

資料 1 - 2

泊発電所 3 号炉 審査資料	
資料番号	DB05 r. 3. 17
提出年月日	令和5年5月15日

泊発電所 3 号炉

設置許可基準規則等への適合状況について
(設計基準対象施設等)

第5条 津波による損傷の防止

令和5年5月
北海道電力株式会社

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。

泊発電所 3 号炉
耐津波設計方針について

津波防護対策の設備の位置づけについて

泊発電所 3 号炉では、種々の津波防護対策設備を設置している（図 1）。

本書では、これらの津波防護対策設備の分類について、各分類の定義や目的を踏まえて整理した（表 1）。

また、津波防護対策の設置による既設の施設への影響について別紙 1 に整理した。

今回説明対象

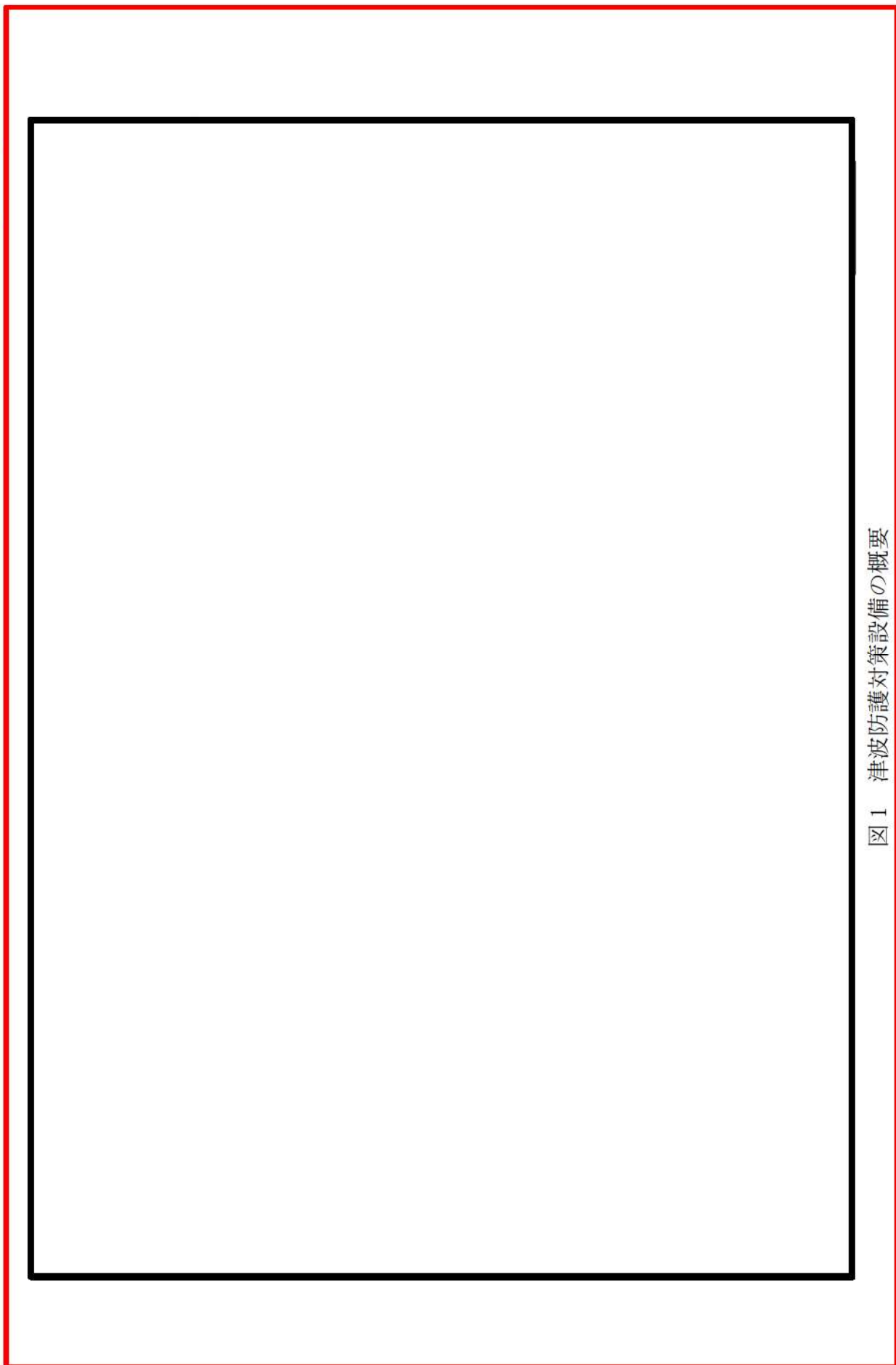


図1 津波防護対策設備の概要

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。



表1 各津波防護対策設備の分類整理 (1/3)

分類	定義	施設・設備	施設・設備の目的	防潮堤	防水壁	1号及び2号炉取水路流路縮小工	1号及び2号炉放水路逆流防止設備	3号炉放水ピット流路縮小工	貯留堰
津波防護施設	外郭防護及び内郭防護を行う土木、建築構造物 ^{※1}	・防潮堤(既存地山による自然堤防を含む) ^{※1} ・防潮壁 ^{※1}	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない(外郭防護) ^{※1}	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物(外郭防護1)	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物(外郭防護1)	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物(外郭防護1)	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物(外郭防護1)	○ 敷地内に津波を浸水させない土木構造物(外郭防護1)	○ 引き波時において、原子炉補機冷却海水ポンプによる補機冷却に必要な海水を確保する土木構造物
		・建屋等の内壁や床(建屋間境界壁を含む) ^{※1}	・浸水防護重点化範囲内に、地下水や内部溢水を浸水させない(内郭防護) ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
浸水防止設備	外郭防護及び内郭防護を行う機器・配管等の設備 ^{※1}	・防潮堤・防潮壁に取りつけた水密扉等、止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備 ^{※1}	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない(外郭防護) ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
		・建屋等の壁や床に取りつけた水密扉や止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備 ^{※1}	・浸水防護重点化範囲内に、津波や内部溢水及び地下水を浸水させない(内郭防護) ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
津波監視設備	津波の挙動を把握する設備 ^{※1}	・取水ピット水位計 ・敷地の潮位計 ・津波監視カメラ ^{※1}	・外郭防護及び内郭防護の機能を確実に確保するために、サイト特有の津波挙動を把握する ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない

※1:「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」P26「3.8 津波防護施設, 浸水防止設備, 津波監視設備の分類」より抜粋

表1 各津波防護対策設備の分類整理 (2/3)

分類	定義	施設・設備	施設・設備の目的	屋外排水路逆流防止設備	水密扉	浸水防止蓋貫通部止水蓋	ドレンライン逆止弁	貫通部止水処置
津波防護施設	外郭防護及び内郭防護を行う土木、建築構造物 ^{※1}	・防潮堤（既存地山による自然堤防を含む） ^{※1} ・防潮壁 ^{※1}	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護） ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
		・建屋等の内壁や床（建屋間境界壁を含む） ^{※1}	・浸水防護重点化範囲内に、地下水や内部溢水を浸水させない（内郭防護） ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
浸水防止設備	外郭防護及び内郭防護を行う機器・配管等の設備 ^{※1}	・防潮堤・防潮壁に取りつけた水密扉等、止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備 ^{※1}	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護） ^{※1}	○ 屋外排水路に設置したその他浸水防止に係る設備（外郭防護1）	○ 防水壁に設置した水密扉（外郭防護1）	○ 原子炉補機冷却海水ポンプエリアに設置した浸水防止蓋（外郭防護1） 防水壁に設置した貫通部止水蓋（外郭防護1）	○ 原子炉補機冷却海水ポンプエリアに設置したその他浸水防止に係る設備（外郭防護1）	○ 原子炉補機冷却海水ポンプエリアに施したその他浸水防止に係る設備（外郭防護1）
		・建屋等の壁や床に取りつけた水密扉や止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備 ^{※1}	・浸水防護重点化範囲内に、津波や内部溢水及び地下水を浸水させない（内郭防護） ^{※1}	× 該当しない	○ 原子炉建屋及び原子炉補助建屋に設置した水密扉（内郭防護）	× 該当しない	○ 原子炉建屋に設置したその他浸水防止に係る設備（内郭防護）	○ 原子炉補機冷却海水ポンプエリア、原子炉建屋及び原子炉補助建屋に施したその他浸水に係る設備（内郭防護）
津波監視設備	津波の挙動を把握する設備 ^{※1}	・取水ピット水位計 ・敷地の潮位計 ・津波監視カメラ ^{※1}	・外郭防護及び内郭防護の機能を確実に確保するために、サイト特有の津波挙動を把握する ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない

※1：「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」P26「3.8 津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備の分類」より抜粋

