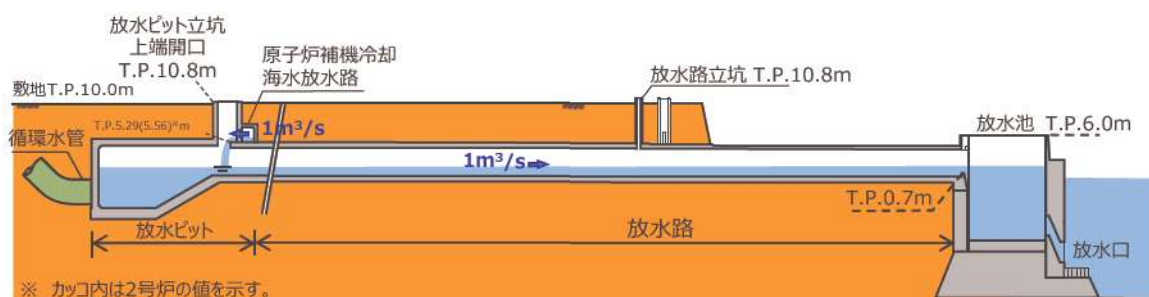
a. 放水路

(a) 機能と役割

放水路は、タービン駆動蒸気と熱交換された復水器冷却水、原子炉補機冷却水冷却器等と熱交換された原子炉補機冷却海水、温水ピット排水等のその他の排水を放水ピットから放水池まで導くための水路であり、1号及び2号炉それぞれ2条ずつ（計4条）設置している。放水路は、図9に示す通り、各号炉 $40\text{m}^3/\text{s}$ （復水器冷却水として約 $38\text{m}^3/\text{s}$ 、原子炉補機冷却海水として約 $2\text{m}^3/\text{s}$ ）、1条あたり $20\text{m}^3/\text{s}$ （復水器冷却水として約 $19\text{m}^3/\text{s}$ 、原子炉補機冷却海水として約 $1\text{m}^3/\text{s}$ ）が通水可能な設計としている。なお、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止中においては、放水路内に復水器冷却水が流れないため、原子炉補機冷却海水及び温水ピット排水等のその他の排水のみが流れる。



【循環水ポンプ運転時の水位及び流量】



【循環水ポンプ停止時の水位及び流量】

図9 1号及び2号炉放水系概要

(b) 放水路の耐震重要度及び安全重要度

○耐震重要度：耐震 S クラスの間接支持構造物

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

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

○安全重要度

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

【プラント通常運転状態の安全重要度：PS-3】

放水路は、重要度分類審査指針において、「異常事態の起因事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構築物、系統及び機器」のうち、当該系の循環水系（PS-3）の間接関連系として PS-3 に該当する。

b. 原子炉補機冷却海水ポンプ

(a) 機能と役割

原子炉補機冷却海水ポンプは、通常時及び外部電源喪失時において、安全上重要な機器である原子炉補機冷却水冷却器、ディーゼル発電機及び空調用冷凍機に海水を供給し、最終的な熱の逃がし場である海へ熱を輸送するための取水機能を有する。原子炉補機冷却海水ポンプにより取水ピットから取水され各冷却器を通して熱交換された海水は、原子炉補機冷却海水放水路を通して放水ピットへ放水される。

1 号及び 2 号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止を前提とした場合においても、使用済燃料ピットの冷却、空調用冷凍機の冷却機能の維持が必要であり、外部電源喪失時にはこれらに加えてディーゼル発電機の冷却が必要となる。これらの補機類の冷却のために、原子炉補機冷却海水ポンプの運転維持が求められる。表 5 にプラント停止状態において必要となる原子炉補機冷却海水ポンプの台数及び流量を示す。

原子炉補機冷却海水ポンプは号炉毎に 4 台が設置されており、通常時は各取水路で 1 台の合計 2 台運転であることから、約 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ [$(1,900\text{m}^3/\text{h} \div 0.5\text{m}^3/\text{s}) \times 2$ 台] の海水が原子炉補機冷却海水放水路を通し、放水ピットへ放水される。

プラント停止状態の原子炉補機冷却海水ポンプ運転台数と放水路の流量について、下記及び表 6 にまとめる。

① 通常時

放水路の両トレンで海水を通水している場合、原子炉補機冷却海水ポンプ 2 台分の流量の海水 ($1.0\text{m}^3/\text{s}=0.5\text{m}^3/\text{s}\times 2$ 台) が原子炉補機冷却海水放水路を通して放水ピットへ放水され、各トレンには $0.5\text{m}^3/\text{s}$ の海水が通水される。

放水路の片トレンが定期点検により隔離されており、もう片方のトレンで海水を通水している場合、原子炉補機冷却海水ポンプ 2 台分の流量の海水 ($1.0\text{m}^3/\text{s}=0.5\text{m}^3/\text{s}\times 2$ 台) が原子炉補機冷却海水放水路を通して片方のトレンに通水される。

② 外部電源喪失時

放水路の両トレンで海水を通水している際に外部電源喪失が発生した場合、ブラックアウトシーケンスが作動し一時的に原子炉補機冷却海水ポンプ全台 (4 台) が運転するため、 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ ($2.0\text{m}^3/\text{s}=0.5\text{m}^3/\text{s}\times 4$ 台) の海水が原子炉補機冷却海水放水路を通して放水ピットへ放水され、各トレンには $1\text{m}^3/\text{s}$ の海水が通水される。

放水路の片トレンが定期点検により隔離されており、もう片方のトレンで海水を通水している際に外部電源喪失が発生した場合、ブラックアウトシーケンスが作動するが、放水路の点検時には取水路も合わせて点検しているため、原子炉補機冷却海水ポンプの運転台数は最大 2 台から変更なく、各トレンには通常時と同様に $1\text{m}^3/\text{s}$ の海水が通水される。

表5 プラント停止状態^{※1}で必要となる海水系ポンプ（1号炉^{※2}の例）

ポンプ名称	ポンプ台数	流量	用途
原子炉補機冷却海水ポンプ	2台	1,900 m ³ /(h・台) (≒0.5m ³ /(s・台))	・ 使用済燃料ピットの冷却 ・ 空調用冷凍機の冷却 ・ 外部電源喪失時のディーゼル発電機の冷却

※1 循環水ポンプ停止を前提

※2 2号炉も同じ

表6 プラント停止状態^{※1}の原子炉補機冷却海水ポンプ運転台数と放水路流量

プラント状態	放水路の状態	項目	1号炉		2号炉		平面図
			1A	1B	2A	2B	
通常時	両トレン通水時	ポンプ運転台数	1台	1台	1台	1台	図10
		流量	0.5 m ³ /s	0.5 m ³ /s	0.5 m ³ /s	0.5 m ³ /s	
	片トレン通水時 ^{※3}	ポンプ運転台数	2台	0台	1台	1台	図11
		流量	1.0 m ³ /s	0 m ³ /s	0.5 m ³ /s	0.5 m ³ /s	
外部電源喪失時	両トレン通水時	ポンプ運転台数	2台 ^{※2}	2台 ^{※2}	2台 ^{※2}	2台 ^{※2}	図12
		流量	1.0 m ³ /s	1.0 m ³ /s	1.0 m ³ /s	1.0 m ³ /s	
	片トレン通水時 ^{※3}	ポンプ運転台数	2台	0台	2台 ^{※2}	2台 ^{※2}	図13
		流量	1.0 m ³ /s	0 m ³ /s	1.0 m ³ /s	1.0 m ³ /s	

※1 循環水ポンプ停止を前提

※2 外部電源喪失により、ブラックアウトシーケンスが作動した時の台数と流量であり、ブラックアウト信号のリセット後は各1台運転となる。

※3 放水路の点検として、1号炉のBトレンを放水した状態を記載。他号炉及び他トレンを放水した場合は、当該水路の流量が0m³/sとなる。なお、放水路を点検している際は取水路も同時に点検している。

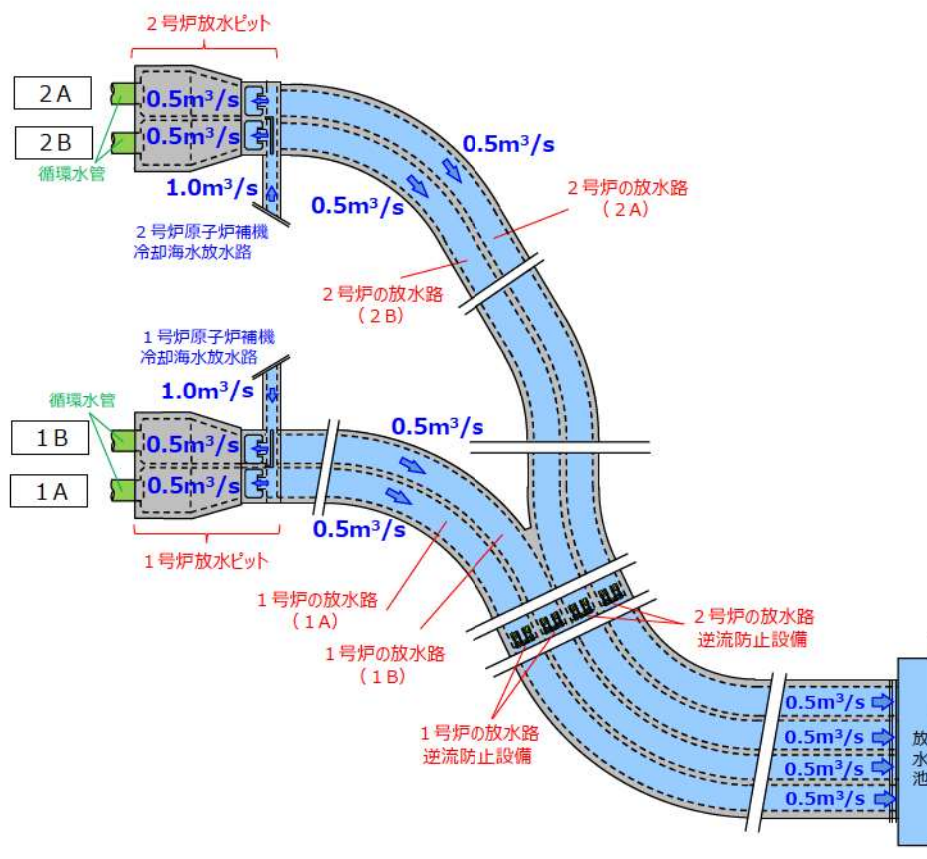


図 10 放水路の流量を示す平面図
(プラント状態：通常時，放水路の状態：両トレン通水時)

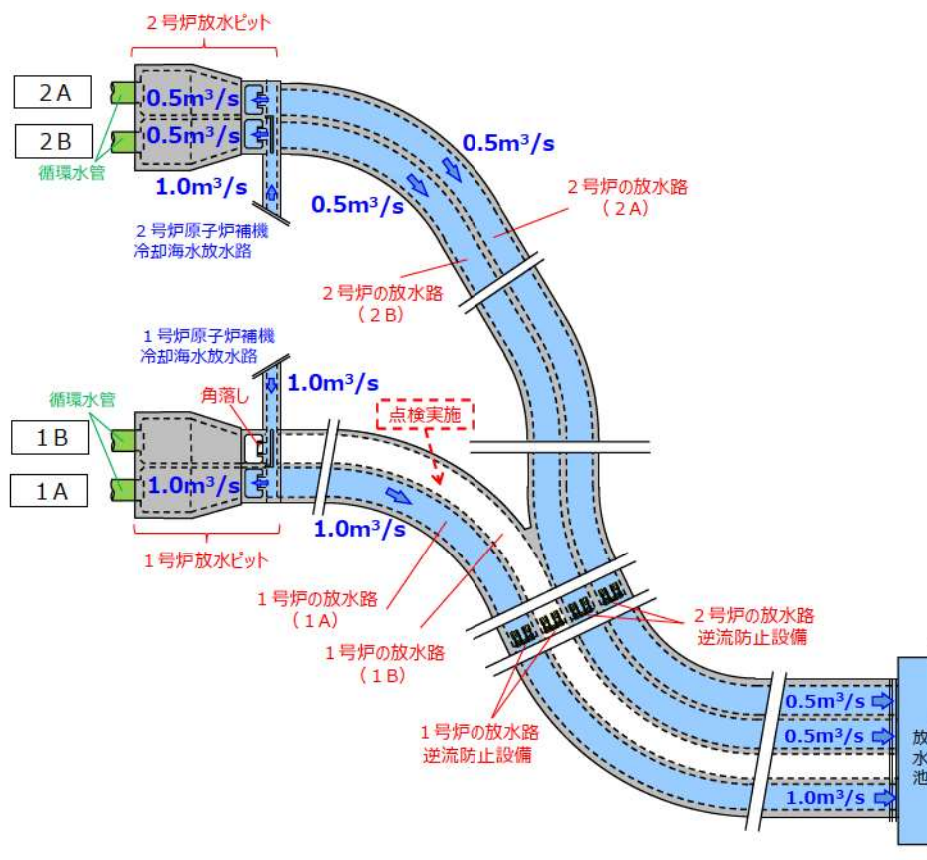


図 11 放水路の流量を示す平面図
(プラント状態：通常時，放水路の状態：片トレン通水時)

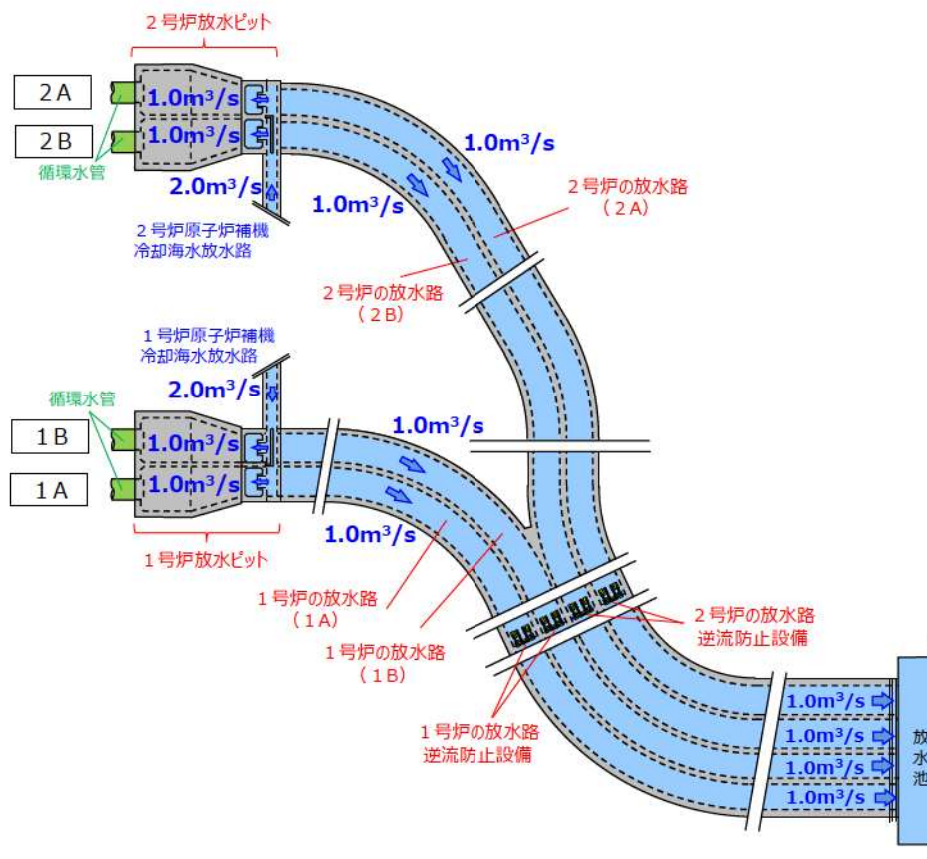


図 12 放水路の流量を示す平面図

(プラント状態：外部電源喪失時，放水路の状態：両トレン通水時)

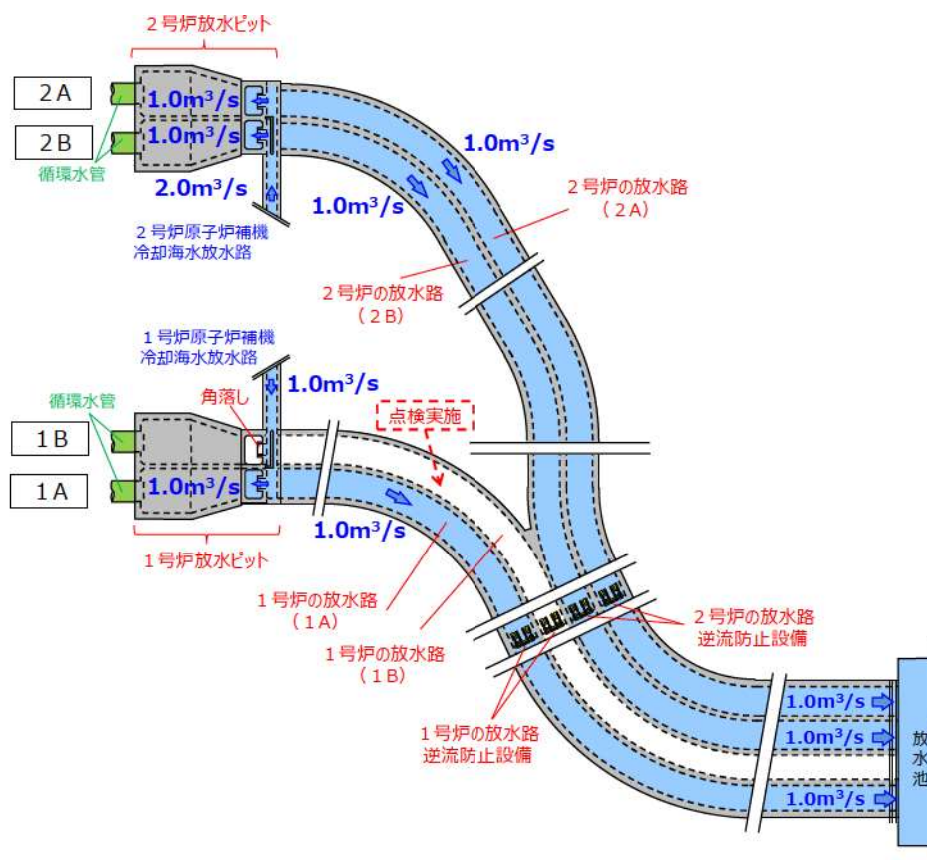


図 13 放水路の流量を示す平面図

(プラント状態：外部電源喪失時，放水路の状態：片トレン通水時)

(b) 原子炉補機冷却海水ポンプの耐震重要度及び安全重要度

○耐震重要度：耐震 S クラス

3号炉新規制基準適合性審査において、1号及び2号炉の設備である1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプに耐震要求はないが、1号及び2号炉建設時においては、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプは、原子炉停止後、炉心からの崩壊熱を除去するための設備のため、耐震 S クラスに該当する。

○安全重要度

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

【プラント通常運転状態の安全重要度：MS－1】

原子炉補機冷却海水ポンプは、重要度分類審査指針において、「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」のうち、当該系としてMS－1に該当する。

(2) 逆流防止設備設置により既設設備が有する機能に与える影響

(1) に記載した既設設備が有する機能と役割を踏まえ、逆流防止設備設置により 1 号及び 2 号炉の放水機能に与える影響を以下の通り整理した。

a. 原子炉補機冷却海水ポンプの通常時の放水性評価

通常時及び外部電源喪失時において、放水路への逆流防止設備設置により、逆流防止設備が堰となることから、1 号及び 2 号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態における原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水ピット立坑水位が上昇するため、通常時の 1 号及び 2 号炉の放水機能へ与える影響について評価した。評価においては、表 5 で示した原子炉補機冷却海水ポンプの運転台数のケーススタディから、最大流量である $1.0\text{ m}^3/\text{s}$ を評価条件として設定した。

参考 2 に示す通り、逆流防止設備の設置により、放水ピット立坑の水深が約 1.5 m となることから、逆流防止設備設置前の水深 0.29 m から、 1.21 m 上昇する。そのため、放水ピット立坑水位は逆流防止設備設置前の T.P. 1.48 m (2 号炉は T.P. 1.75 m) から逆流防止設備設置後は T.P. 2.69 m (2 号炉は T.P. 2.96 m) に上昇するものの、原子炉補機冷却海水放水路下端高さ T.P. 5.29 m (2 号炉は T.P. 5.56 m) に比べ放水ピット立坑水位は T.P. 2.69 m (2 号炉は T.P. 2.96 m) であり十分低いことから、原子炉補機冷却海水ポンプの放水機能への影響はない (表 7, 図 14 参照)。

表 7 逆流防止設備設置による 1 号及び 2 号炉の放水機能への影響

逆流防止設備	流量 (m^3/s)	通水面積 ^{※2} (m^2)	流速 (m/s)	放水ピット立坑 水位 ^{※5} (m)	放水ピット立坑 天端高さ (m)	原子炉補機冷却海水 放水路下端高さ (m)
設置前	$1.0^{\text{※1}}$	1.124	$0.89^{\text{※3}}$	T.P. 1.48 (T.P. 1.75) ^{※6}	T.P. 10.8	T.P. 5.29 (T.P. 5.56) ^{※6}
設置後		0.75 ($1.0\text{ m} \times 1.0\text{ m} \times 1$ 条)	$1.33^{\text{※3※4}}$	T.P. 2.69 (T.P. 2.96) ^{※6}		

※1 放水路は号炉あたり 2 条設置されており、原子炉補機冷却海水ポンプ ($1,900\text{ m}^3/\text{h} \div 0.5\text{ m}^3/\text{s}$) 2 台分の流量が放水路 1 条に流れるため、放水路 1 条あたりの流量は $0.5\text{ m}^3/\text{s} \times 2$ 台 $= 1.0\text{ m}^3/\text{s}$ となる。

※2 通常時には放水路は満管状態ではないため、通常時の水位を考慮した面積。

※3 「建設省河川砂防基準(案)同解説 設計編[I]」で定める一般的な設計流速 (常時 $2 \sim 5\text{ m}/\text{s}$ 程度) より小さいことから、通水性に問題はない。

※4 逆流防止設備の流速

※5 逆流防止設備の開口高さ、越流水深を考慮 (「参考 2」図 1 参照)。

※6 カッコ内は 2 号炉の値を示す。

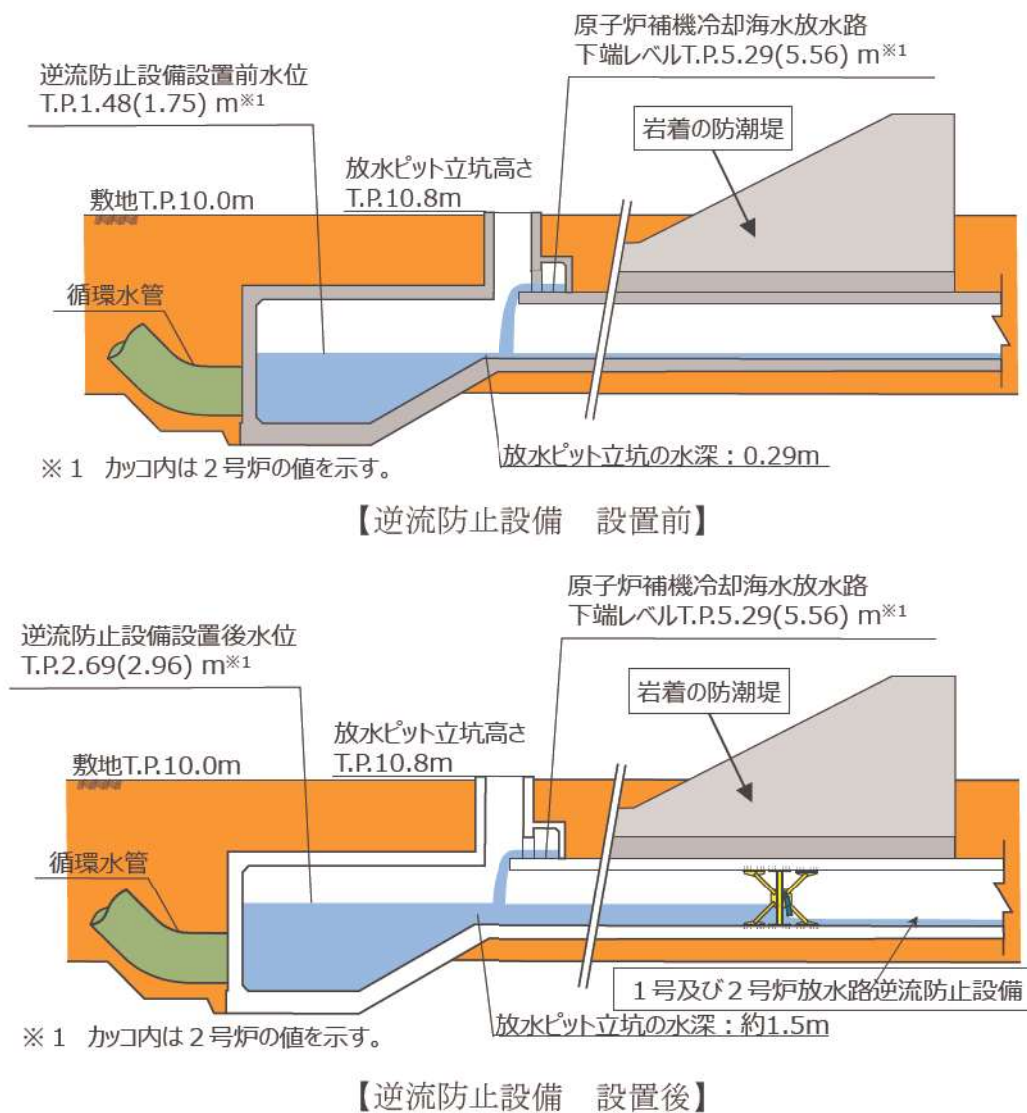


図 14 逆流防止設備設置前後の放水ピット水位

b. 海生生物の付着による海水ポンプの放水機能への影響

2項(7)に記載の通り、逆流防止設備は海生生物が付着しにくい環境であり、加えて、放水路の定期的な点検と清掃については逆流防止設備設置後も継続して実施され、点検、清掃範囲に変更はないことから、海生生物が仮に滞留部等に堆積が確認されたとしても定期的に除去される。

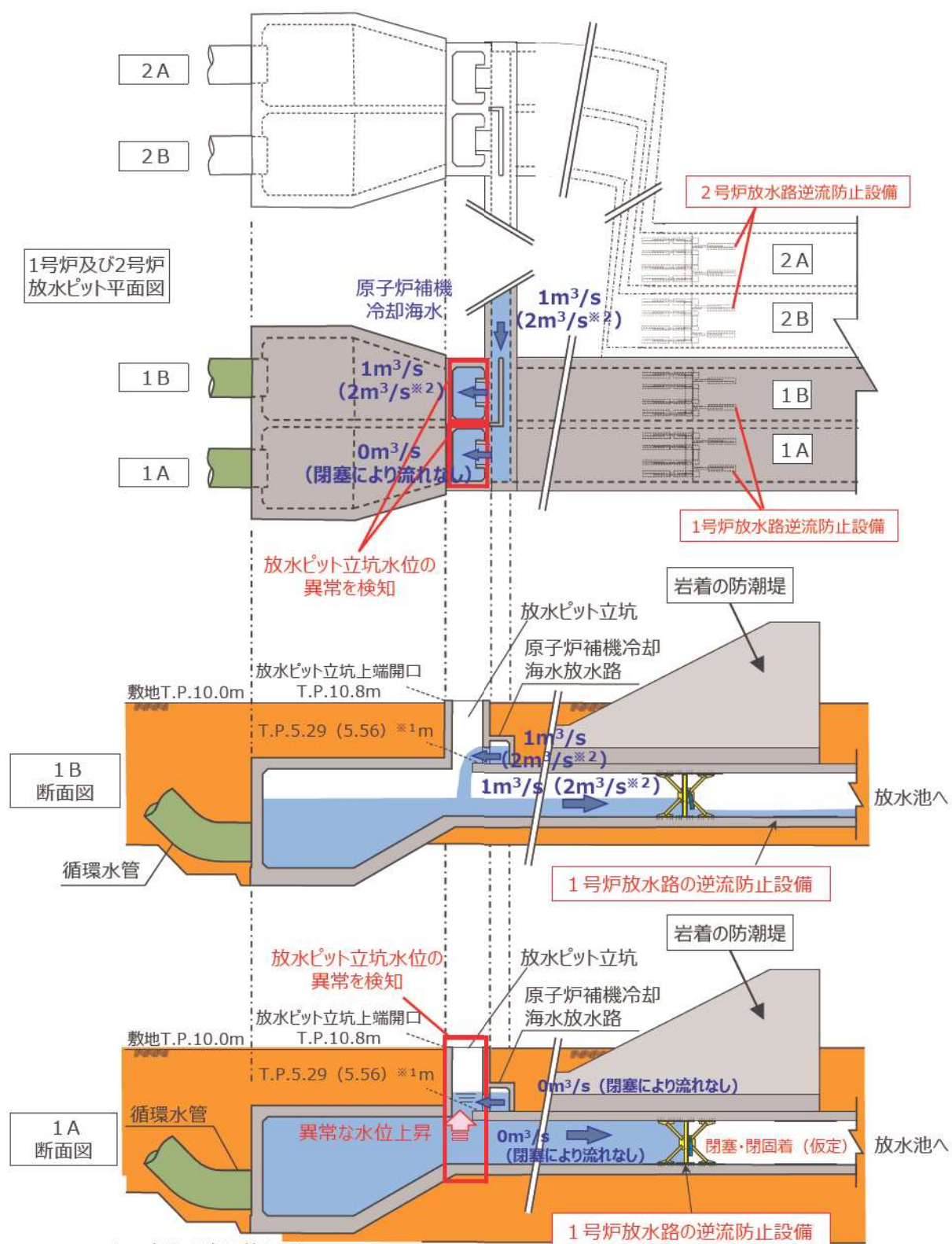
以上より、海生生物の付着による海水ポンプの放水機能への影響はない。

c. 通常時に逆流防止設備が閉塞・閉固着した場合の検知性について

b. 項に記載の通り、通常時に貝等の海生生物の付着の可能性は低く、適切な施設管理を行うことから、逆流防止設備が閉塞する可能性は低いと評価しているものの、仮に閉塞や固着を仮定した場合の検知性について検討する。

図 15 に逆流防止設備の閉塞・閉固着発生時の検知に関するイメージ図を、図 16 に逆流防止設備の異常の検知までの放水ピット水位上昇プロセスを示す。通常時には原子炉補機冷却海水ポンプ 2 台分の流量である $1.0\text{m}^3/\text{s}$ の海水が原子炉補機冷却海水放水路に流れており、2 つの放水路に $0.5\text{m}^3/\text{s}$ の流量で放水される（図 16 の No. 1）。逆流防止設備が仮に閉塞もしくは閉固着した場合、放水できなくなった海水により放水ピット立坑の水位が上昇するため、放水ピット立坑上部から放水ピット水位を日常的に確認することで異常を検知することが可能である（図 16 の No. 2）。また、2 つある逆流防止設備が同時に閉塞もしくは閉固着する事象は考えにくく、仮にどちらか一方が何らかの要因により閉塞もしくは閉固着した場合、異常側の放水ピット立坑から敷地へ溢れる前に、健全なもう片方の放水路を通して放水池へ海水が放水される。この場合、健全なもう片方の放水路には、原子炉補機冷却海水ポンプ 2 台分の流量である $1.0\text{m}^3/\text{s}$ の海水が流れることになり、放水ピットの水位は a. 項の放水性評価で示した T.P. 2.69m（2 号炉では T.P. 2.96m）となる（図 16 の No. 3）。したがって、異常を確認した段階でも放水ピット水位は原子炉補機冷却海水放水路下端高さ T.P. 5.29m（2 号炉は T.P. 5.56m）以下であることから放水機能は維持されており、異常の確認後、閉塞側の放水路の隔離、放水補修を行うことで、閉塞事象への対応を行うことが可能である。対応手順については、保安規定に紐づく QMS 文書に定める。また、1 号及び 2 号炉の自主設置設備として、放水ピット立坑に異常な水位上昇を検知可能な計器を設置し、1 号及び 2 号炉中央制御室に警報を発報することにより、更なる検知性の向上を図る。

なお、閉塞・閉固着事象発生時に外部電喪失が重なる可能性は考えにくいですが、仮に閉塞時に外部電源喪失が発生した場合、ブラックアウトシーケンスにより原子炉補機冷却海水ポンプが 4 台起動するため、一時的に流量 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ の海水が閉塞していない方のトレンに流れることになる。この場合であっても、図 16 に示す通り、流量増加に伴う損失水頭増加を見込んだ放水ピット立坑の水位が T.P. 3.19m（2 号炉は T.P. 3.46m）であり、原子炉補機冷却海水放水路下端高さ T.P. 5.29m（2 号炉は T.P. 5.56m）以下であるため、放水機能に影響を与えずに異常の検知は可能である（図 16 の No. 4）。