表1 各津波防護対策設備の分類整理 (3/3)

分類	定義	施設・設備	施設・設備の目的	津波監視カメラ	取水ピット水位計	潮位計
津波防護施設	外郭防護及び内郭防護を行う土木、建築構造物 ^{※1}	・防潮堤（既存地山による自然堤防を含む） ^{※1} ・防潮壁 ^{※1}	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護） ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
		・建屋等の内壁や床（建屋間境界壁を含む） ^{※1}	・浸水防護重点化範囲内に、地下水や内部溢水を浸水させない（内郭防護） ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
浸水防止設備	外郭防護及び内郭防護を行う機器・配管等の設備 ^{※1}	・防潮堤・防潮壁に取りつけた水密扉等、止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備 ^{※1}	・敷地内に、津波を浸水及び漏水させない（外郭防護） ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
		・建屋等の壁や床に取りつけた水密扉や止水処理を施したハッチ等、止水処理を施した開口部等、その他浸水防止に係る設備 ^{※1}	・浸水防護重点化範囲内に、津波や内部溢水及び地下水を浸水させない（内郭防護） ^{※1}	× 該当しない	× 該当しない	× 該当しない
津波監視設備	津波の挙動を把握する設備 ^{※1}	・取水ピット水位計 ・敷地の潮位計 ・津波監視カメラ ^{※1}	・外郭防護及び内郭防護の機能を確実に確保するために、サイト特有の津波挙動を把握する ^{※1}	○ 原子炉建屋壁面及び防潮堤上部3号炉取水路付近に設置した津波監視カメラ	○ 3号炉取水ピットスクリーン室に設置した取水ピット水位計	○ 3号炉取水ピットスクリーン室に設置した潮位計

※1：「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」P26「3.8 津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備の分類」より抜粋

津波防護対策が既設の施設の機能に与える影響及び対応方針について

1. 概要

泊3号炉の津波防護対策（防潮堤を除く。以下同じ。）は、図1のフローに基づき、津波の流入の可能性のある取水路、放水路等の経路及び浸水防護重点化範囲に流入する可能性のある経路に対して実施する。表1に津波防護対策の既設との取り扱い及び先行審査実績の有無を整理した。既設との取り合いがない対策は、既設の施設に与える影響はないことから、既設との取り合いがある津波防護対策を抽出対象とした。また、既設との取り合いがある対策のうち、先行審査実績がある対策は、既設の施設への影響を踏まえた設計が実現可能であることから、本資料では先行審査実績がない対策または先行審査実績がある対策のうち泊3号炉で特徴的な対策を抽出対象とし、以下4つの対策について既設の施設の機能に与える影響を整理した。

【抽出対象】

- ・ 1号及び2号炉取水路流路縮小工
- ・ 1号及び2号炉放水路逆流防止設備
- ・ 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁
- ・ 3号炉放水ピット流路縮小工

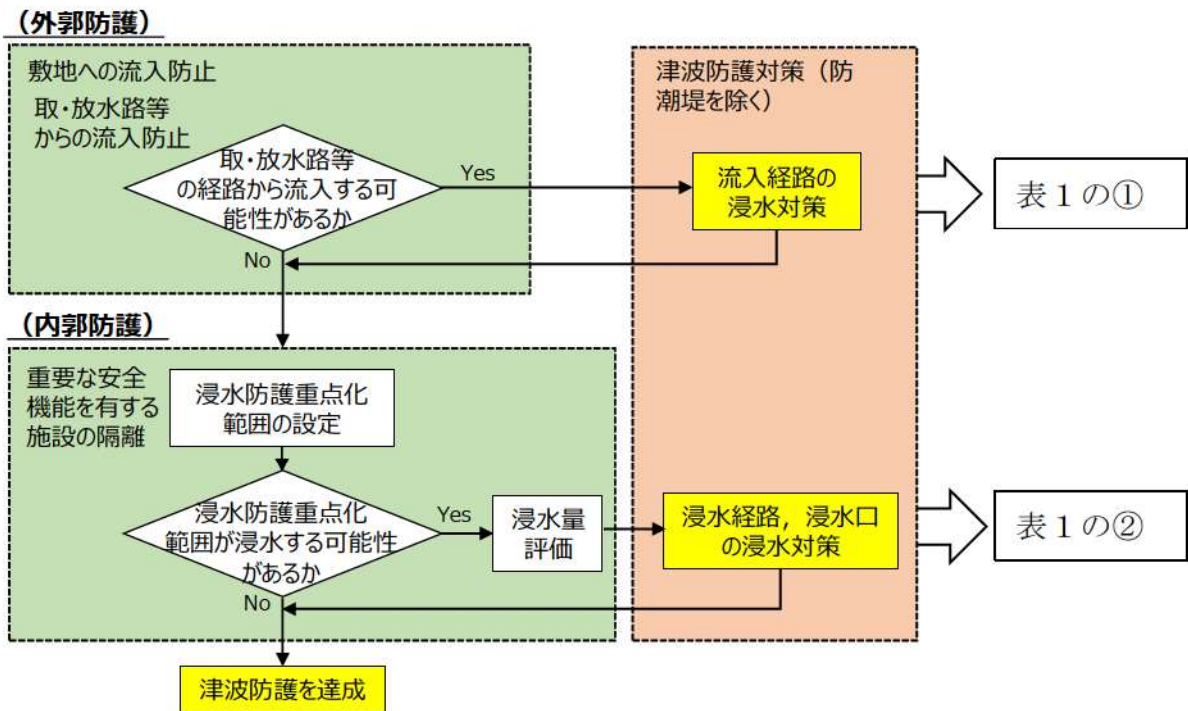


図1 津波防護対策（防潮堤を除く）の選定フロー

表1 津波防護対策（防潮堤を除く）の既設との取り合い及び先行審査実績の有無

津波流入の可能性のある経路		津波防護対策（浸水対策）		既設との取り合い	先行審査実績
1号及び2号炉	取水路	1号及び2号炉取水路流路縮小工		○	無し※1
	放水路	1号及び2号炉放水路逆流防止設備		○	有り※2
—	屋外排水路	屋外排水路逆流防止設備		×	有り
3号炉	取水路	3号炉取水ピットスクリーン室防水壁		○	有り※3
		3号炉取水ピットスクリーン室防水壁	水密扉	×	有り
			貫通部止水蓋	×	無し
		原子炉補機冷却海水ポンプエリア	ドレンライン逆止弁	○	有り
			浸水防止蓋	○	有り
			貫通部止水処置	○	有り
	放水路	3号炉放水ピット流路縮小工		○	無し※1
	地震による機器の損傷箇所	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	水密扉	○	有り
			貫通部止水処置	○	有り
		循環水ポンプエリア	貫通部止水処置	○	有り
原子炉建屋とタービン建屋との境界		ドレンライン逆止弁	○	有り	
	貫通部止水処置	○	有り		

- ※1 先行廃止措置プラントにおいては，取水路及び放水路に適用実績は有るが，供用プラントにおいて適用実績はない。
- ※2 先行プラントにおいて，補機冷却系放水路で逆流防止設備の適用実績は有り，機能，構造的について同様のものを採用予定だが，泊は設置箇所が放水路（暗渠）であり特徴的である。
- ※3 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁は，先行審査実績のある地上部設置部分以外に地下部も含めた防水壁構造（ピット方式）が特徴的である。

2. 津波防護対策が既設の施設の機能に与える影響

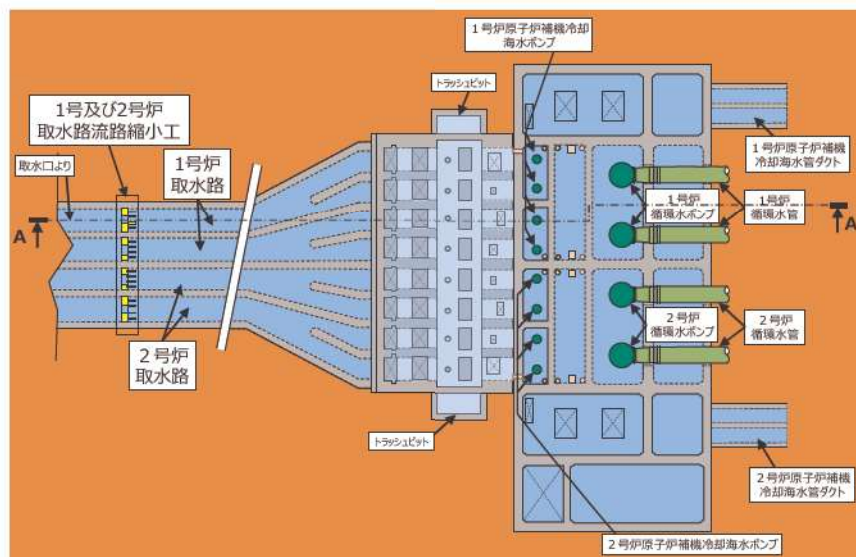
(1) 1号及び2号炉取水路流路縮小工

1号及び2号炉取水路流路縮小工は、1号及び2号炉取水路に設置する鋼製の構造物であり、既設の施設との取り合いは1号及び2号炉取水路であることから、当該施設への機能及び施設管理に与える影響とその対応方針を以下のとおり整理した*。1号及び2号炉取水路流路縮小工の構造や原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能に与える影響等含めて詳細は、添付資料31参照。
 ※添付資料31に記載のとおり、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して本整理は行った。

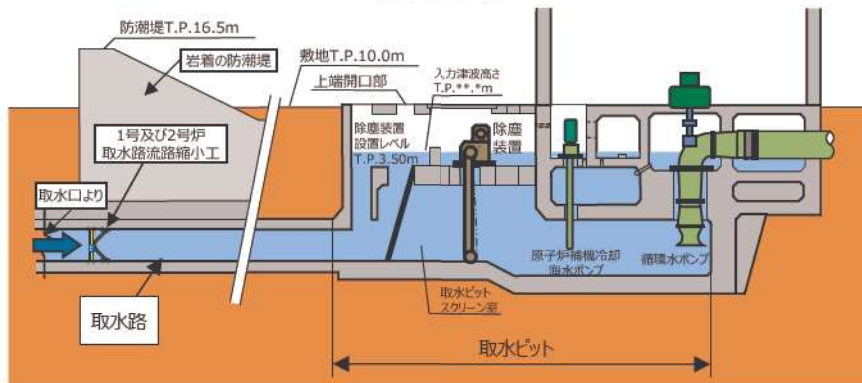
a. 既設の施設の機能に与える影響

(a) 対象となる既設の施設及び構造

既設影響の対象となる既設の施設は、1号及び2号炉取水路であり、構造は図2のとおり。



【平面図】



【A-A断面図】

図2 1号及び2号炉取水路 構造概要図

(b) 既設の施設（1号及び2号炉取水路）が本来有する機能

➤ 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、「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、「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。

➤ 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号炉取水路の防潮堤直下については、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。

また、1号及び2号炉建設時において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。

➤ 機能

1号及び2号炉取水路は、取水口で取込んだ海水を取水ピット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。

【設計要件】

1条あたり $1\text{ m}^3/\text{s}$ （原子炉補機冷却海水として $1\text{ m}^3/\text{s}$ ）

なお、1号及び2号炉のプラント通常運転状態においては、1条あたり $20\text{ m}^3/\text{s}$ （復水器冷却水として $19\text{ m}^3/\text{s}$ 、原子炉補機冷却海水として $1\text{ m}^3/\text{s}$ ）

(c) 既設の施設の機能に与える影響及び対応方針

【既設の施設の機能に与える影響の有無】

- 1号及び2号炉取水路流路縮小工の設置により、取水経路が縮小されることで、取水路の損失水頭が増加する。
- 1号及び2号炉取水路流路縮小工部の開口部下端高さまでしか通水できなくなるため、取水ピットポンプ室の水位下限に影響する。

- 1号及び2号炉取水路流路縮小工部が海生生物の付着や砂の流入により閉塞する可能性がある。

【影響への対応方針】

- 1号及び2号炉取水路流路縮小工設置により増加する損失水頭は僅かであり、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は僅かに低下するが、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位から十分余裕があるため、取水機能への影響はない。
- 1号及び2号炉取水路流路縮小工の開口部下端高さは、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位から十分余裕があるため、取水機能への影響はない。
- 1号及び2号炉取水路流路縮小工の開口部は、断面縮小に伴い当該区間の流速が増大することにより、砂による閉塞はなく、流路縮小工設置前より当該区間には海生生物が付着しにくいことから貝付着による閉塞の可能性もない。

(d) 施設管理に与える影響及び対応方針

【施設管理に与える影響の有無】

- 1号及び2号炉取水路流路縮小は、取水路内のルート上に設置することから、取水路内の点検時のアクセス性に影響がある。

【影響への対応方針】

- 1号及び2号炉取水路内のアクセス性については、1号及び2号炉取水路流路縮小工設置箇所の前後に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点検は可能である（図3）。

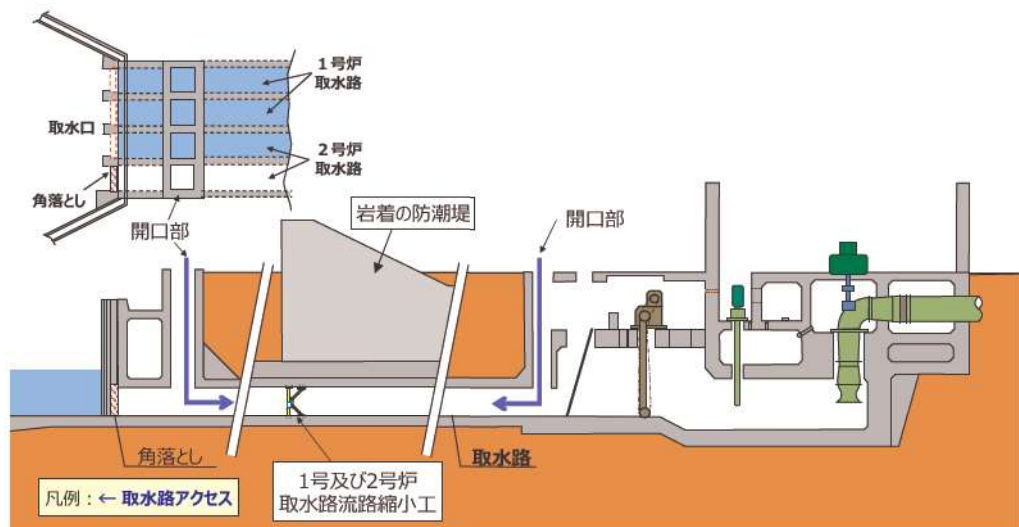


図 3

1号及び2号炉取水路流路縮小工設置後の施設管理

(2) 1号及び2号炉放水路逆流防止設備

1号及び2号炉放水路逆流防止設備は、1号及び2号炉放水路に設置する鋼製の構造物であり、既設の施設との取り合いは、1号及び2号炉放水路であることから、当該施設への機能及び施設管理に与える影響とその対応方針を以下のとおり整理^{*}した。1号及び2号炉放水路逆流防止設備の構造や原子炉補機冷却海水ポンプの放水機能に与える影響等含めて詳細は、添付資料32参照。

※添付資料32に記載のとおり、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して本整理は行った。

a. 既設の施設の機能に与える影響

(a) 対象となる既設の施設及び構造

既設影響の対象となる既設の施設は、1号及び2号炉放水路であり、構造は図4のとおり。

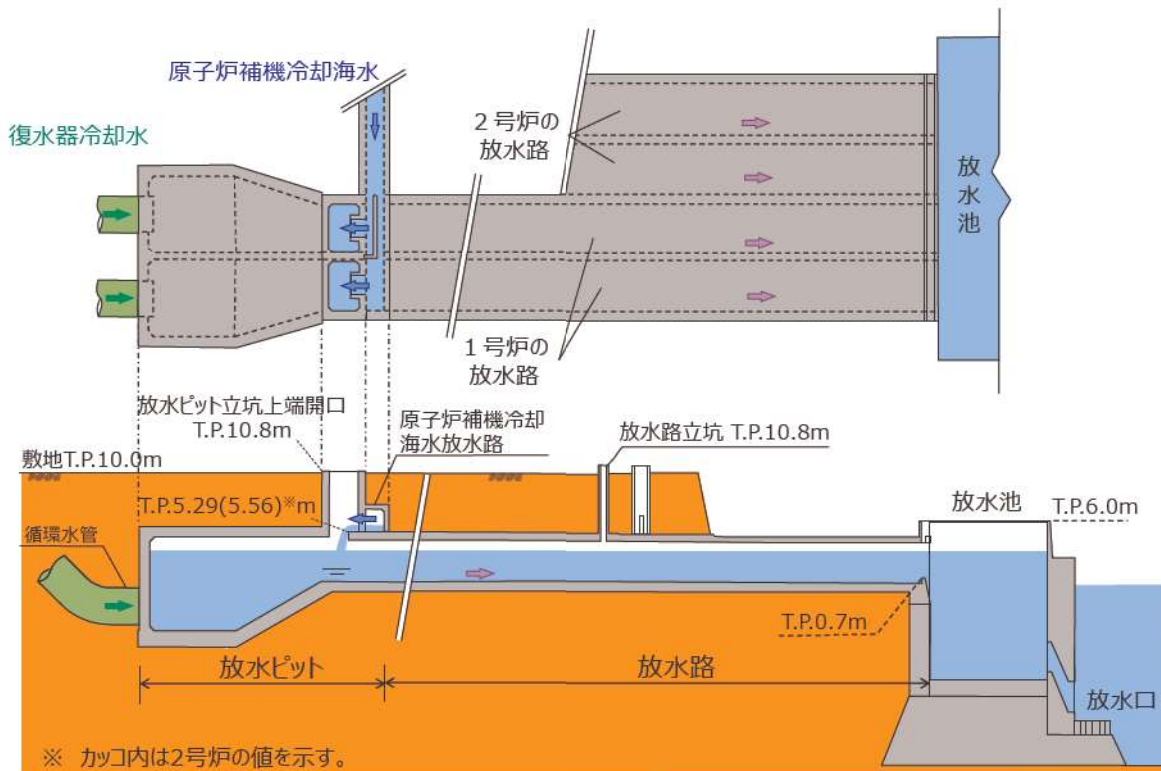


図4 1号及び2号炉放水路 構造概要図

(b) 既設の施設（1号及び2号炉放水路）が本来有する機能

➤ 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とおり。

【プラント通常運転状態の安全重要度：P S - 3】

放水路は、「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、当該系の循環水系統（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号炉放水路の防潮堤直下については、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。