※1 カッコ内は2号炉の値を示す。
 ※2 カッコ内の流量は閉塞時に外部電源喪失が発生した場合

図 15 逆流防止設備の閉塞・閉固着発生時の検知に関するイメージ図
 (1号炉で発生した場合)

異常発生時の想定プロセス	放水路 1 A の水位	放水路 1 B の水位
1 通常時の排水 (異常なし)		
2 片側の放水路で閉塞・閉固着が発生		
3 閉塞・閉固着側の放水路が満水		
4 3に加え、外部電源喪失が発生した場合		

図 16 逆流防止設備の異常の検知までの放水ピット水位上昇プロセス（1号炉で閉塞・閉固着が発生した例）

4. 逆流防止設備及び放水路の施設管理について

逆流防止設備については、3号炉の津波防護施設としての機能並びに1号及び2号炉の放水機能を維持していくため、保安規定に紐づく社内規程で定める保全計画に基づき、適切に管理していく。

具体的には、3号炉の津波防護施設として点検計画に基づき、3号炉の保全サイクルに従って1号及び2号炉の放水路について、定期的に放水^{*}による点検、清掃等を実施することにより、逆流防止設備の変状の有無やフラップゲートの動作を確認し、変状が確認された場合は詳細な調査を行うこととする。さらに、原子炉補機冷却海水系が流れている状態において、定期的に逆流防止設備の状態をカメラ等で確認する。

また、逆流防止設備設置による放水路の施設管理に与える影響も踏まえ、逆流防止設備設置後の放水路及び逆流防止設備の施設管理方針を以下に示す。

※ 1号及び2号炉の放水路はそれぞれ2条ずつ（計4条）設置しており、放水ピットに角落としを挿入し、1条ずつ放水することで1号及び2号炉ともに放水機能は維持しつつ、放水路の点検、清掃が可能である。

（1）逆流防止設備設置前の放水路の施設管理

a. 放水路

内容：外観目視点検として、周辺地盤の確認及び放水路内放水後に放水路のコンクリートの状態確認を行う。放水路のこれまでの定期点検結果から循環水ポンプが停止中の状態では貝等の付着が発生していない状況ではあるが、貝等が放水路内に付着した場合は、必要に応じて海生生物の除去を行う。

放水路はコンクリート構造物であり、劣化モードは、中性化及び塩害等が考えられ、劣化事象としては、コンクリート表面のひび割れ、剥離等が考えられることから、コンクリート表面の状態を外観目視点検により確認している。

周辺地盤の確認としては、放水路の地上ルート上の沈下、陥没、隆起の確認を行っている。

（2）逆流防止設備設置後の放水路及び逆流防止設備の施設管理方針

a. 放水路

内容：逆流防止設備設置箇所の前後には、放水路内へのアクセスが可能な開口が確保されており、逆流防止設備設置後においても放水路全体の外観目視点検は可能であり、点検内容は逆流防止設備設置前と同様とする。（図17参照）

b. 逆流防止設備

内容：放水路内放水後に放水路内の外観目視点検として、主梁、スキンプレート、フラップゲート及びアンカーボルトの状態を確認する。放

水路のこれまでの定期点検結果から循環水ポンプが停止中の状態では貝等の付着が発生していない状況ではあるが、貝等が逆流防止設備に付着した場合は海生生物の除去を行う。

逆流防止設備は鋼製の構造物であり、劣化事象は、塗膜の剥離で海水と接触した場合の腐食、海生生物等を含んだ流水による開口部及びフラップゲートのすりへり、フラップゲートの摺動部の摩耗等が考えられることから、外観目視点検による状態確認及びフラップゲートの動作に異常がないことを確認する。また、逆流防止設備は摺動部のある構造であることから、定期的に逆流防止設備の状態をカメラ等により確認する。

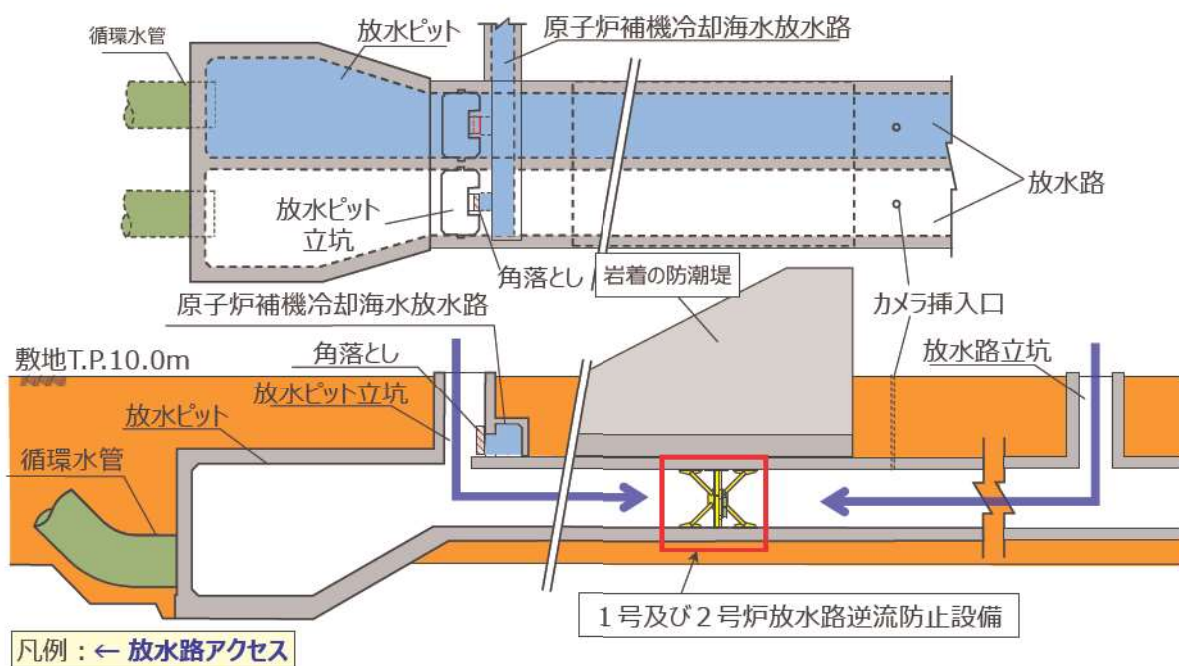


図 17 逆流防止設備設置後の施設管理

5. 逆流防止設備に関する許認可上の扱いについて

逆流防止設備は、3号炉新規規制基準適合性審査の中で津波防護施設の位置付けであるが、1号及び2号炉の放水路に設置するため許認可への影響の確認として、設置変更許可申請（補正）、設計及び工事の計画の認可申請の要否を確認した上で、逆流防止設備の設置が1号及び2号炉の放水機能に与える影響に対するそれぞれの申請書への記載方針を整理した。

また、原子炉施設保安規定への影響についても整理した。整理に当たっては、女川2号炉において、2号炉の津波防護対策として1号炉の取水路及び放水路に取放水路流路縮小工を設置し、取水機能及び放水機能へ影響を与えるため、1号炉への悪影響の整理として、許認可上の取り扱いの整理を行っており、その結果を踏まえ実施した（参考5参照）。

（1）設置変更許可

a. 設置変更許可申請（補正）の要否

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下「法」という。）」第四十三条の三の五（設置の許可）及び「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（以下「規則」という。）」第三条（発電用原子炉の設置の許可の申請）の規定より、逆流防止設備は3号炉の津波防護施設であることから、本文記載事項を変更する工事に該当（耐津波構造）し、設置変更許可申請（補正）が必要となる。

逆流防止設備は1号及び2号炉の放水路に設置するため、1号及び2号炉の放水機能に影響があることから、設置変更許可申請書本文に「1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないことを前提とする」と記載した上で、添付書類八には「1号及び2号炉の循環水ポンプの停止を前提とする」と記載し、設置変更許可申請を行う。なお、1号及び2号炉のプラント状態は、3号炉における重大事故等及び大規模損壊に係る対応の観点から、1号及び2号炉の複数号炉同時被災を想定した場合においても3号炉への対応に影響を与えないよう、1号及び2号炉の新規制基準適合までの間「プラント停止状態」として扱う。

設置変更許可申請書の本文又は添付書類八における記載案を以下に示す。

【設置変更許可申請書 本文記載案】

本文へ以下の記載をする。

五 発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備

イ 発電用原子炉施設の位置

（2）敷地内における主要な発電用原子炉施設の位置

3号原子炉本体は、2号炉の南側に設置する。排気口は、原子炉格納施設上部に設置する。復水器冷却水の取水口は、敷地西側の専用港湾内に、また、放水口は敷地西側の北防波堤基部に設置する。また、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されてい

ないことを前提とする。

十 発電用原子炉の炉心の著しい損傷その他の事故が発生した場合における当該事故に対処するために必要な施設及び体制の整備に関する事項

ハ 重大事故に至るおそれがある事故又は重大事故

(1) 重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力

東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえた重大事故等対策の設備強化等の対策に加え，重大事故に至るおそれがある事故若しくは重大事故が発生した場合又は大規模な自然災害若しくは故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる発電用原子炉施設の大規模な損壊が発生するおそれがある場合若しくは発生した場合における以下の重大事故等対処設備に係る事項，復旧作業に係る事項，支援に係る事項及び手順書の整備，教育及び訓練の実施並びに体制の整備を考慮し，当該事故等に対処するために必要な手順書の整備，教育及び訓練の実施並びに体制の整備等運用面での対策を行う。また，1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないことを前提とする。[※]

※本記載は，添付書類十の「重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力」にも記載する。

【設置変更許可申請書 添付書類八記載案】

添付書類八へ以下の記載をする。

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設計

(3) 入力津波の設定

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，1号及び2号炉の取水口から取水ピットポンプ室に至る系，3号炉の取水口から取水ピットポンプ室に至る系並びに3号炉の放水口から放水ピット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、発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合、循環水ポンプを停止する運用を定める。このため、取水ピットスクリーン室の入力津波高さの設定に当たっては、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。

また、1号及び2号炉の取水路に1号及び2号炉取水路流路縮小工、1号及び2号炉の放水路に1号及び2号炉放水路逆流防止設備を設置することから、1号及び2号炉循環水ポンプの停止を前提とする。

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

10.6.1.1.2 設計方針

- (1)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、3号炉放水ピットに対しては、3号炉放水ピット流路縮小工を、3号炉原子炉補機冷却海水放水路が接続される3号炉放水ピット内側壁面に対しては、3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備を設置するが、3号炉に悪影響を及ぼさない設計とする。1号及び2号炉取水路に対しては、1号及び2号炉取水路流路縮小工を、1号及び2号炉放水路に対しては、1号及び2号炉放水路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。

また、1号及び2号炉の新規制基準適合性審査においては、逆流防止設備を撤去し、防水壁等の1号、2号及び3号炉の共用の津波防護対策として設置変更許可申請（補正）し、適合性について説明する方針である。

b. 1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計

逆流防止設備設置による1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計として、逆流防止設備設置後も原子炉補機冷却海水系に必要な流量を確保し、1号及び2号炉の放水機能に影響を与えない設計とする。

(2) 工事計画認可

逆流防止設備は、3号炉の新規制基準適合性審査において、敷地への津波の流入を防止するための構造物であることから、「浸水防護施設」に該当する。また、逆流防止設備は、放水路内へ設置することから、これらの観点で規則第八条（設計及び工事の計画の認可を要しない工事等）及び規則第十一条（設計及び工事の計画の届出を要する工事等）の規定より、設計及び工事の計画の認可・届出を要する改造等に該当するか確認を行った。

a. 設計及び工事の計画の認可申請の要否

逆流防止設備は、3号炉の外郭浸水防護設備として設置するため、規則別表第一の中欄に定める「改造であって外郭浸水防護設備に係るもの」に該当することから、「浸水防護施設」として、設計及び工事計画認可申請が必要となる。逆流防止設備の施設区分を表8に示す。

設置変更許可で示した逆流防止設備の機能及び仕様を含め、3号炉の工事計画書の本文及び添付資料で詳細設計の結果を示す。

表8 逆流防止設備の施設区分

	浸水防護施設（3号炉）
区分	外郭浸水防護設備
分類	津波防護施設

また、逆流防止設備の設置により1号及び2号炉の放水機能に対して影響を与えることから、逆流防止設備に係る設計結果について、「基本設計方針」及び「添付書類（設備別記載事項の設定根拠に関する説明書）」において、通常時及び外部電源喪失時における1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水機能に影響がない設計とすることを記載し、逆流防止設備の「要目表」においては、浸水防護施設としての機能を有し、放水機能に影響のない開口寸法を記載する。

b. 1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計

設置変更許可申請書へ1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載するに当たり、逆流防止設備について以下を考慮し設計する。

- ・原子炉補機冷却海水ポンプの定格容量を確保でき、放水機能に影響を与えない開口寸法を設定する。

(3) 原子炉施設保安規定への影響

逆流防止設備設置による1号及び2号炉における保安管理に関する事項として、原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）上の影響について、以下の通り整理した。1号及び2号炉のプラント状態は、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態、並びに循環水ポンプの停止を前提とする。また、保安規定第8章施設管理については、規則第八十一条（発電用原子炉施設の施設管理）の規定に適合するよう、逆流防止設備設置後

についても保安規定に紐づく社内規程で定める保全計画に基づき、適切に施設管理を行う。

a. 1号及び2号炉の保安確保における該当条文

○第33条（計測および制御設備）

- ・中央制御室非常用循環系計装（照射済燃料移動中において動作可能であること）
- ・ディーゼル発電機起動計装（照射済燃料移動中において動作可能であること）

○第68条（中央制御室非常用循環系）

- ・2系統以上が動作可能であること（使用済燃料ピットでの照射済燃料移動中において）

○第71条（外部電源－モード5、6および照射済燃料移動中－）

- ・外部電源1系列以上が動作可能であること

○第73条（ディーゼル発電機－モード1、2、3および4以外－）

- ・非常用発電機を含め、ディーゼル発電機2基が動作可能であること

○第74条（ディーゼル発電機の燃料油、潤滑油および始動用空気）

- ・所要のディーゼル発電機に対し必要油量、空気圧力が確保されていること

○第76条（非常用直流電源－モード5、6および照射済燃料移動中－）

- ・非常用直流母線に接続する系統（蓄電池および充電器）が動作可能であること

○第78条（所内非常用母線－モード5、6および照射済燃料移動中－）

- ・所要の設備の維持に必要な非常用高圧母線、非常用低圧母線、非常用直流母線、非常用計装用母線が受電していること

○第82条（使用済燃料ピットの水位および水温）

- ・使用済燃料ピットの水位がT.P. 30.47m以上であること
- ・使用済燃料ピットの水温が65℃以下であること

b. 保安規定上直接影響がある条文

上記a. 該当条文の整理結果から、逆流防止設備設置に伴い直接影響がある条文を以下に示す。

○第73条（ディーゼル発電機－モード1、2、3および4以外－）

- ・ディーゼル発電機の冷却水として原子炉補機冷却海水系を使用しているため。

○第82条（使用済燃料ピットの水位および水温）

- ・使用済燃料ピットの冷却水として、原子炉補機冷却水系を使用しているため、関連する。

c. 保安規定上の影響

3. (2)の結果から、逆流防止設備設置後においても、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水系に必要となる流量を確保することが可能であるため、保安規定上要求される事項への影響がないことを確認した。

6. まとめ

逆流防止設備を設置することによる影響について、以下の通り整理した。

(1) 逆流防止設備設置による津波の敷地への流入防止

- a. 逆流防止設備のフラップゲートが動作することにより津波の流入を防止することができる。
- b. 至近の点検結果で新たな貝の付着の可能性は確認されていないこと等から、海生生物による閉機能への影響はないと評価した。
- c. 逆流防止設備の設置環境や通水時の接液状況等から通常時にフラップゲートが開固着する可能性は低いと評価した。なお、津波防護施設としての機能維持の観点から、定期的にカメラ等によりフラップゲートの軸が固着していないことを確認する。

(2) 1号及び2号炉の放水機能への影響

- a. 逆流防止設備の開口寸法は、1号及び2号炉原子炉補機冷却海水系等からの排水の放水機能に影響を与えない、十分に余裕を持った開口寸法であり、原子炉補機冷却海水ポンプの放水機能への影響はない。
- b. 海洋生物による逆流防止設備の閉塞の可能性は低い。
- c. 逆流防止設備が閉塞や閉固着、開固着が生じる可能性は低いと評価しているものの、日常点検において放水ピット立坑の水位やフラップゲート摺動部を確認し、異常があった場合には異常事象への対応を行う。対応手順は、保安規定に紐づくQMS文書に定める。