また、1号及び2号炉建設時において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。

➤ 機能

1号及び2号炉放水路は、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。

【設計要件】

1条あたり $1\text{ m}^3/\text{s}$ （原子炉補機冷却海水として $1\text{ m}^3/\text{s}$ ）

なお、1号及び2号炉のプラント通常運転状態においては、1条あたり $20\text{ m}^3/\text{s}$ （復水器冷却水として $19\text{ m}^3/\text{s}$ ，原子炉補機冷却海水として $1\text{ m}^3/\text{s}$ ）

(c) 既設の施設の機能に与える影響及び対応方針

【既設の施設の機能に与える影響の有無】

- 放水路に逆流防止設備を設置することで、通常放水時の損失水頭が上昇し、放水ピット及び放水路の水位が上昇するため、「原子炉補機冷却海水を放水ピットから放水池まで導く機能」に影響を与える。
- 逆流防止設備への海生生物の付着により放水路が閉塞する可能性がある。

【影響への対応方針】

- 逆流防止設備設置により、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は僅かに上昇する

が、原子炉補機冷却海水放水路下端高さよりも十分低いことから、放水機能への影響はない。

- 放水路の至近の点検結果では、前回定期点検後から新たな貝等の付着は確認されていない。また、放水路に設置する逆流防止設備の開口部は、断面縮小に伴い当該区間の流速が増大することにより、海生生物が付着しにくくなることから、貝付着による閉塞の可能性はない。

(d) 施設管理に与える影響及び対応方針

【施設管理に与える影響の有無】

- 1号及び2号炉放水路逆流防止設備は、放水路内のルート上に設置することから、放水路内の点検時のアクセス性に影響がある。

【影響への対応方針】

- 1号及び2号炉放水路内のアクセス性については、1号及び2号炉放水路逆流防止設備設置箇所的前後に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点検は可能である（図5）。

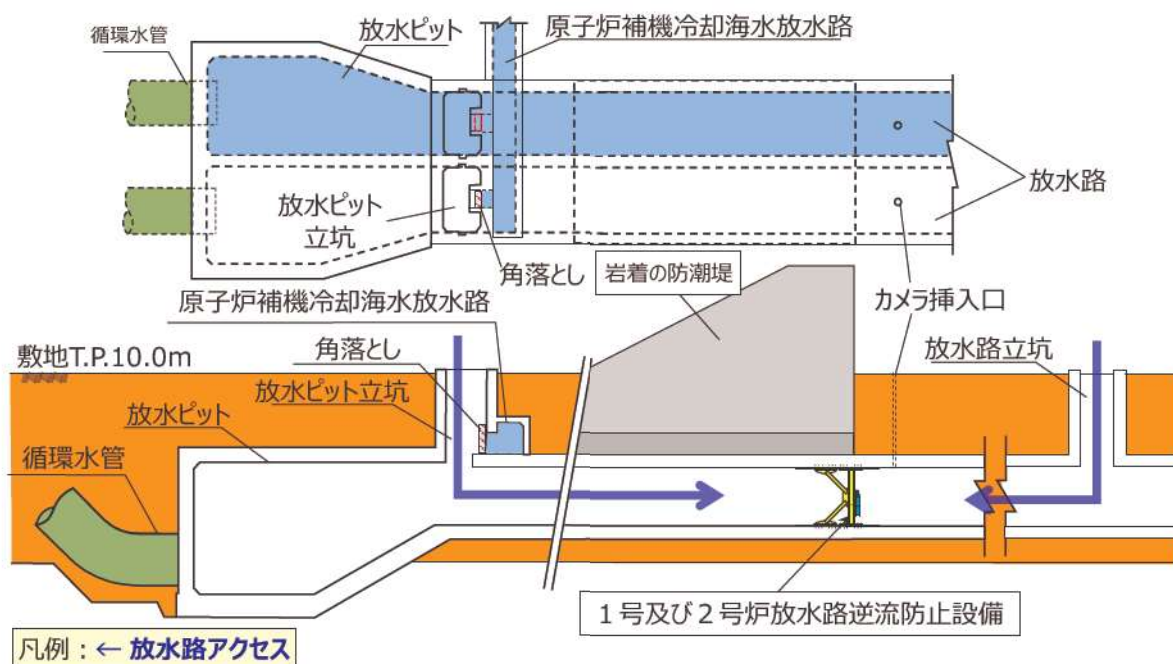


図5 1号及び2号炉放水路逆流防止設備設置後の施設管理

(3) 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁

a. 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設置目的

3号炉取水路から遡上する津波に対して、3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部の周囲を3号炉取水ピットスクリーン室防水壁で囲み、壁内に貯留することにより、津波が敷地へ流入することを防止する。

b. 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構造概要

- 3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部の周囲に設置する鋼製及びR C造の構造物であり、地下部も含めた防水壁構造（ピット方式）である。
- また、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁には、人及び車輛がアクセス可能となるよう水密扉を設置する。

c. 既設の施設の機能に与える影響

(a) 対象となる既設の施設及び構造

既設影響の対象となる既設の施設は、3号炉取水ピットスクリーン室であり、構造は図6、図7のとおりであり、当該施設への機能及び施設管理に与える影響とその対応方針を以降で整理する。