(3) 逆流防止設備については、津波防護施設としての機能並びに1号及び2号炉の放水機能を維持していくため、保安規定に紐づく社内規程で定める保全計画に基づき、適切に管理していく。

(4) 逆流防止設備に関する許認可上の扱いについて

- a. 逆流防止設備は、津波防護施設として設置変更許可申請（補正）を行い、設置変更許可申請書には、1号及び2号炉のプラント状態の前提を記載し、1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載する。また、1号及び2号炉の新規制基準適合性審査においては、逆流防止設備を撤去し、防水壁等の1号、2号及び3号炉の共用の津波防護対策として設置変更許可申請（補正）し、適合性について説明する方針である。
- b. 逆流防止設備は、「浸水防護施設」として、設計及び工事計画認可申請を行い、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水機能に影響がない設計とすることを工事計画書に記載する。また、逆流防止設備設置による1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計として、放水機能に影響を与えない逆流防止設備の開口寸法を設定する。
- c. 逆流防止設備設置後も、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水系に必要な流量を確保することが可能であるため、保安規定上要求される事項への影響はない。

- 参考 1 他社先行審査実績を踏まえた逆流防止設備の適用性について
- 参考 2 逆流防止設備設置に伴い上昇する水位について
- 参考 3 逆流防止設備の構造成立性について
- 参考 4 逆流防止設備の施工方針及び通常時における津波防護機能維持の確認方法
- 参考 5 逆流防止設備設置による許認可上の取り扱い（他社先行プラントとの差異）
- 参考 6 逆流防止設備に係る各審査段階の説明内容について

他社先行審査実績を踏まえた逆流防止設備の適用性について

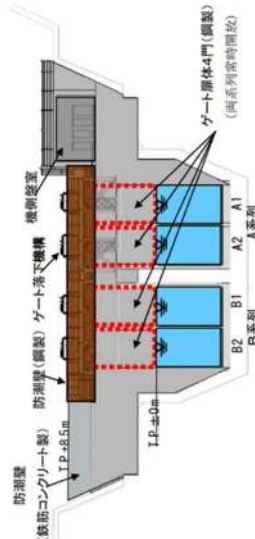
逆流防止設備は、3号炉の津波防護施設として敷地への津波の流入を防止するため、1号及び2号炉の放水路に設置する。取水路又は放水路からの津波の遡上を防止する津波防護対策については、多様な他社先行審査実績がある。そのため、泊の逆流防止設備と先行の取水路又は放水路からの津波の遡上を防止する津波防護対策について、構造、仕様、許認可上の位置付け及び重要度分類等を表1にて整理、比較を行い、逆流防止設備の適用性について確認した。

表 1 他社先行審査実績との比較 (1/5)

項目	高浜 3 号炉及び 4 号炉	東海第二発電所
設備名称	取水路防潮ゲート	放水路ゲート
設備分類	津波防護施設	津波防護施設
設置目的	取水路側からの津波の流入防止を目的として、取水路を横断するように設置する。	津波が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。
設置位置	1, 2, 3 及び 4 号炉 取水路 	放水路 
既許可上の位置付け	第 305 回審査会合(平成 27 年 12 月 10 日) 資料 3-3-3 より 赤枠追記 高浜 3, 4 号炉の新規制基準適合性審査において、高浜 3, 4 号炉の津波防護施設として申請。高浜 1, 2 号炉の新規制基準適合性審査において、高浜発電所共用の津波防護施設に変更。	第 520 回審査会合(平成 29 年 10 月 17 日) 資料 1-3-2 より 赤枠追記 東海第二発電所の新規制基準適合性審査において、津波防護施設として申請。
設置環境	気中(高浜 3, 4 号炉申請時は片系列は常時閉鎖、片系列は津波時に水路を閉鎖。高浜 1, 2 号申請時は、1, 2, 3 及び 4 号炉共用とし両系列常時開放)	気中(津波時に水路を閉鎖)

※他社記載事項について、審査会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

表 1 他社先行審査実績との比較 (2/5)

項目		高浜 3 号炉及び 4 号炉	東海第二発電所
重要度分類	動作方法	・耐震重要度：Sクラス ・安全重要度：MS－1	・耐震重要度：Sクラス ・安全重要度：MS－1
	動作原理	ゲート落下機構：機械式又は電磁式（動的）	・開閉装置：機械式又は電動駆動式（動的） ・小扉（フラップ式）：津波による水圧（静的） ・開閉装置：高浜同様 ・小扉（フラップ式）：放水路ゲートが閉止の状態においても非常用海水ポンプの運転に伴い発生する系統からの排水を放水できよう、扉体に放水方向の流れのみ開となる。津波時、津波の水圧によりフラップゲートが閉となる。
構造			
仕様	外形寸法	第 305 回審査会合(平成 27 年 12 月 10 日) 資料 3-3-3 より ・外形寸法：約 4.15m×約 6 m（ゲート扉体） ・種類：防潮壁（ゲート落下機構付き） ・材料：鉄筋コンクリート、炭素鋼 ・個数：1 基 ・付属機能：ゲート落下機構	第 520 回審査会合(平成 29 年 10 月 17 日) 資料 1-3-2 より ・外形寸法：約 3.7m×約 4.2m（全体） 約 0.7m×約 1.2m（小窓（フラップ式）） ・種類：逆流防止設備（ゲート、フラップゲート） ・材料：炭素鋼 ・個数：3 基（各放水路に 1 箇所） ・付属機能：開閉装置、小窓（フラップ式）

※他社記載事項について、審査会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

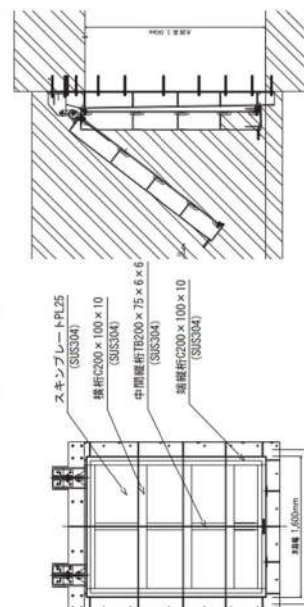
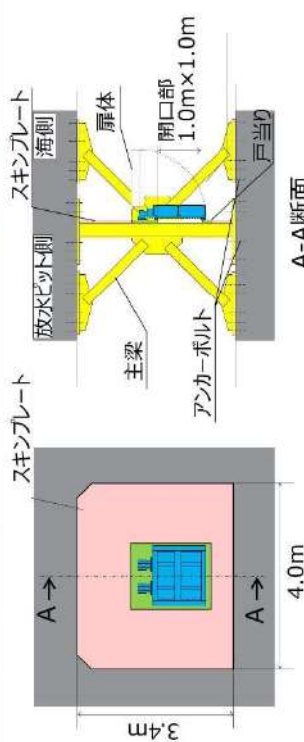
表1 他社先行審査実績との比較 (3/5)

項目	女川発電所 2 号炉	泊発電所 3 号炉
設備名称	補機冷却海水系放水路逆流防止設備	1 号及び 2 号炉放水路逆流防止設備
設備分類	浸水防止設備	津波防護施設
設置目的	2 号炉補機冷却海水系放水路には防潮壁横断面部に開口があるため、逆流防止設備を設置し津波の流入を防止する。	放水路から遡上する津波が 1 号及び 2 号炉放水ピット等から敷地へ流入するのを防止するために設置する。
設置位置	2 号炉放水立坑 補機放水路の防潮壁横断面部	1 号及び 2 号炉 放水路
既許可上の位置付け	女川 2 号炉の新規制基準適合性審査において、浸水防止設備として申請。	泊 3 号炉の新規制基準適合性審査において、泊 3 号炉の津波防護施設として申請し、1 号炉の放水機能に影響を与えない設計とする（原子炉補機冷却海水ポンプの放水機能維持）。泊 1 号及び 2 号炉の新規制基準適合性審査において、本設備を撤去し泊 1 号、2 号及び 3 号炉共用の津波防護対策を別途申請予定。
設置環境	水中（補機冷却海水を常時放水）	気中及び水中（原子炉補機冷却海水を常時放水）

※他社記載事項について、審査会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

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。

表 1 他社先行審査実績との比較 (4/5)

項目		女川発電所 2 号炉	泊発電所 3 号炉
動作方法	重要度分類	・耐震重要度：S クラス ・安全重要度：津波防護施設（耐震 S クラス）	・耐震重要度：S クラス ・安全重要度：津波防護施設（耐震 S クラス）
	動作原理	フラップゲート：津波による水圧（静的）	フラップゲート：津波による水圧（静的）
構造	動作内容	フラップゲート：通常時、補機放水系統の運転に伴い発生する系統からの排水を放水できるように、放水方向の流れのみ開となる。津波時、津波の水圧によりフラップゲートが閉となる。	フラップゲート：通常時、放水系統の運転に伴い発生する系統からの排水を放水できるように、放水方向の流れのみ開となる。津波時、津波の水圧によりフラップゲートが閉となる。
	仕様	 第 734 回審査会合 (令和元年 6 月 25 日) 資料 1-2-2 より	 第 734 回審査会合 (令和元年 6 月 25 日) 資料 1-2-2 より
仕様	仕様	・外形寸法：約 2 m×約 1.6m（全体/フラップゲート） ・種類：逆流防止設備（フラップゲート） ・材料：ステンレス鋼 ・個数：2 基 ・付属機能：フラップゲート	・外形寸法：約 3.4m×約 4.0m（全体） ・種類：逆流防止設備（フラップゲート） ・材料：炭素鋼 ・個数：4 基（各放水路に 1 箇所） ・付属機能：フラップゲート

※他社記載事項について、審査会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

表 1 他社先行審査実績との比較 (5/5)

項目	女川発電所 2 号炉	泊発電所 3 号炉
施設管理	目視による確認が可能である。	放水路について、定期的な放水、カメラ等を用いた点検、清掃等を実施することにより、逆流防止設備の変状の有無やフラップゲートの状態確認が可能である。
異常の 検知性	目視による確認が可能である。	・逆流防止設備が仮に閉塞、閉固着した場合、放水できなくなつた海水により放水ピット立坑水位が上昇するため、放水ピット立坑上部から放水ピット水位を日常的に確認することで異常の検知は可能である。各号炉の放水路に逆流防止設備は 2 基設置しているが、仮にどちらか一方が閉塞もしくは閉固着した場合でも、異常側の放水ピット立坑から敷地へ溢れる前に、健全なもう片方の放水路を通して海水が放水されるため、異常が確認した段階でも放水機能は維持されていると考えられる。また、自主設置の放水ピット立坑に異常な水位上昇を検知可能な計器により、1 号及び 2 号炉中央制御室に警報を発報し、早期に検知可能とする。 ・なお、逆流防止設備の開固着については、点検実績から逆流防止設備の戸当たり部等に貝等が付着し、フラップゲートの閉機能が阻害されることや摺動部が固着することは考え難く、また、フラップゲートの構造からも摺動部の焼き付き、急激な腐食等の要因で固着する可能性は低いものと考ええる。

※他社記載事項について、審査会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

【比較結果】

表1の他社先行審査実績との比較の結果、泊の逆流防止設備と他社先行審査実績において以下の項目について差異があり、逆流防止設備の適用性について確認した。

1. 安全重要度について

高浜3号炉及び4号炉の取水路防潮ゲート及び東海第二発電所の放水路ゲートは、それぞれ外部入力により動作する機構（駆動部）を有する動的機器であり、駆動部である取水路防潮ゲートのゲート落下機構及び放水路ゲートの開閉装置については、重要安全施設（MS-1）として多重性又は多様性及び独立性を確保する設計とし、ゲート自体は静的機器として設計（多重化していない）している。

泊の逆流防止設備は、外部入力により動作する機構を有しないことから、静的機器として設計し、津波が敷地へ流入することを防止し、重要な安全機能を有する設備を防護するために必要な設備である観点で津波防護施設として信頼性を確保した設計とすることが適切と考える。

2. 設置箇所について

女川の補機冷却海水系放水路逆流防止設備と泊の逆流防止設備は、設置箇所に差異がある。女川の補機冷却海水系放水路逆流防止設備はその設置箇所から、放水立坑より目視にて施設管理や異常時の検知の対応が可能である。一方、泊の逆流防止設備は放水路内（暗渠）に設置しており、目視が困難であるものの、逆流防止設備の施設管理については、定期的に放水ピットに角落としを挿入し、放水路内について放水し目視で確認することやカメラ等で確認することで対応は可能と考える。また、異常時の検知については、放水ピット立坑上部から放水ピット水位を日常的に確認することや自主設置の放水ピット立坑の異常な水位上昇を検知可能な計器による検知等で対応可能と考える。

以上より、泊の逆流防止設備は津波防護対策として適用性はあるものと考ええる。

逆流防止設備設置に伴い上昇する水位について

放水路への逆流防止設備設置により，逆流防止設備が堰となることや，フラップゲートによる抵抗の影響から原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水ピット立坑水位が上昇する。そのため，原子炉補機冷却海水ポンプの放水性評価として，放水ピット立坑の水深を評価する。

1号及び2号炉は1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態のため，原子炉補機冷却海水ポンプの排水により放水路は開水路として自由水面を保ちつつ一定の流量が生じていることから，逆流防止設備により上昇する水位を算定した結果を以下に示す。

①四角堰による越流水深

$$Q = 1.84(b - 0.2h)h^{3/2} \quad (m^3)$$

$$h \approx 0.75(m)$$

②逆流防止設備 開口部下端高さ

$$D \approx 0.7(m)$$

$$\text{①} + \text{②} \approx 1.5m$$

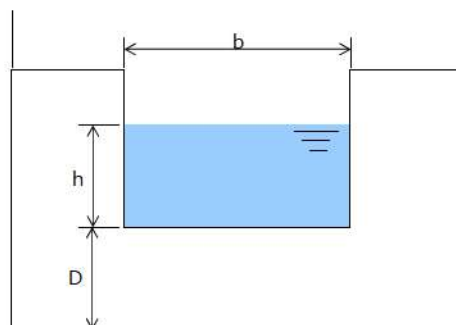


図1 逆流防止設備開口部 四角堰の模式図

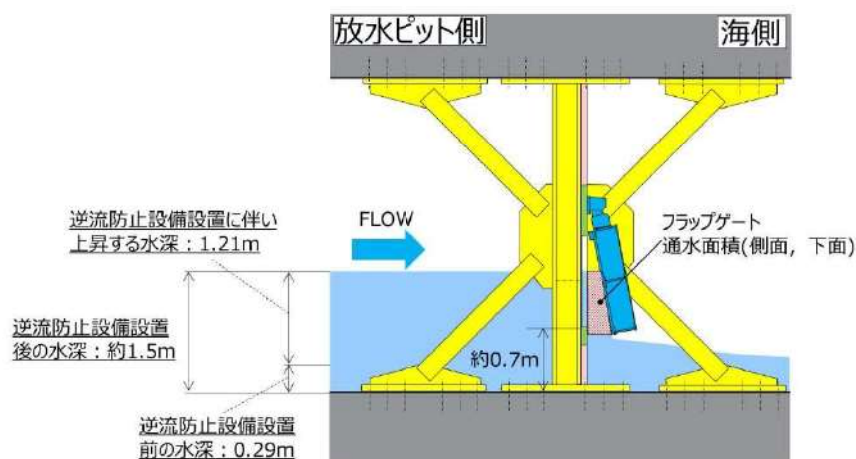


図2 逆流防止設備開口部

原子炉補機冷却海水系運転時の流路の流量が小さいことから、逆流防止設備開口部における水位上昇は小さいものとなっている。また、フラップゲートの開度は、図3に示す通り水流の流水圧力による開方向のモーメントとフラップゲートの自重による閉方向のモーメントが釣り合う位置となる。この時、水流によって開いたフラップゲートと戸当りとの間に生じる有効開口部面積は、側面が0.157m²、底面が0.301m²であり、それぞれの開口部を流れる流量をトリチェリの定理※を用いて算出すると、側面が0.74m³/s、底面が0.54m³/sとなり、合計で1.28m³/sが通水可能な面積である。

したがって、水流によって開いたフラップゲートの通水面積は、越流落下により十分な流量が確保できる面積であることから、フラップゲートの抵抗による水位の上昇は小さく、四角堰の式で評価した水位上昇量は妥当と判断した。