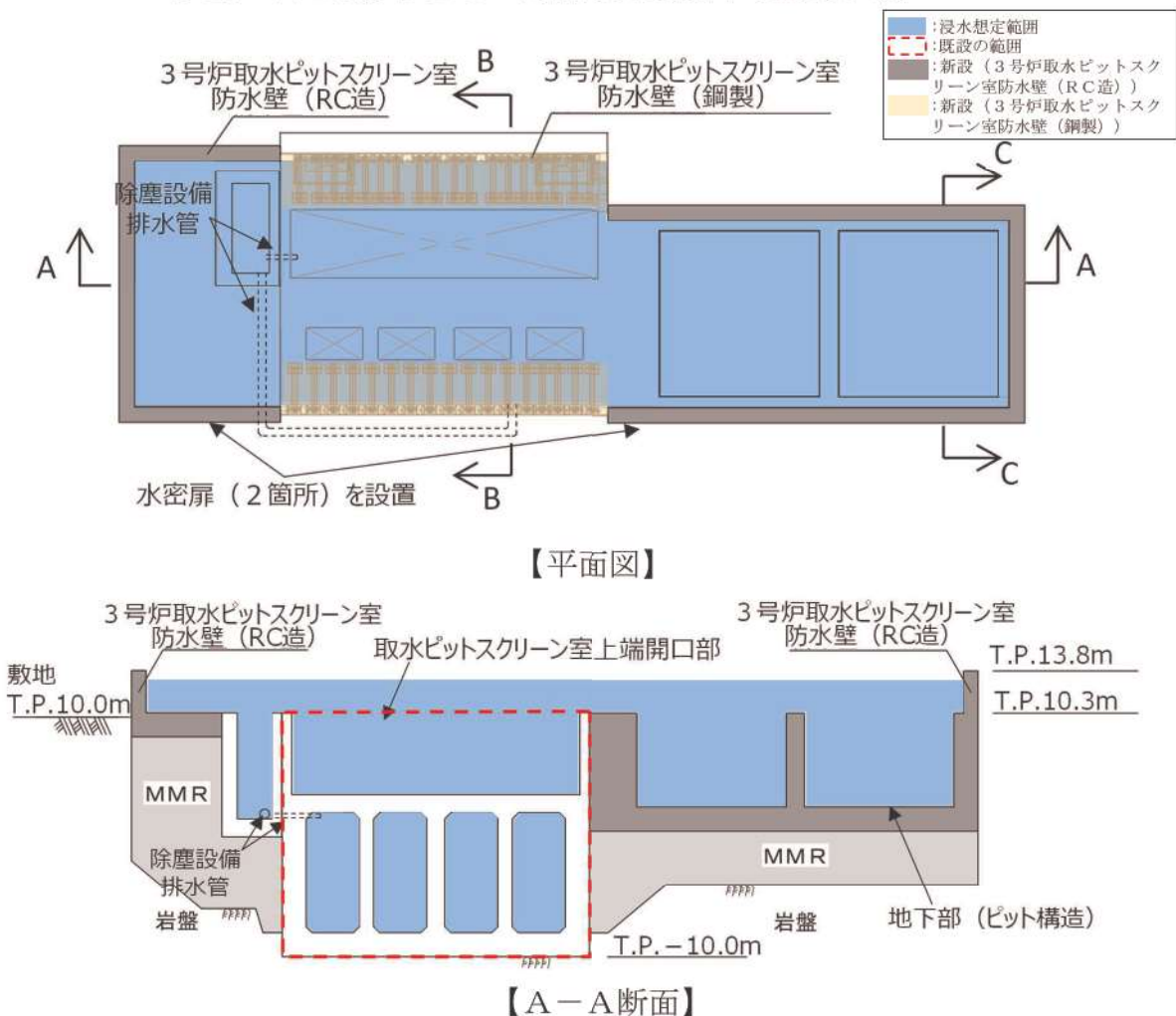
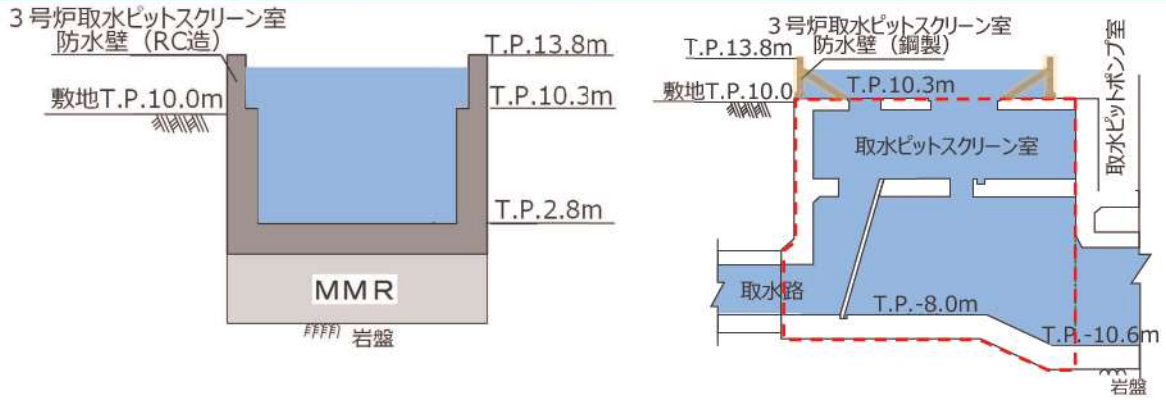


図6 3号炉取水ピットスクリーン室（防水壁設置後） 構造概要図（1/2）



【B-B断面】

【C-C断面】

図7 3号炉取水ピットスクリーン室（防水壁設置後） 構造概要図（2/2）

(b) 既設の施設（3号炉取水ピットスクリーン室）が本来有する機能

➤ 安全重要度：MS-1

3号炉取水ピットスクリーン室は、「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、「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。

➤ 耐震重要度：耐震Cクラス

3号炉取水ピットスクリーン室は、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することとしている。

➤ 機能

3号炉取水ピットスクリーン室は、以下の機能を有する。

- ・循環水ポンプ及び原子炉補機冷却海水ポンプの水源を確保するため、取水口より取り込んだ海水の通水及び貯水機能（図8）
- ・3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部は、除塵装置等の点検のためにクレーンで除塵装置等を搬出入する機能（図8）

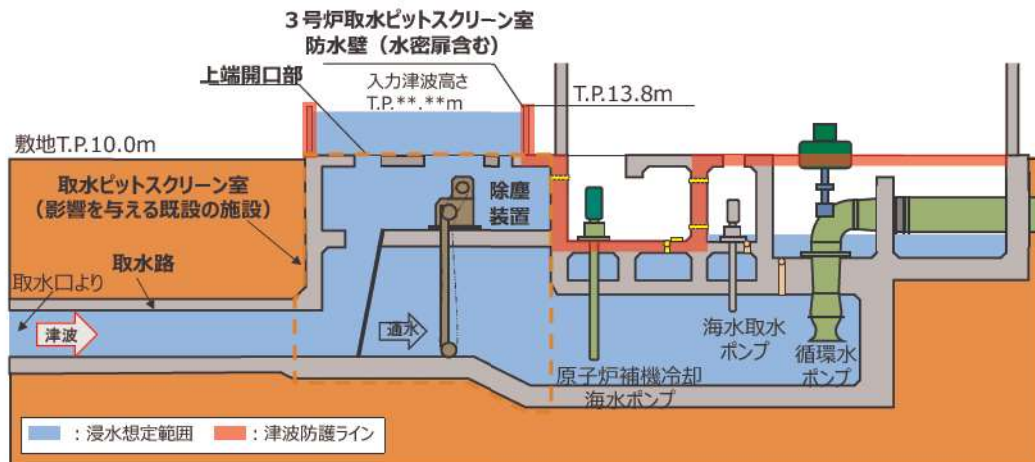


図8 3号炉取水系断面図

(c) 既設の施設の機能に与える影響及び対応方針

【既設の施設の機能に与える影響の有無】

- 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁は、3号炉取水ピットスクリーン室内に設置するものではないため、海水通水及び貯水機能に与える影響はない。
- 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設置により、3号炉取水ピットスクリーン室躯体上部に作用する荷重が増加することで、3号炉取水ピットスクリーン室の耐震性に影響がある。

【影響への対応方針】

3号炉取水ピットスクリーン室の耐震性への影響を考慮し、躯体上部に設置する3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の構造を鋼製壁とする等、荷重影響を低減した設計とする。

d. 施設管理に与える影響及び対応方針

【施設管理に与える影響の有無】

3号炉取水ピットスクリーン室内には、除塵装置が設置されており、除塵装置の施設管理に与える影響を以下のとおり確認した。

- 3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部の周りには3号炉建設時より除塵装置のメンテナンスに使用する常設橋型クレーンを設置していた^{※1}が、常設橋型クレーンの耐震性はCクラスのため、耐震Sクラスである3号炉取水ピットスクリーン室防水壁に対し、当該クレーンの地震等による倒壊により、波及的影響を及ぼす可能性がある。

※1 建設時に設置した常設橋型クレーンは波及的影響防止の観点から既に撤去済みであり、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設置スペースを確保する観点でもSs耐震性を確保した常設橋型クレーンは再構築しない方針としている。

上記の通り、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁に対する波及影響防止の観点から常設橋型クレーンを撤去し再構築しない方針としたことにより、現行の除塵装置のメンテナンス運用に対して影響^{※2}を及ぼすこととなるため、常設橋型クレーンを使用しない新たなメンテナンス手法について対応していく必要がある。

※2 具体的な影響としては、常設橋型クレーンが使用できない状況においては、既設除塵装置のうち長尺、重量物の引き上げができなくなる。

- 3号炉取水ピットスクリーン室上端開口部の周囲を3号炉取水ピットスクリーン室防水壁で囲うため、除塵装置の点検のための3号炉取水ピットスクリーン室へのアクセス性への影響がある。

【影響への対応方針】

- 常設橋型クレーンを使用せず現行とおり除塵装置のメンテナンスを達成するため、以下に記載する設備改造及びメンテナンス運用を成立させることで、メンテナンスに対する影響を回避する。

追而

(除塵装置の具体的な点検方針については、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の基本設計完了後に記載する。)

- 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁内へ人及び車輛のアクセスが可能となるよう水密扉を設置する設計とする。なお、先行プラントにおいても大型車輛が通行可能なサイズの水密扉は採用されており、実績のある構造で設計する。

(4) 3号炉放水ピット流路縮小工

3号炉放水ピット流路縮小工は、3号炉放水ピットに設置するコンクリート構造物であるため、既設の施設である3号炉放水ピットについて、当該施設への機能及び施設管理に与える影響とその対応方針を以下のとおり整理した。3号炉放水ピット流路縮小工の構造や放水ピットに放水する原子炉補機冷却海水系等の放水機能に与える影響等含めて詳細は、添付資料33参照。