※ $Q=A \times C \times (2 \times g \times h)^{0.5}$

- A: 通水面積(m²)
- C: 流量係数 (ここでは一般的なオリフィスとして0.62とした)
- g: 重力加速度(m/s²)
- h: 底面は水面からゲート開口部下端までの高さ。側面は底面の値の半分の値とした。

表1 四角堰の算定式

	公式	係数	根拠
四角堰	$Q = 1.84(b - 0.2h)h^{3/2}$	Q : 流量(=1.0m ³ /s) b : 水路の幅(=1.0m) h : 越流水深(m)	JIS K 0094

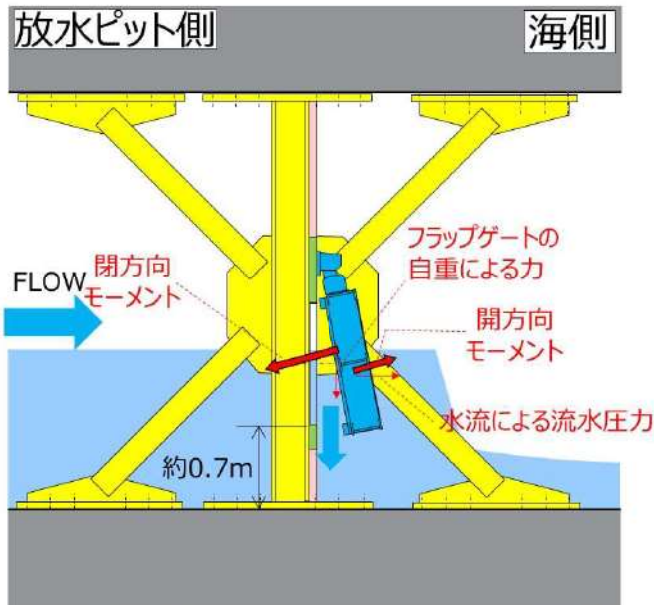


図3 通常時に逆流防止設備のフラップゲートに作用する力について

逆流防止設備の構造成立性について

逆流防止設備は津波防護施設であることから、基準地震動による地震荷重や津波による津波荷重に対し、構成する部材がおおむね弾性領域内に収まるよう設計する。

ここでは、地震荷重や流水圧等の津波荷重により逆流防止設備を構成する部材が曲げやせん断等により損傷する以外に、津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見について整理するとともに、それを踏まえ、逆流防止設備の各部位が損傷して要求機能を損失しうる事象（例えば、津波による作用水圧や縮小部の流速により躯体安定性が確保できない等）を整理する。これらの損傷モードの発生可能性を評価し、設計・施工上の配慮事項を整理した上で、構造成立性を示す。

(1) 津波時流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見の整理

逆流防止設備の各部位が損傷して要求機能を損失しうる事象の抽出に当たり、流速が作用した場合の構造成立性に関する既往知見を整理した結果を以下に示す。

- ・津波時には、逆流防止設備に高流速の津波が到達する。「水門鉄管技術基準（水門編）令和4年版（（社）水門鉄管協会）」によれば、予想されるすべての荷重を考慮して設計しなければならず、扉体が円滑に開閉できるための精度、強度及び剛性を有することとしている。
- ・津波時には、逆流防止設備に高流速の津波が到達する。「建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編〔Ⅰ〕」によれば、ダムの放水設備について、流水に接する構造物の表面は、流水による洗堀や摩耗の軽減に配慮して設計するとともに、流速が大きい場合には、渦や流水による摩耗や浸食の対策を考える必要があるとしている。

(2) 要求機能を喪失しうる事象の抽出

前述を踏まえ、逆流防止設備の損傷により要求機能を喪失しうる事象を抽出し、これに対する設計・施工上の配慮を整理した。表1～表3に検討結果を示す。

表1 地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項（逆流防止設備全体）

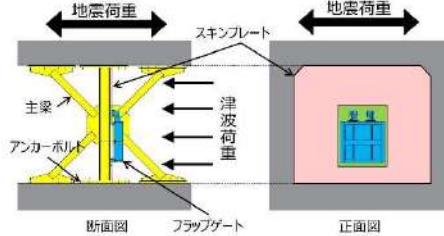
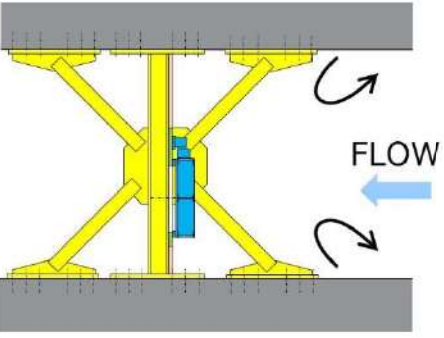
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
逆流防止設備全体	・地震荷重や津波荷重により、主梁、スキンプレート、フラップゲートが曲げ破壊又はせん断破壊することで、津波防護機能を喪失する。 ・主梁やスキンプレートから伝達する荷重により、アンカーボルトが破断し、津波防護機能を喪失する。  断面図 フラップゲート 正面図	・主梁、スキンプレートやフラップゲートに生じる断面力による応力度が許容限界以下となるように詳細設計段階で設計する。 ・アンカーボルトに生じる断面力による応力度が、許容限界以下となるように詳細設計段階で設計する。 ・砂や小さな漂流物の影響については、詳細設計段階で設計する。	○ 放水路内で十分な強度を有した材料や構造を適用可能なことから、構造成立性は確保可能。
	・設備近傍で発生する渦や流水による摩耗によって形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。 	・津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。「水門鉄管技術基準(水門編) 令和4年版(社)水門鉄管協会」によれば、板厚の減少に対して余裕厚を確保する方法が用いられていることから、鋼製部材に対して適切な余裕厚を詳細設計段階で設定する。 ・仮に摩擦が生じた場合でも、津波の遡上に対して十分な裕度を確保する。	○ 放水路内で十分な強度を有した材料を適用可能なことから、構造成立性は確保可能。

表2 地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と
設計・施工上の配慮事項（フラップゲート）

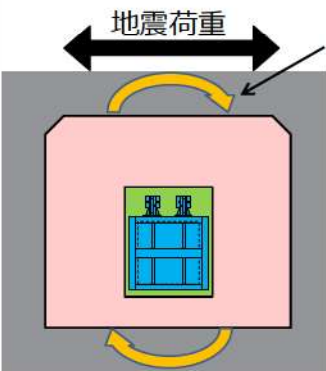
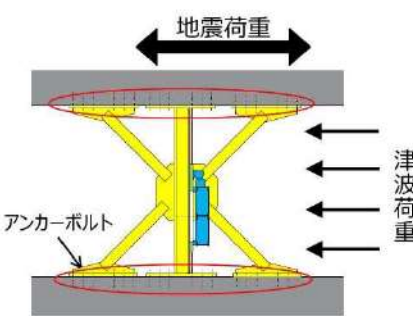
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
フラップゲート	・地震荷重や津波荷重により、放水路が変形・損壊等し、津波流入防止時にフラップゲートの閉動作を阻害し、津波防護機能を喪失する。 	・逆流防止設備は、岩着の防潮堤直下の放水路に設置する。逆流防止設備近傍の放水路は再構築により耐震化を図るため、変形・損壊等を生じない。	○ 放水路及び逆流防止設備の耐震化を図ることから、構造成立性は確保可能。

表3 地震荷重や津波荷重により要求機能を喪失しうる事象と
設計・施工上の配慮事項（放水路）

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
放水路	・地震荷重や逆流防止設備から伝達する津波荷重により、放水路のコンクリートがせん断破壊又は引張破壊することで、津波防護機能を喪失する。 	・放水路のコンクリートに生じる応力度が、許容限界以下であることを確認する。	○ 放水路のコンクリートに生じる応力度が、許容限界以下となるようアンカーボルトの増設、分散配置が可能なことから、構造成立性は確保可能。

(3) 逆流防止設備全体の構造成立性

(2) の整理結果を踏まえて、逆流防止設備全体の構造成立性について検討を行った。要求機能を喪失しうる事象に対して、防潮堤直下の放水路内で十分な強度を有した材料や構造を適用可能なことから、構造成立性は確保可能である(図1参照)。

なお、地震荷重や津波荷重による発生応力の評価については、詳細設計段階で示す。

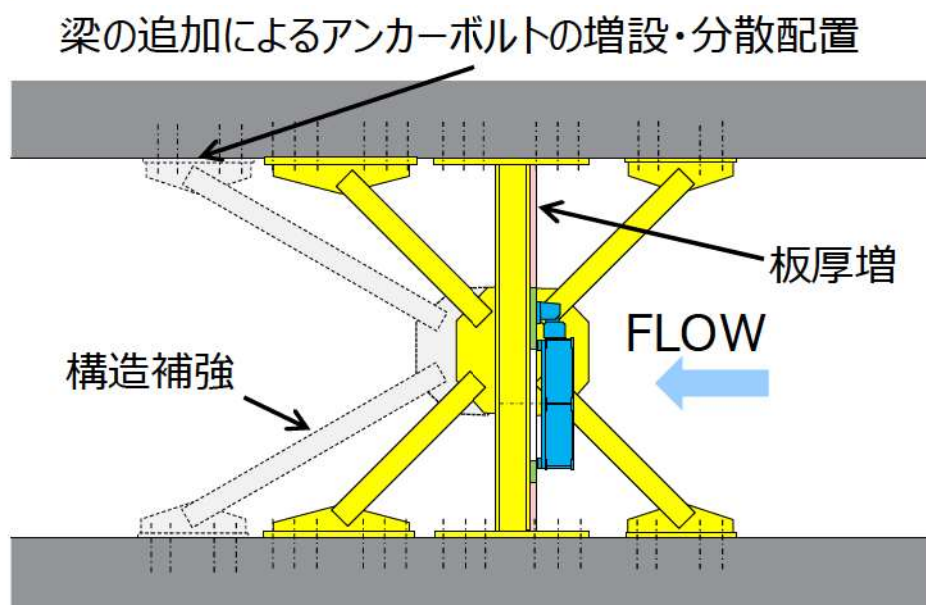


図1 逆流防止設備 補強構造案

逆流防止設備の施工方針及び通常時における津波防護機能維持の確認方法

逆流防止設備の施工に際し、放水路は2系統ある水路を切り替えながら施工する計画であり、施工フローを示す。

通常時において津波防護機能を維持していく観点から、その機能が喪失しうる事象^{※1}を踏まえた設計・施工上等の配慮^{※2}を行うとともに、機能が喪失しうる事象の進展速度が緩速であることや先行の類似構造物の維持管理事例等を踏まえ、定期的に抜水点検等により機能が維持されていることを確認することで、逆流防止設備の通常時の健全性を維持する方針とする。

- ※1 機能が喪失しうる事象として、フラップゲート摺動部の経年劣化、砂礫や貝を含んだ海水の流下による開口部及びフラップゲートのすりへり、貝付着による流路の縮小、及び水路内の異物混入による流路阻害。
- ※2 設計・施工上等の配慮として、開口部に貝付着を防止する観点から付着しにくい流速となっていることを確認する。また、定期的な点検時に貝や異物の除去を行う。

(1) 逆流防止設備の施工について

逆流防止設備は基準地震動及び津波波圧等に十分耐えられるよう頑健で耐久性のある鋼製の構造物として計画している。なお、逆流防止設備は1号及び2号炉再稼働の際に撤去し、放水路の復旧を行う。

放水路に設置及び撤去する逆流防止設備の施工フローを図1に示す。

工事に当たっては、2系統ある放水路を1系統ずつ抜水しドライ環境の中で工事を行う[※]。なお、放水路は健全性を確保するため再構築を行うことから、逆流防止設備の設置位置に貝等の付着はない。

設置時は、搬入口から放水路内へ部材を搬入する。次に、放水路の天面及び底面にアンカーボルト打設し、部材を組み立てで固定する。

撤去時は、主梁、スキンプレートやフラップゲート等の鋼材を切断、撤去を行った後、アンカーボルトを切断し埋設部分以外撤去する。逆流防止設備を設置していた面について、放水路の構造及び機能に影響を及ぼさないよう、放水路同等に表面を仕上げる。

設置並びに撤去の施工完了後、設計上必要な寸法が確保されているか確認を行う。

- ※ 1系統ずつ抜水することで1号及び2号炉の放水機能は維持される。

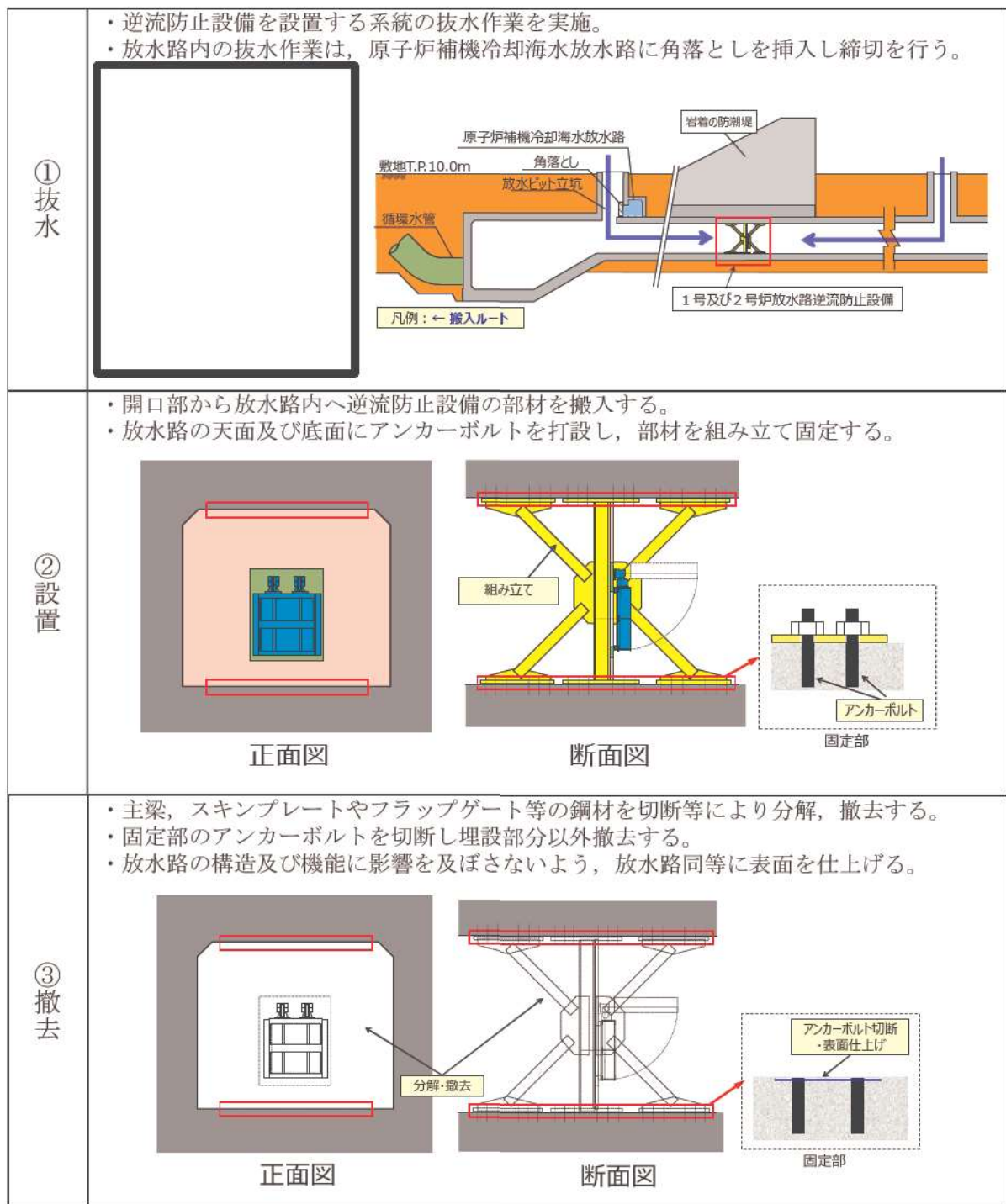


図1 逆流防止設備の施工フロー

(2) 既往の施工実績について

排水路は安全対策工事において再構築することから、アンカーボルトを先施工することが可能である。アンカーボルトを用いた施工方法について、安全対策工事等における配管・設備等の設置・耐震補強でも多々実績のある施工方法である。今回の逆流防止設備についても、設備重量、施工範囲や施工方法など実績の範囲内にある。