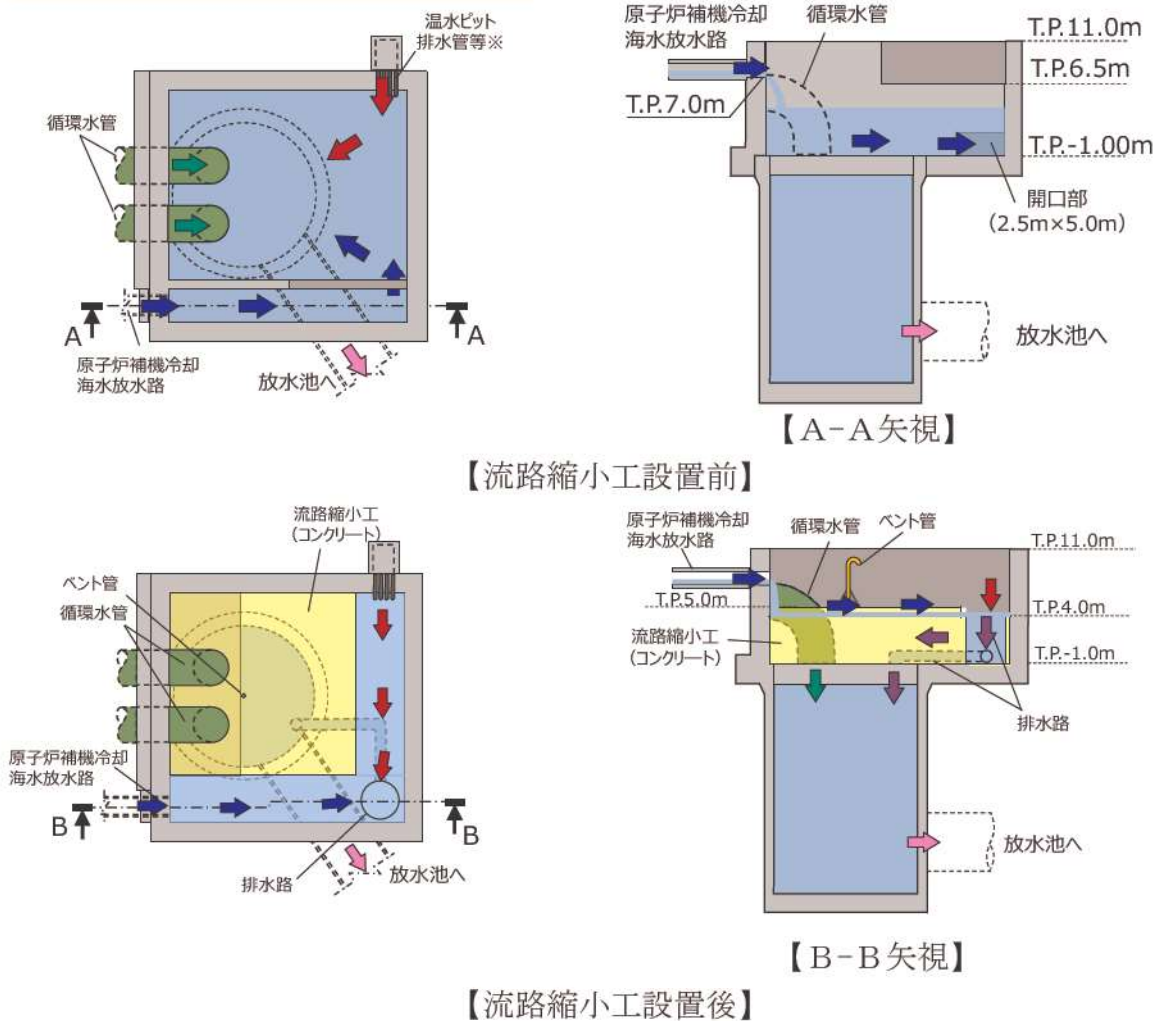
a. 既設の施設の機能に与える影響

(a) 対象となる既設の施設及び構造

既設影響の対象となる既設の施設は、3号炉放水ピットであり、構造は図9のとおり。

凡例

- ➡ : 原子炉補機冷却海水系からの排水 (排水①)
- ➡ : 循環水系統からの排水 (排水②)
- ➡ : 温水ピット排水等 (排水③)
- ➡ : 排水①+排水②+排水③



※ 温水ピット排水，濃縮海水排水，海水ピット排水，定常排水処理水，非定常排水処理水，定検用軸冷水海水及び原子炉補機冷却海水ポンプストレーナ排水の配管が設置されている。

図9 3号炉放水ピット 構造概要図

(b) 既設の施設（3号炉放水ピット）が本来有する機能

➤ 安全重要度：PS-3

3号炉放水ピット（放水路含む）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、PS-1及びPS-2以外の構築物、系統及び機器」のうち、当該系の循環水系統（PS-3）の間接関連系としてPS-3に該当する。

➤ 耐震重要度：耐震Cクラス

3号炉放水ピットは、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。

➤ 機能

循環水系統や原子炉補機冷却海水系統からの海水等を合流させて放水路へと導き、3号炉放水ピットと放水池の水頭差により外海に水中放流する。（図9、10）

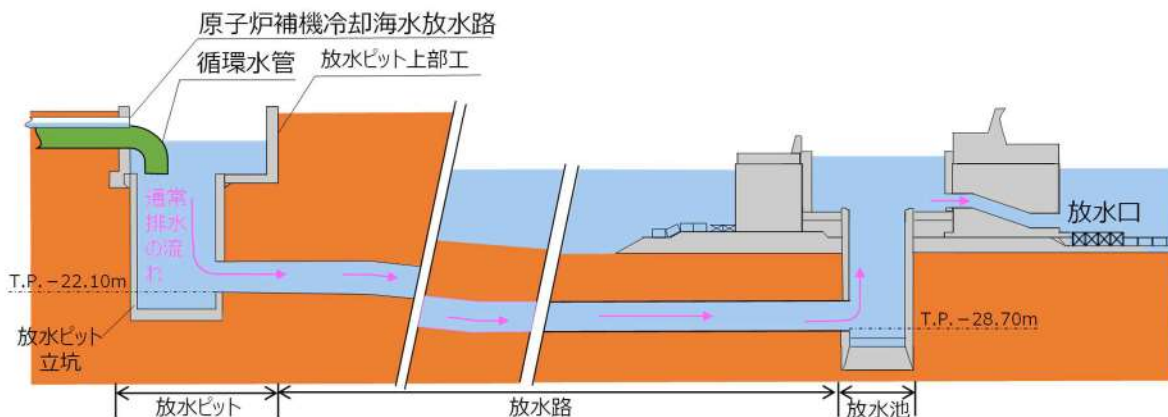


図10 3号炉放水系 断面図（流路縮小工設置前）

(c) 既設の施設の機能に与える影響及び対応方針

【既設の施設の機能に与える影響の有無】

3号炉放水ピット流路縮小工の設置により、3号炉放水ピット開口が縮小され、流路抵抗が上昇するため、放水機能に影響がある。

【影響への対応方針】

原子炉補機冷却海水系統や循環水系統等の放水機能について影響がないよう、3号炉放水ピット流路縮小工設置後においても、通常運転時及び津波遡上時ともに排水可能な設計とする。

(d) 施設管理に与える影響及び対応方針

【施設管理に与える影響の有無】

➤ 3号炉放水ピット上部工はコンクリート構築物であり、コンクリ

ートの劣化モードとして、中性化及び塩害等が挙げられるため、目視でコンクリート表面のひび割れ、剥離等の状態を定期的に確認しているが、3号炉放水ピット流路縮小工の設置により、放水ピット上部工の内壁の一部がコンクリートで覆われ、気中に露出しなくなることから、外観目視点検の範囲が変更となり、影響がある。

- 3号炉放水ピット立坑及び放水路はコンクリート構造物であり、3号炉放水ピットから水中カメラを入れてコンクリートの状態を定期的に確認することにより健全性評価を行っているが、3号炉放水ピット流路縮小工の設置により水中カメラを入れる箇所を変更する必要がある、影響がある。
- 循環水管は、鋼構造物であり、劣化モードは、内面及び外面の塗膜の剥離等で海水と接触した場合の腐食等が挙げられるが、建屋外に設置する範囲は基本的に埋設されており、自然環境の影響を受けにくいことから、内面の劣化が支配的であり循環水管の内部から目視による鋼材の状態確認や管厚、変位及び防食装置の測定を定期的に行っている。また、放水ピット内の循環水管は、気中環境にあり自然環境による影響を受けることから、上記の内部点検に加えて外面の劣化を外観目視点検により確認しているが、3号炉放水ピット流路縮小工設置により放水ピット内の循環水管の一部がコンクリートで覆われることから、外観目視点検の範囲が変更となり、影響がある。

【影響への対応方針】

- 放水ピット上部工の流路縮小工設置面は、コンクリートで覆われることから、目視可能な範囲と比較して中性化及び塩害等の劣化は進行しにくいいため、目視可能範囲の外観目視点検結果に基づき、放水ピット上部工全体の健全性の評価を行うことで施設管理を行うことができる。
- 水中カメラを入れる箇所を循環水管に変更することで、現行の確認範囲に変更はなく従来とおりの施設管理を行うことができる(図11)。
- 循環水管の内部点検は、流路縮小工設置後も現行実施範囲から変更することなく対応可能である。また、放水ピット内の循環水管の一部コンクリートで覆われる範囲は、自然環境による影響を受けにくいいため、内面の劣化が支配的であり、既設の埋設範囲と同様に内部点検の結果から健全性の評価を行うことで施設管理を行うことができる。

今回説明対象外
(第1130回審査会合でご説明済み)

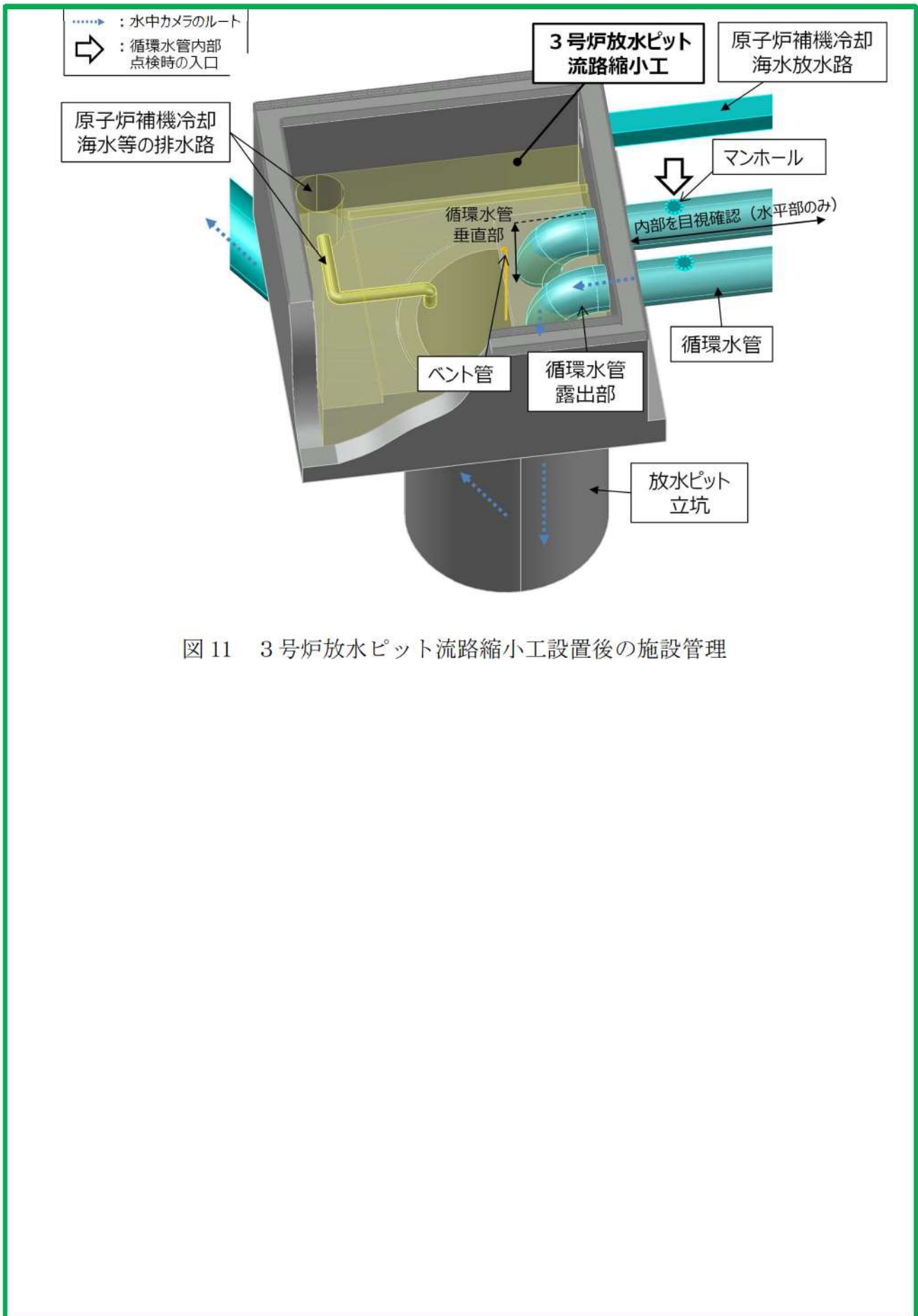


図11 3号炉放水ピット流路縮小工設置後の施設管理

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到達、流入を防止するために必要な設備であり、3号炉新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。

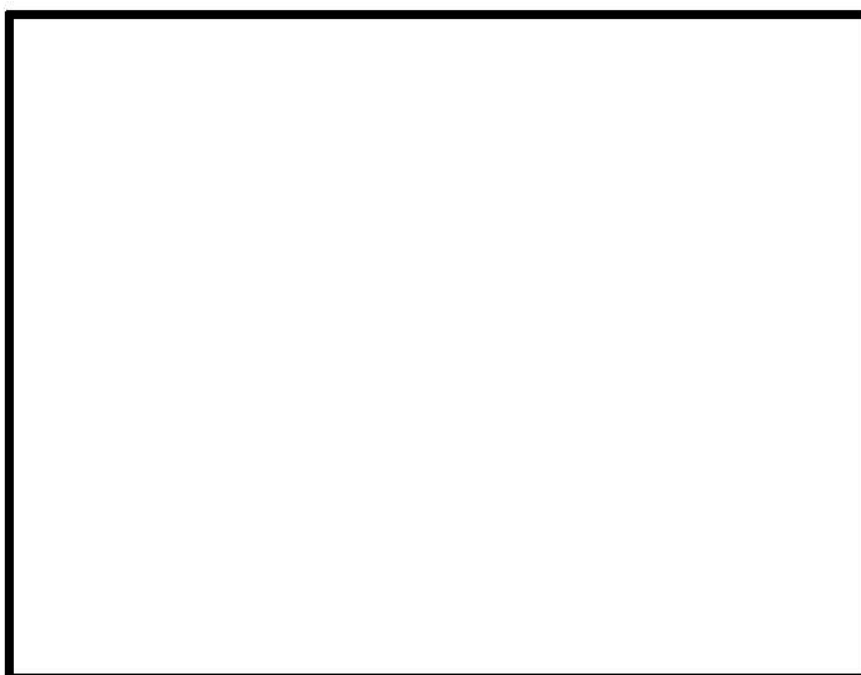


図1 1号及び2号炉取水路流路縮小工の設置位置

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の到達、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到達，流入防止

基準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の到達，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，津波が敷地へ到達，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。

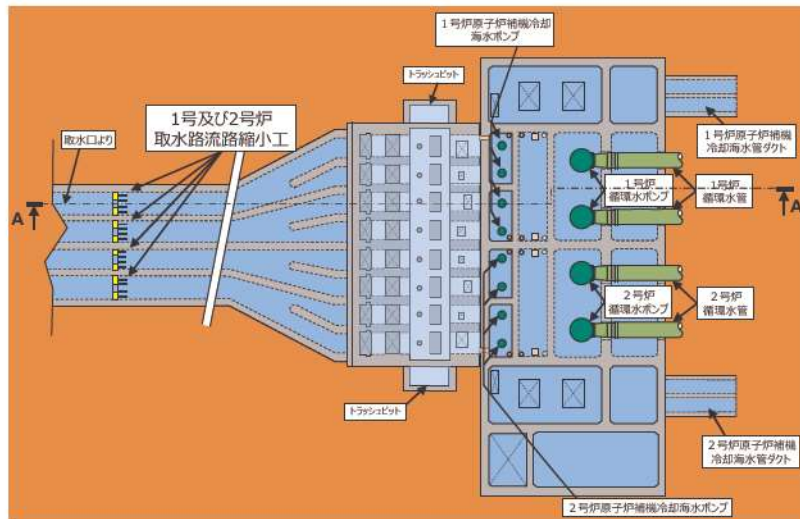
・他社先行審査実績でクラス1として設定している外部入力により動作する機構（駆動部）は設けない設計とする。