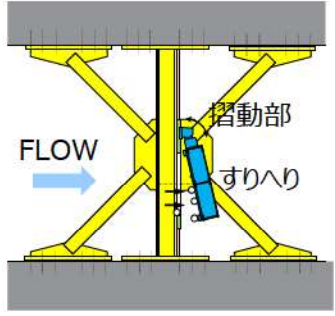
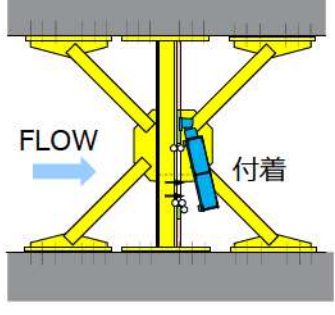
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

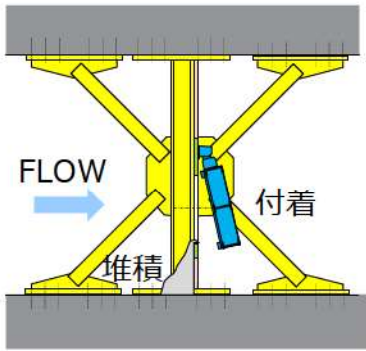
(3) 通常時における津波防護機能維持の確認方針について

逆流防止設備の通常時における津波防護機能維持を図っていく観点から、海水中に設置されていることや構造的な特徴に鑑み機能が喪失しうる事象を挙げ、それを踏まえた設計・施工上等の配慮及び事象の進展予想等を行った上で、機能維持の確認方針を検討した。

通常時において機能が喪失しうる事象と、それを踏まえた設計・施工上の配慮及び事象の進展予想を表1に示す。

表1 通常時において要求機能を喪失しうる事象を踏まえた
設計・施工上等の配慮及び事象の進展予想

部位 の名称	要求機能の喪失しうる事象	設計・施工上等の配慮	事象の進展予想
逆流防止設備 開口部	・フラップゲート摺動部等の経年劣化や、砂礫や海生生物を含んだ流水による開口部及びフラップゲートにすりへりが発生することによって、津波防護機能を喪失する。 	・摺動部等の経年劣化や砂礫や海生生物(主に貝)に対して、十分な強度を有する材料で設計を行う。 ・「水門鉄管技術基準(水圧鉄管・鉄鋼構造物編)令和4年版(社)水門鉄管協会)」によれば、管の摩耗による板厚の減少に対して余裕厚を確保する方法が用いられていることから、鋼製部材に対して適切な余裕厚を詳細設計段階で設定する。	・経年劣化及びすりへり現象は事象の進展速度が緩速であるものと想定される。 ・なお、放水路内は原子炉補機冷却海水ポンプの排水のためのため、砂礫や海生生物は極めて少ない。
	・貝が開口部に付着し、開口部の海水が流れにくくなり、放水機能を喪失する。 	・定期的な点検時に貝が確認された場合には除去を行う。 ・文献等を踏まえ貝が付着しない流速を参照し、貫通部に貝付着を防止する観点から付着しにくい流速となっていることを確認する。	・貝は時間をかけて成長することから、事象の進展速度が緩速であるものと想定される。 ・なお、放水路内は原子炉補機冷却海水ポンプによる放水のためのため、砂礫や海生生物は極めて少なく、開口部への付着の可能性は低い。

	・水路内に入った貝や異物（貝の死骸等）が開口部前面に付着、堆積し開口部を塞ぐことで開口部の水が流れにくくなり、放水機能を喪失する。 	・定期的な点検時に貝が確認された場合には貝や異物の除去を行う。 ・貝は時間をかけて成長し、死骸も同様に徐々に増えることから、事象の進展速度が緩速であるものと想定される。 ・なお、放水路内は原子炉補機冷却海水ポンプによる放水のみのため、砂礫や海生生物は極めて少なく、開口前面部へ付着、堆積する可能性は低い。
--	--	---

逆流防止設備は、先に述べた通り、頑健で耐久性のある鋼製の構造物であるとともに、施工はドライ環境で確実にでき、機能が喪失しうる事象に対しては、設計・施工上等の配慮を行った上で、事象の進展速度が緩速であることを示した。

これを踏まえると、通常時における津波防護機能維持の確認方法としては、定期的な放水、カメラ等による点検が有効と考えられる。

施工の段階で寸法管理が確実にできることから、点検については有意な損傷や変状に着目し実施する。

点検内容（案）

- ① 逆流防止設備は放水路内部に設置された設備となるため、点検は定期点検時に合わせ実施する。
- ② 放水路については定期的な放水、カメラ等による目視点検、清掃等を実施する。
- ③ 損傷や変状の状況に応じ、詳細な点検を行う。
- ④ 点検結果を踏まえ、必要に応じ点検期間の見直しを行う。

事象の進展影響として各構造物における水位の変動が考えられるが、水位による事象検出は難しく、定期的な放水等による直接的な点検が維持管理には適しているものと考えられる。

○女川2号炉の審査実績（女川1号炉への取放水路流路縮小工の設置）を踏まえた比較

- ・女川2号炉では、1号炉の取水路及び放水路に流路縮小工を設置し、取水機能及び放水機能へ影響を与えるため、1号炉のプラント状態において機能要求がある系統を抽出し、1号炉への悪影響の整理として、設置変更許可申請書等の記載事項への反映要否を確認している。
- ・泊3号炉も同様に、1号及び2号炉の放水路に逆流防止設備を設置するため、泊1号及び2号炉のプラント状態で求められる機能要求への影響について確認した。以下に女川2号炉と泊3号炉を比較した結果を示す。

No.	比較項目		泊3号炉	女川2号炉
	津波防護対策	設置対象のプラント 津波防護施設	1号及び2号炉 逆流防止設備	1号炉 取放水路流路縮小工
2	No. 1のプラントの審査上の位置付け		供用プラント（設置変更許可申請中）	廃止措置プラント
3	審査時のNo. 1のプラント状態		原子炉容器へ燃料は装荷されていないプラント停止状態	
4	No. 2かつNo. 3のプラント状態において機能要求がある取水系統 [※] 及びその用途		・系統：原子炉補機冷却海水系 ・用途：上記系統にて、使用済燃料ピットの冷却、外部電源喪失時のディーゼル発電機の冷却及び空調用冷凍機の冷却を行う。	・系統：①原子炉補機冷却海水系、②非常用補機冷却海水系 ・用途：①により使用済燃料プールの冷却、②により非常用ディーゼル発電機の冷却を行う。
5	津波防護対策に求められる機能要求		放水路から敷地への津波の流入を防止し、放水機能を維持すること。	
6	No. 5の機能要求を満たすための前提条件		海水の放水機能の確保のため、循環水ポンプ停止が前提	

※なお、海水の取水系統としては、泊1号及び2号炉は、原子炉補機冷却海水系及び循環水系があり、女川1号炉は残留熱除去海水系、非常用補機冷却海水系、原子炉補機冷却海水系及び循環水系があり、この中から燃料未装荷のプラント停止状態において機能要求がある系統を抽出している。

- ・泊3号炉の逆流防止設備は、放水路に設置する津波防護対策であり、女川2号炉の取放水路流路縮小工に求められる機能要求や前提条件（No. 3～6）と同様であるため、設置変更許可申請書等の記載事項への反映等は、女川との相違点（女川1号炉は廃止措置プラント、泊1号及び2号炉は設置変更許可申請中のプラント）を踏まえ女川の審査実績と比較し、整理を行った。

逆流防止設備設置による許認可上の取り扱い（他社先行プラントとの差異）（１／４）

逆流防止設備の設備分類、耐震重要度、安全重要度及び許認可上の扱いを女川２号炉の審査実績を踏まえ、以下の通り整理した。安全重要度は、取水路に設置する津波防護施設に対し重要安全施設とした実績のある高浜３号炉及び４号炉との差異を整理した。

項目	泊３号炉	女川２号炉との差異	高浜３号炉及び４号炉との差異
設備分類	津波防護施設	差異なし	差異なし
耐震重要度	耐震Ｓクラス	差異なし	差異なし
安全重要度	【対象設備】 逆流防止設備 【整理結果】 ・逆流防止設備は、津波が敷地へ流入することを防止し、重要な安全機能を有する設備を防護するために必要な設備であるため、津波防護施設として信頼性を確保した設計とする。 ・他社先行審査実績でクラス１として設定している外部入力により動作する機構（駆動部）は設けない設計とする。	【対象設備】 取放水路流路縮小工 【整理結果】 差異なし	【対象設備】 取水路防潮ゲート 【整理結果】 取水路防潮ゲートは、外部入力により動作する駆動部（ゲート落下機構）を有し、重要安全施設（MS-1）としている。 一方、泊の逆流防止設備は、外部入力により動作する機構を有しない静的機器であるが、津波が敷地へ流入することを防止し、重要な安全機能を有する設備を防護するために必要な設備であるため、津波防護施設として信頼性を確保した設計とする。

逆流防止設備設置による許認可上の取り扱い（他社先行プラントとの差異）（2/4）

項目	泊3号炉	女川2号炉との差異
設置変更許可	○設置変更許可申請（補正）の要否 ・3号炉の津波防護施設の位置付けのため、本文記載事項を変更する工事に該当し、設置変更許可申請（補正）を行う。 ・1号及び2号炉の新規制基準適合性審査においては、逆流防止設備を撤去し、防水壁等の1号、2号及3号炉の共用の津波防護対策として設置変更許可申請（補正）し、適合性について説明する方針である。 ○設置変更許可申請書への記載方針 ➤ 設置変更許可申請書 本文 ・1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないことを前提とすることを記載する。（添付書類十にも記載する。） ➤ 設置変更許可申請書 添付書類八 ・1号及び2号炉の取水路に流路縮小工、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、1号及び2号炉の循環水ポンプの停止を前提とすることを記載する。（1.5 耐津波設計） ・1号及び2号炉の取水路及び放水路に対しては、津波の流入を防止するため、流路縮小工及び逆流防止設備を設置することが、1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載する。（10.6 津波及び内部溢水に対する浸水防護設備） ○津波防護施設として1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計 逆流防止設備設置後も原子炉補機冷却海水系に必要な流量を確保し、1号及び2号炉の放水機能に影響を与えない設計とする。	○設置変更許可申請（補正）の要否 ・差異なし ・女川1号炉は廃止措置プラントであるが、泊は設置変更許可申請中のプラントであることを踏まえた整理。 ○設置変更許可申請書への記載方針 ➤ 設置変更許可申請書 本文 ・差異なし ➤ 設置変更許可申請書 添付書類八 ・差異あり（ただし、島根2号炉と差異なし） ・差異なし ○津波防護施設として1号炉に悪影響を及ぼさない設計 差異なし

逆流防止設備設置による許認可上の取り扱い（他社先行プラントとの差異）（3/4）

項目	泊3号炉	女川2号炉との差異
工事計画認可	○設計及び工事の計画の認可申請の要否 ・3号炉の外郭浸水防護設備として、設計及び工事の計画の認可を申請する。 ・設置変更許可で示した逆流防止設備の機能及び仕様を含め、3号炉の工事計画書の本文及び添付資料で詳細設計の結果を示す。 ○設計及び工事の計画の認可申請書への記載方針 逆流防止設備は1号及び2号炉の放水路内に設置するため、1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないプラント停止状態の1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプの維持が必要であることを踏まえ、通常時及び外部電源喪失時における原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水機能に影響がない設計とすることを「基本設計方針」及び「添付書類（設備別記載事項の設定根拠に関する説明書）」に記載し、逆流防止設備の開口寸法を「要目表」に記載する。 ○津波防護施設として1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計 設置変更許可申請書へ1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載するに当たり、逆流防止設備について以下を考慮し設計する。 ・原子炉補機冷却海水ポンプの定格容量を確保でき、放水機能に影響を与えない開口寸法を設定する。	○設計及び工事の計画の認可申請の要否 ・差異なし ・差異なし ○設計及び工事の計画の認可申請書への記載 差異なし ○津波防護施設として1号炉に悪影響を及ぼさない設計 ・差異なし

逆流防止設備に係る各審査段階の説明内容について

逆流防止設備は、3号炉新規制基準適合性審査の中で津波防護施設の位置付けであるため、津波時における敷地への津波の流入防止機能が要求される。また、1号及び2号炉の放水路内に設置することから、1号及び2号炉の放水機能に悪影響を与えない設計とする。

逆流防止設備の設置により1号及び2号炉の循環水ポンプの運転に伴う復水器冷却水の放水が困難になることから、設置変更許可申請書本文に「1号及び2号炉の原子炉容器に燃料が装荷されていないことを前提とする」ことを記載した上で、添付書類八に「1号及び2号炉の循環水ポンプの停止を前提とする」ことを記載する。

以上を踏まえ、逆流防止設備について3号炉の設置変更許可段階及び工事計画認可段階の説明内容を次表の通り整理した。

表 1 逆流防止設備に係る各審査段階の説明 (1/3)

項目	3号炉設置変更許可	3号炉工事計画認可
基本設計方針	放水路から遡上する津波が敷地へ流入することを防止するため、津波防護施設として1号及び2号炉放水路に逆流防止設備を設置することを説明する。	- 津波防護施設のうち逆流防止設備については、1号及び2号炉の放水路からの津波の流入を防止し、入力津波に対して浸水を防止する設計とする。また、1号及び2号炉の放水機能に悪影響を及ぼさない設計とする。 - 逆流防止設備については、津波防護機能並びに1号及び2号炉の放水機能を維持する運用を保安規定に紐づくQMS文書に定めて管理する。
1号及び2号炉の放水路からの敷地への津波の流入防止（3号炉 津波防護機能）	逆流防止設備は開口部を設けるとともに、フラップゲートを開口部に設けることで、津波の敷地 T.P. 10.0m への流入を防止することを説明する。	
通常時の1号及び2号炉の放水機能への影響	- 開口部が小さくなると水路の損失水頭が増加し、放水機能に影響を与えるため、通常時の放水ピット水位が原子炉補機冷却海水放水路下端高さとなる開口寸法を最小開口寸法（設計確認値（下限値））とし、その最小開口寸法（0.46m×0.46m）に対して逆流防止設備の開口寸法（1.0m×1.0m）が十分な余裕を持った開口寸法であることを説明する。 - 至近の定期点検時における調査結果では、前回定期点検後からの新たな貝等の付着は確認されていないことから、通常時において貝付着による閉塞の可能性は低いことを説明する。	逆流防止設備の開口寸法について、1号及び2号炉原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水機能に影響を及ぼさない設計確認値（下限値）の設定根拠をご説明する。

表 1 逆流防止設備に係る各審査段階の説明 (2 / 3)

項目	3号炉設置変更許可	3号炉工事計画認可
通常時の漂流物の閉塞による放水機能への影響	通常時の1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水系統等の排水の放水機能維持の観点で、放水路内に流入する可能性がある漂流物を選定し、漂流物の大きさや形状等から逆流防止設備の閉塞の可能性についてご説明する。	漂流物の影響に関しては、3号炉設置変更許可からの漂流物の変更有無を踏まえ、放水機能が確保されていることをご説明する。
津波来襲時の漂流物・浮遊砂・洗掘土砂による津波防護機能への影響について	津波来襲時に漂流物・浮遊砂・洗掘土砂が放水路内に流入する可能性についてご説明し、逆流防止設備の閉動作に与える影響についてご説明する。	漂流物の影響に関しては、3号炉設置変更許可からの漂流物の変更有無を踏まえ、逆流防止設備の閉動作に与える影響がないことをご説明する。
施設管理	保安規定に紐づく社内規程で定める保全計画に基づき、定期的な放水、カメラ等による点検、清掃等を実施し、変状が確認された場合は、詳細な調査を行うことをご説明する。	3号炉設置変更許可の内容に基づき、保安規定に紐づく社内規程で定める保全計画に基づき施設管理していくことをご説明する。
通常時に閉塞・閉固着した場合の異常の検知性について	通常時の1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水系統等の排水の放水機能維持の観点で、逆流防止設備が仮に閉塞・閉固着した場合における検知の方法についてご説明する。また、検知後の対応として、日常点検や中央制御室への警報発報により異常を検知した後、保安規定に紐づくQMS文書に基づき対応することをご説明する。	3号炉設置変更許可の内容に基づき検知の方法及び保安規定に紐づくQMS文書に基づき対応することをご説明する。
通常時に開固着する可能性と異常の検知性について	- 逆流防止設備の設置環境や通水時の接液状況等から通常時に逆流防止設備のフラップゲートが開固着する可能性は低いことをご説明した上で、定期的にカメラによりフラップゲートの軸が固着していないことを確認し、3号炉の津波防護施設としての機能維持を確認することをご説明する。 - 上記の検査により逆流防止設備の摺動部に異常が検知された場合には、保安規定に紐づくQMS文書に基づき対応することをご説明する。	

表 1 逆流防止設備に係る各審査段階の説明 (3 / 3)

項目	3号炉設置変更許可	3号炉工事計画認可
逆流防止設備の損傷モードを踏まえた設計	・ 逆流防止設備の各部位が損傷により要求機能を喪失しうる事象を抽出し、これに対する設計・施工上の配慮事項を示した上で、梁の追加によるアンカーボルトの増設・分散配置、強度を考慮した板厚の設定、構造補強を行うことで、構造成立性の確保は可能であることを説明。 ・ 摺動部の経年劣化や砂礫や海生生物(主に貝)によるすりへり事象に対して、十分な強度を有する材料で設計を行うことをご説明する。	・ 3号炉設置変更許可で示した方針、要目表に示す設計値を踏まえ、津波時及び重畳時における耐震計算書及び強度計算書にて十分な構造強度を有していることをご説明する。

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，放水路を遡上する津波に対して，放水ピットから敷地への津波の流入を防止するための設備であり，3号炉の津波防護施設である。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. 流路縮小工の設置目的と構造概要

(1) 流路縮小工の設置目的

流路縮小工は，放水路から遡上する津波に対して，放水ピットをコンクリート構造物により開口縮小することで流路抵抗を増加させ，放水ピット上端開口部から敷地へ流入することを防止するために設置するものである。

(2) 流路縮小工の構造概要（図2,表1）

流路縮小工は，放水ピット上部工に設置するコンクリート構造物であり，循環水管の下端よりも上部に設置する。流路縮小工には，原子炉補機冷却海水放水路及び温水ピット排水配管等からの排水を放水ピット立坑へ放水するための排水路（幅5m・深さ1mの溝， $\phi 4\text{m}$ 立坑及び $\phi 1.5\text{m}$ 配管）を図2の通り設ける。また，流路縮小工には，循環水系の水張・初期通水時の管内の空気抜きのため，

 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。

循環水管近傍にベント管を設ける。津波来襲時は、流路縮小工の排水路（φ 4 m 立坑及び φ 1.5m 配管）による流路抵抗の増加により、津波の敷地への流入を防止する。放水ピットについては、流路縮小工の間接支持構造物としての機能が維持できるよう、コンクリートの増厚による補強を実施する。流路縮小工の詳細構造については、参考 3 に示す。

なお、原子炉補機冷却海水放水路が接続される放水ピット上部工内側壁面には 3 号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備が設置されるが、本設備の目的、構造等に関しては、添付資料 38 にて詳細を示す。

表 1 流路縮小工を構成する内容と役割

項目	役割
コンクリート構造物	・放水ピット立坑からの津波の遡上量を低減させることにより、敷地への津波の流入を防止する。
排水路（配管）	・原子炉補機冷却海水等の排水路 ・津波遡上時の流路縮小効果
排水路（立坑）	・原子炉補機冷却海水等の排水路 ・津波遡上時の流路縮小効果
排水路（溝）	・原子炉補機冷却海水等の排水路
ベント管	・循環水ポンプ水張・通水時の空気抜き ・放水ピットの自由水面の維持

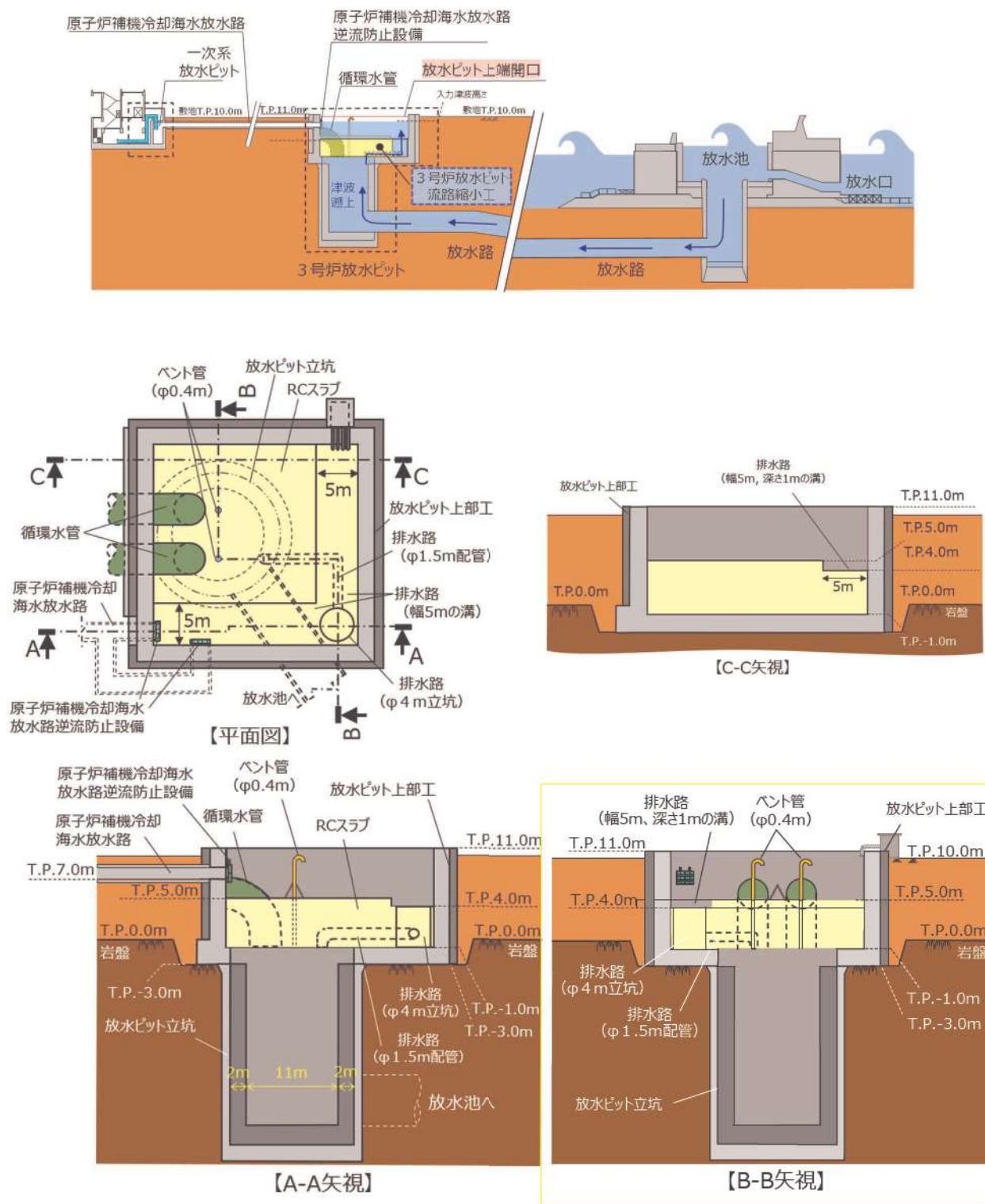


図2 流路縮小工の構造概要

3. 流路縮小工設置による放水機能への影響について

(1) 既設設備が有する機能と役割について

流路縮小工設置による既設設備への影響評価に当たり、放水ピットに関係する既設の設備が本来有する機能と役割を整理した。

a. 放水設備

(a) 概要

放水設備は放水ピット、放水路、放水池及び放水口で構成される。放水ピットは、タービン駆動蒸気と熱交換された復水器冷却水、原子炉補機冷却水冷却器等と熱交換された原子炉補機冷却海水、及び温水ピット排水等のその他の排水を合流させて放水路へと導く設備（図3）であり、放水ピットと放水池の水頭差により海水等を外海に水中放流する。放水設備の設計流量は、復水器冷却水として約 $64\text{m}^3/\text{s}$ 、原子炉補機冷却海水系等で約 $2\text{m}^3/\text{s}$ 、合計約 $66\text{m}^3/\text{s}$ として設計している。

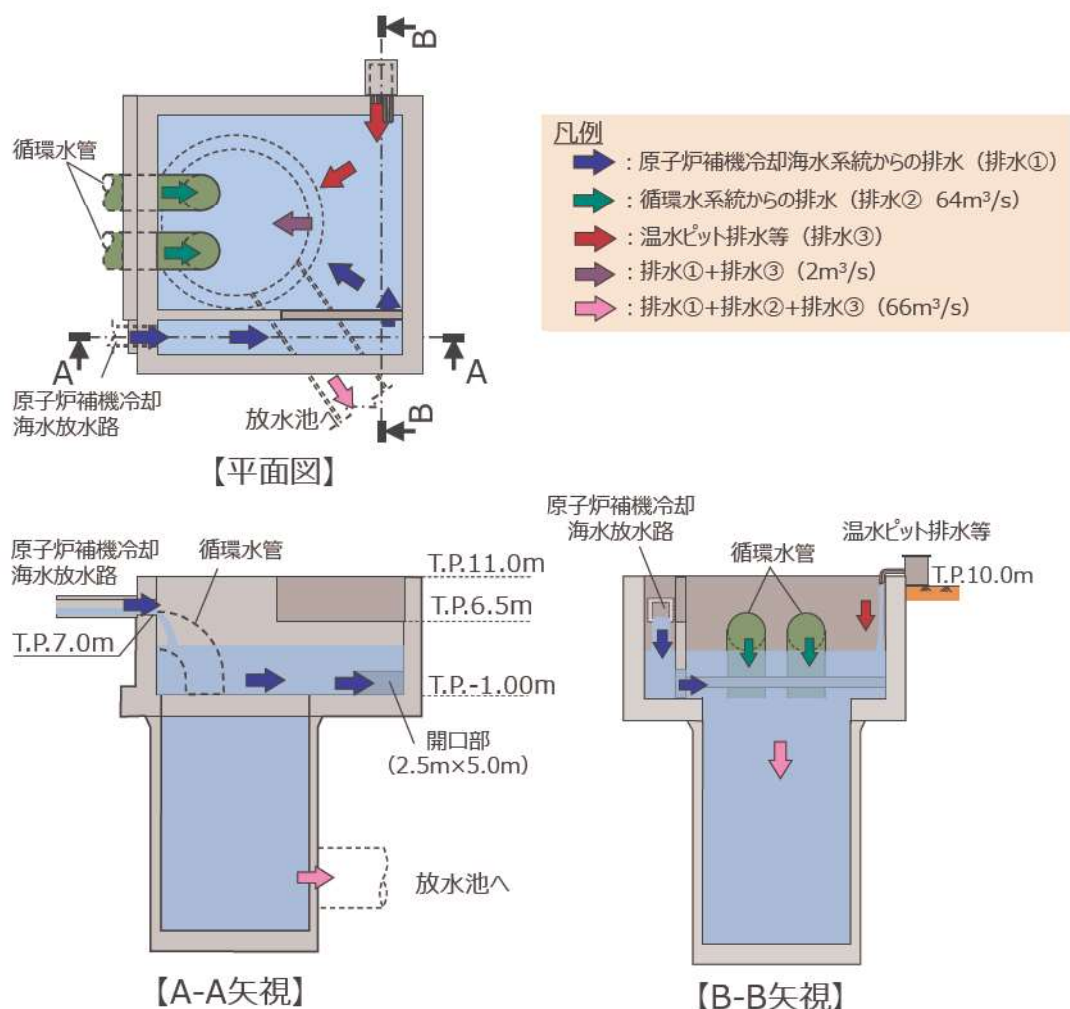


図3 放水ピット内の各排水の放水経路
(流路縮小工施工前)

(b) 放水設備に対する規制上の要求事項

○安全重要度：P S－3

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

○耐震重要度：耐震Cクラス

放水設備は、耐震Sクラス及び耐震Bクラスに属する施設以外の施設のため、耐震Cクラスに該当する。

(c) 放水ピット寸法及び形状設定の考え方

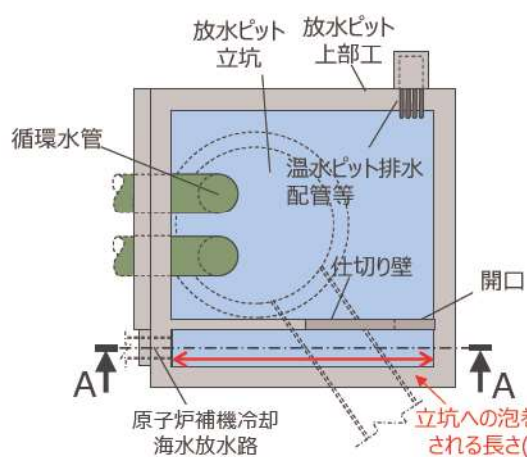
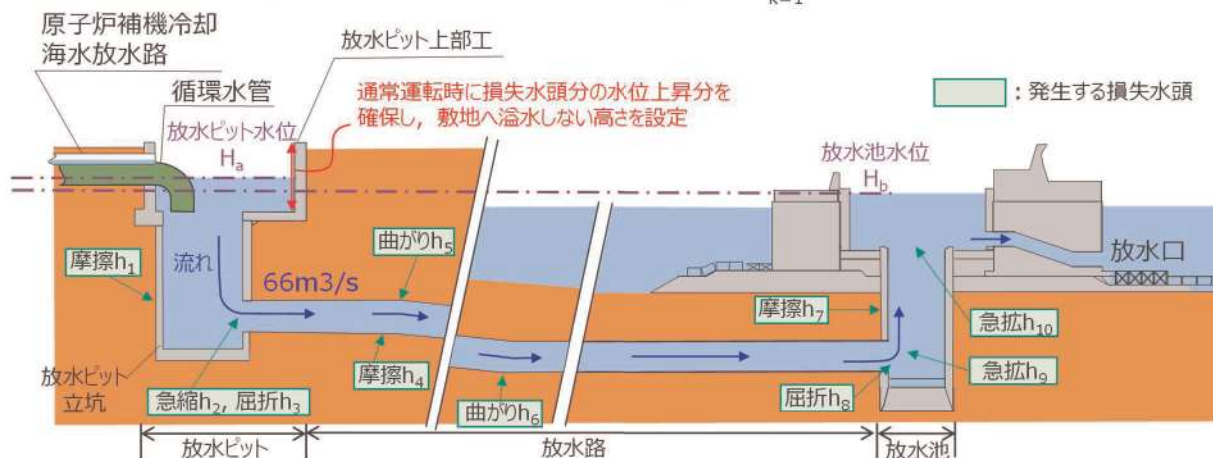
流路縮小工の設置により放水ピットの内空形状が変わることから、既設の機能への影響評価を行うため、既設の放水ピットの寸法及び形状に関する設計根拠を整理した（図4）。

放水設備は、放水ピットと放水池の水頭差を利用して外海へ放水する設計であり、放水ピットの天端高さは、設計流量 $66\text{m}^3/\text{s}$ で海水を放水した際に生じる管路の損失水頭を考慮しても、放水ピットから敷地へ流入しない高さ（T.P. 11.0m）を確保している。

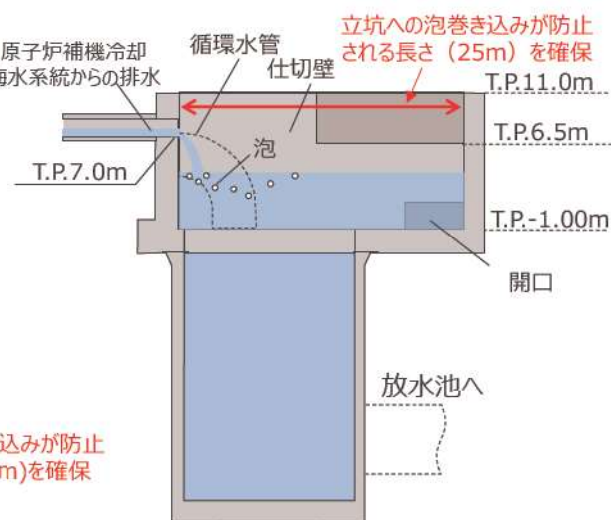
放水ピットの立坑部は建設時に放水路の施工を行う上で、施工性の観点から放水路の内径以上を確保している。放水ピット立坑の上部に設置されている上部工は、この立坑部を囲うように設置しており、施工性・構造強度の観点で正方形形状を採用している。また、放水口周辺の景観への配慮のため、原子炉補機冷却海水放水路からの落水により発生する泡が、放水ピット立坑を経由して放水口へ流下しないように、原子炉補機冷却海水放水路からの排水が迂回経路を取るよう仕切壁を設置し、泡が浮上する長さとして25mの幅寸法を確保している。

■ 放水ピット水位の算出式

$$\text{放水ピット水位 } H_a(\text{m}) = \text{放水池水位 } H_b(\text{m}) + \text{放水時の管路損失 } \sum_{k=1}^{10} h_k(\text{m})$$



【3号炉放水ピット 平面図】



【A-A矢視】

図4 放水ピット寸法及び形状設定の考え方について

b. 放水ピットに放水する既設施設

(a) 概要

① 原子炉補機冷却海水系 (図5)

原子炉補機冷却海水系は、通常運転、過渡変化時、事故時等のプラントのあらゆる運転モードにおいて、安全上重要な機器である原子炉補機冷却水冷却器、非常用ディーゼル発電機等に海水を供給し、最終的な熱の逃がし場である海へ熱を輸送する設備であり、取水ピットから取水した冷却海水を各冷却器を通し、熱交換された排水を電気建屋内に設置されている一次系放水ピットへ導き、原子炉補機冷却海水放水路を通して放水ピットへ放水される。通常時、原子炉補機冷却海水系は原子炉補機冷却海水ポンプ全4台のうち2台運転し、約 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ($1,700\text{m}^3/\text{h} \div 0.5\text{m}^3/\text{s} \times 2$ 台) で放水され、外部電源喪失によりブラックアウトシーケンスが作動しポンプ4台全台が運転した場合には、約 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ の海水が放水される。

原子炉補機冷却海水系はサイフォン効果を利用して原子炉補機冷却海水ポンプにより各機器まで送水しており、原子炉補機冷却海水ポンプの実揚程は、取水ピットと一次系放水ピットの水位差となる。原子炉補機冷却海水系の海水放出口はダムアップ方式を採用しており、放水管下端高さ (T.P. 6.7m) を原子炉補機冷却海水放水路下端高さ (T.P. 7.2m) よりも低く設計し一次系放水ピットの水面をダムアップすることにより、自由水面 (大気開放位置) と高位置の海水配管との高さがサイフォンリミット以内となるよう設計し、高位置における海水管中の静圧低下を防止している。

なお、原子炉補機冷却海水系は、放水経路となる放水路が万一閉塞した場合でも、プラント安全停止に必要な最低限の海水を通水させるため、一次系放水ピット上部に開口部 (T.P. 10.4m) を設け、当該開口部から海水を通水できる設計としていた。Ss 機能維持としない範囲である放水路が地震により万一閉塞した場合においては、設置許可基準規則第5条 (津波による流入の防止) の基準適合の観点では、津波が流入しない結果となるが、設置許可基準規則第4条 (地震による損傷の防止) の基準適合の観点では、原子炉補機冷却海水系の排水や地下水の排水を放水ピットまで確実に導き、敷地の標高差による自然流下によって構内排水設備に導き外海へ排水可能な設計とする必要があるため、放水ピット上部開口部 (T.P. 11.0m) よりも低所にある一次系放水ピット上部開口部

(T.P. 10.4m) を閉鎖し、原子炉補機冷却海水系の排水や地下水の排水を放水ピットの上部開口部から排出させる方針としている (「設置許可基準規則第4条 (地震による損傷の防止)」に対する適合性 別添資料 別紙 11 添付資料 7 参照)。

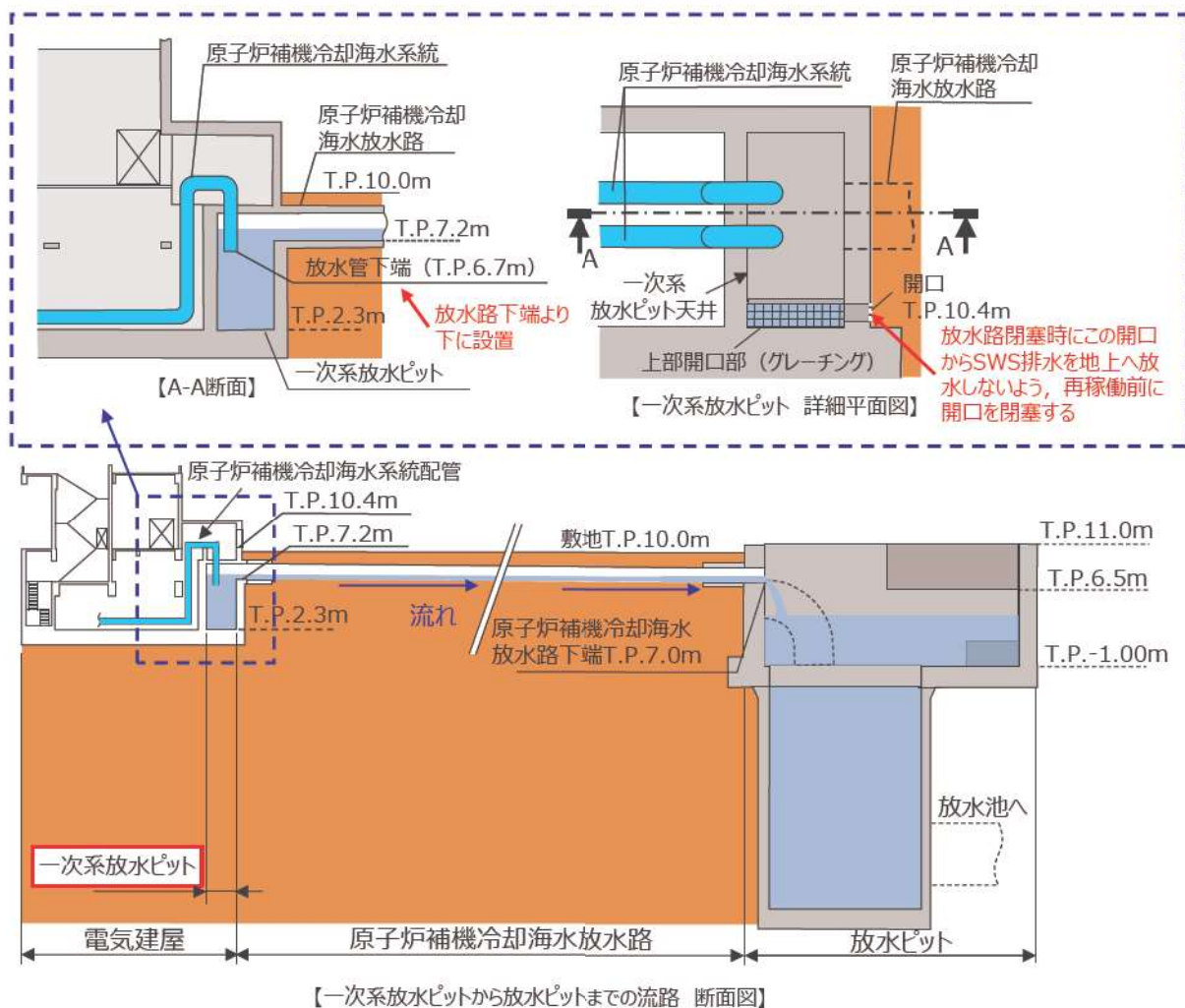


図5 原子炉補機冷却海水系の放水経路

② 循環水系

循環水系は、取水ピットから循環水ポンプにより取水した海水をタービン建屋に設置している復水器へ送水し、タービン駆動蒸気と熱交換された冷却水を放水ピットへ放水する。通常時、循環水系は可動翼型の循環水ポンプ全2台のうち2台運転となり、定格運転時に約 $64\text{m}^3/\text{s}$

($114,000\text{m}^3/\text{h} \times 2$ 台) で通水される。循環水系は原子炉補機冷却海水系と同様にサイフォン効果を利用して循環水ポンプにより復水器まで送水しており、循環水ポンプの実揚程は、取水ピットと放水ピットの水位差として設計されている。そのため、循環水ポンプの起動時には、復水器水室出口の空気抜き弁や復水器水室の空気抜きポンプで空気抜きを行い、サイフォンを形成しながら水張・初期通水を実施している。なお、系統内の空気抜きは上記の弁やポンプを利用して実施するものの、一部の空気は海水の流れに伴って下流に流れていき、放水ピットの自由水面から放出される（図6）。

また、循環水系は外洋潮位により放水ピット水位（大気開放位置）が低下した場合も、系統の高位置（復水器出口水室トップチューブ及び循環水管頂部）との高さがサイフォンリミット以内となることを確認している。

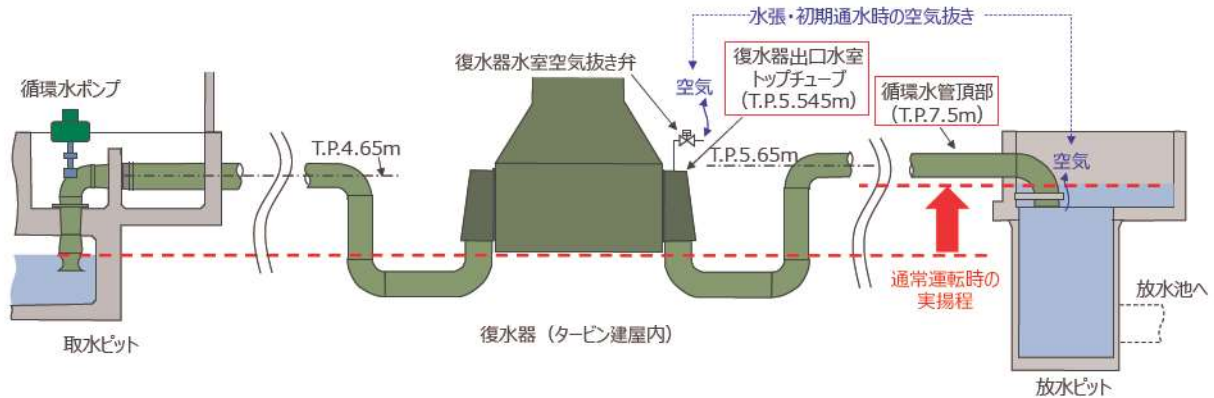


図6 3号炉循環水系の放水経路

③ その他、放水ピットに放水する排水系

放水ピットには原子炉補機冷却海水系や循環水系からの排水のほか、タービン建屋内ピット（温水ピット、海水ピット）からの排水、給排水処理後の排水（定常排水処理水、非定常排水処理水）、定検用軸冷水海水管、海水淡水化設備からの排水（濃縮海水排水）及び原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ排水が放水されている。これらの配管からの排水は原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ排水のように定常的に流れるものと、温水ピット排水のようにタービン建屋に設置されているピットの水位が一定以上になった際にポンプが起動し放水される非定常の排水がある。いずれの排水配管も放水管の下端はT.P. 10.3mであり放水ピットの高位置に敷設され、気中放水されている（図7）。

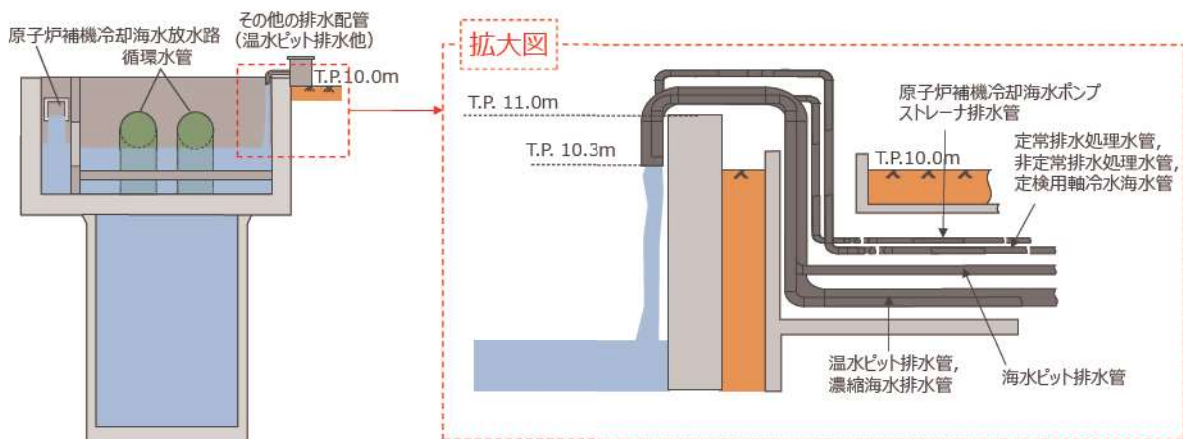


図7 放水ピットに敷設されているその他排水配管

(b) 規制上の要求事項

放水ピットに放水する既施設（原子炉補機冷却海水系、循環水系及び温水ピット排水等の排水系）の安全重要度及び耐震重要度は以下のとおり。

○安全重要度：MS－3（原子炉補機冷却海水系），PS－3（循環水系），クラス外（温水ピット排水等の排水系）

放水ピットに放水する既施設のうち、原子炉補機冷却海水系（海水放出ライン）は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」において、「安全上必須なその他の構築物、系統及び機器」のうち、当該系の原子炉補機冷却海水系（MS－1）の間接関連系としてMS－3に該当する。

循環水系は、「異常事態の起因事象となるものであって、PS－1及びPS－2以外の構築物、系統及び機器」のうち、当該系のPS－3に該当する。

また、温水ピット排水等の排水は、「安全機能に関連しない構築物、系統及び機器」に該当する。

○耐震重要度：耐震Cクラス（原子炉補機冷却海水系、循環水系、温水ピット排水等の排水系等）

放水ピットに放水する既施設の原子炉補機冷却海水系（海水放出ライン）、循環水系及び温水ピット排水等の排水系は、放水先の放水ピットと同様に耐震Cクラスに該当する。

(2) 流路縮小工設置により既設機能に与える影響

(1) で整理した既施設が有する機能と役割を踏まえ、流路縮小工設置により既設機能に与える影響を以下の通り整理した。

a. 排水経路の変更による影響

流路縮小工の設置により、原子炉補機冷却海水放水路からの排水と温水ピット排水等の排水経路が縮小され、損失水頭が増加することになるため、各設備の放水機能に影響を与える可能性がある。また、流路縮小工の間接支持構造物となる放水ピットの耐震性確保のためのコンクリートによる補強により、放水ピット立坑の流路が既設のφ15mからφ11mへ縮小されるため、放水設備の排水性に影響を与える可能性がある。流路縮小工設置による損失水頭の増分に関する検討については、参考1に示す。

b. 循環水系の水張・初期通水時の空気抜きへの影響

循環水管上部に流路縮小工を設置することにより，これまで循環水系の水張・初期通水時に放水ピットの自由水面から放出されていた空気の移動が制限されるため，残留空気により循環水系の放水機能に影響を与える。

c. 循環水ポンプ揚程への影響

流路縮小工の設置により放水ピットの水位が上昇した場合，循環水ポンプの実揚程が変更となり，循環水系の放水機能に影響を与える。

(3) 流路縮小工設置により既設機能に与える影響への評価

a. 排水経路の変更による影響

(a) 放水設備の放水機能に与える影響について

① 通常時

参考 1 で評価したとおり，流路縮小工の設置により増加する損失水頭は約 1 m であり，放水ピットの自由水面の水位がわずかに上昇するものの，放水ピット上端高さ (T. P. 11. 0m) よりも低い水位で維持されるため，通常時に放水ピットから敷地への系統水の流入は生じない (表 2)。

表 2 流路縮小工設置による放水設備の放水機能への影響

流路縮小工	放水設備 流量	放水設備流量の内訳		潮位	放水ピットの 自由水面の水位※3	放水ピット 上端高さ
		循環水系	循環水系以外			
設置前	66 m ³ /s	64 m ³ /s	2. 0 m ³ /s※1	T. P. 0. 41m※2	T. P. 3. 90m	T. P. 11. 0m
設置後					T. P. 4. 90m	

※ 1 通常時の原子炉補機冷却海水系はポンプ 2 台運転であるが，放水ピットへの温水ピット排水等の排水量を考慮し，ポンプ 4 台運転時の流量 (0. 5m³/s×4 台) を排水路流量とした。

※ 2 「別添資料 1 1. 5 水位変動・地殻変動の考慮」の潮位等の考慮方法と同様，朔望平均満潮位 (T. P. 0. 26m) に潮位のばらつき (0. 14m) と観測地点の潮位差 (0. 01m) を加算したもの。

※ 3 流路縮小工における排水路の摩擦，急縮，急拡等を考慮 (「参考 1」参照)

② 津波来襲時

津波来襲時は流路縮小工により放水ピットへの津波の流入が抑制され，放水ピットの入力津波高さが T. P. 7. 4m であることから (別添資料 1 2. 2 章参照)，敷地高さ (T. P. 10. 0m) よりも十分に低い水位であり，放水ピットから敷地への津波の流入は生じない。