・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。

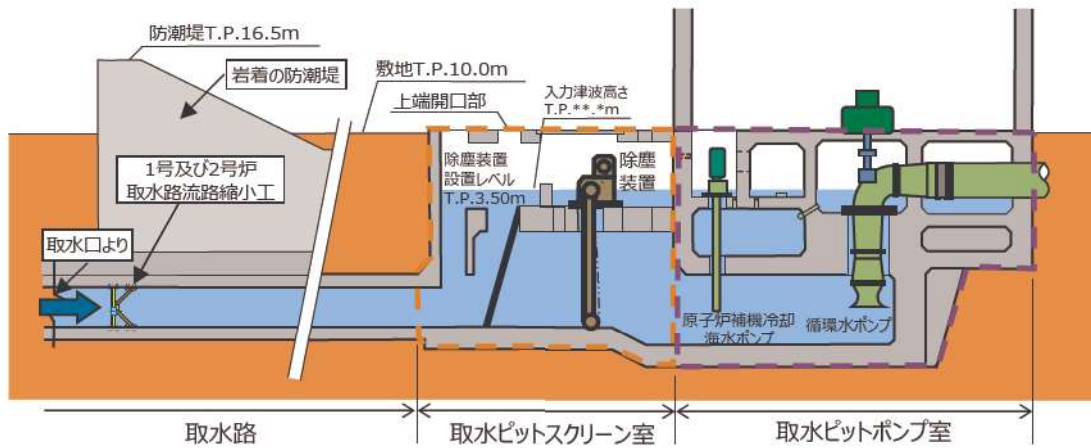
(3) 流路縮小工の構造概要（図2参照）

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。

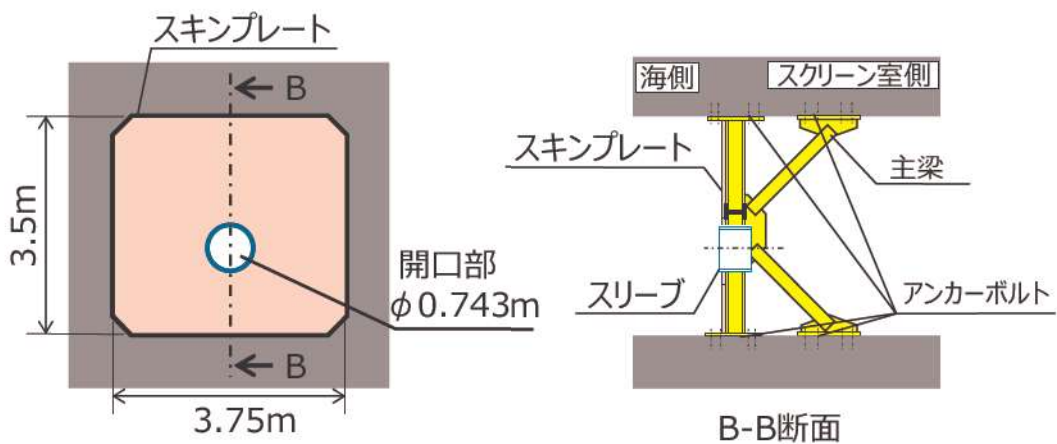
流路縮小工には，1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプに必要な海水を取水するため，開口部（φ0.743m×4条）を設ける。



【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到達、流入を防止することに加え、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することが、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、取水路における流路縮小工の最大開口径は、取水ピットスクリーン室の水位が敷地（T.P. 10.0m）に到達しないよう設定する。

追而

（設計確認値（上限値）について、基準津波が確定後、管路解析の結果を踏まえて記載する）

設計確認値（下限値）について、取水路における流路縮小工の最小開口径は、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最低水位（T.P. -4.17m）を下回らないよう設定する。検討の結果、最小開口径はφ0.430mであり、その場合の取水ピットポンプ室水位はT.P. -3.73mであり、取水可能最低水位を上回ることを確認している。

流路縮小工の開口径は設計確認値の上限値及び下限値に対して十分な裕度を持った値とする。

(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到達、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到達、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. 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40m³/s（復水器冷却水として約38m³/s、原子炉補機冷却海水として約2m³/s）、1条あたり20m³/s（復水器冷却水として約19m³/s、原子炉補機冷却海水として約1m³/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号炉取水路の防潮堤直下については、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。

また、1号及び2号炉建設時において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。

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2台運転し、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。また、外部電源喪失することでブラックアウトシーケンスが作動しポンプ全台(4台)が運転した場合には、約 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ の海水が取水ピットから取水され、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。

(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

3号炉の新規制基準適合性審査においては、1号及び2号炉は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として扱うことから、プラント停止状態で必要となる海水系ポンプについて整理した。

プラント停止状態においては、使用済燃料ピットの冷却及び空調用冷凍機の冷却機能の維持が必要である。また、外部電源喪失時には冷却機能が維持できるよう、ディーゼル発電機による電源供給機能の維持も必要である。

これらの機能維持に必要な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必要となる。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。

流路縮小工の設置により取水機能への影響評価が必要となる海水系ポンプは表1の通りであり、原子炉補機冷却海水ポンプ台数と取水路の流量の関係は表2の通りである。

表1 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 m ³ /(h・台)	<ul style="list-style-type: none"> 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

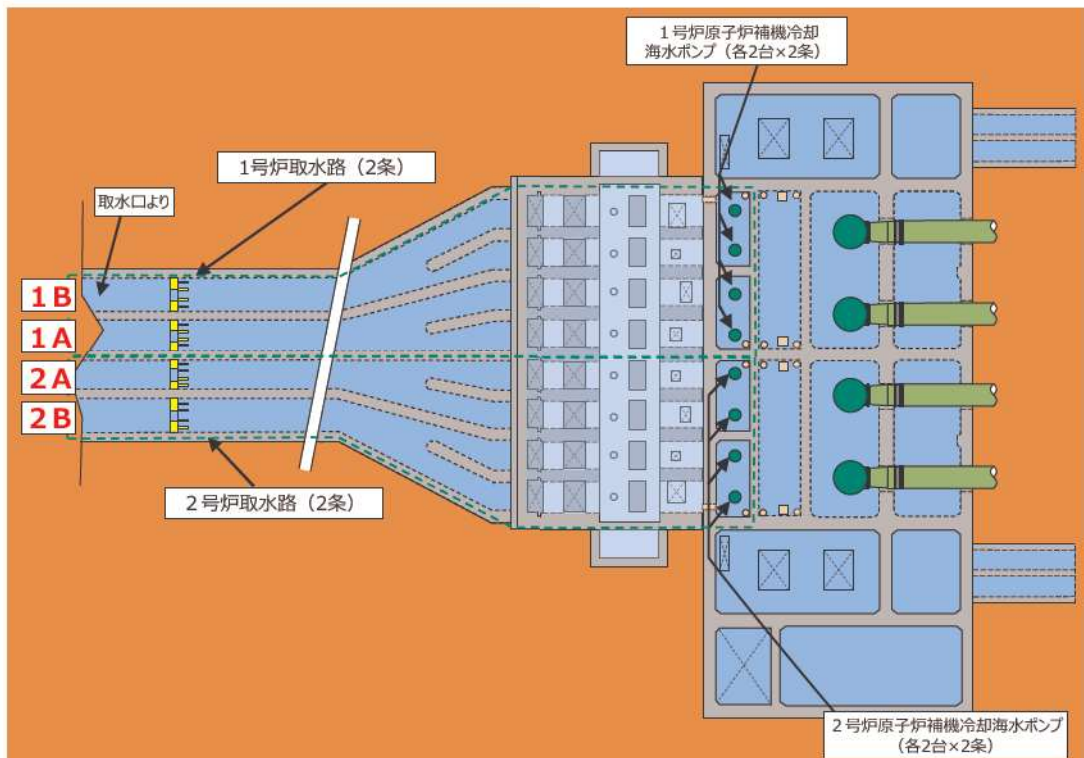


図3 1号及び2号炉取水路平面図

表2 プラント停止状態^{※1}で必要となる取水路流量

	取水路番号 ^{※2}	通常時		外部電源喪失時	
		ポンプ台数	流量	ポンプ台数	流量
1号炉	1B	1台	1,900 m ³ /h	2台	3,800 m ³ /h
	1A	1台	1,900 m ³ /h	2台	3,800 m ³ /h
2号炉	2A	1台	1,900 m ³ /h	2台	3,800 m ³ /h
	2B	1台	1,900 m ³ /h	2台	3,800 m ³ /h

※1 循環水ポンプ停止を前提

※2 図3に示す番号

(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）が増加し、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0.4m低下[※]するものの、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能最低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3、図4参照）。
[※]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3 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)	ポンプ取水可能最低水位(m)
設置前	1.0 ^{※1}	12.945	0.08 ^{※2}	T.P. -0.14 ^{※4}	T.P. -0.15	T.P. -4.17
設置後		0.433 (φ0.743m×1条)	2.31 ^{※2,3}		T.P. -0.53	

- ※1 原子炉補機冷却海水ポンプ (1,900 m³/h≒0.5 m³/s) は号炉あたり4台、取水路1条あたり2台が設置されているため、4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 「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
- ※5 取水路の流路縮小工における局所損失（急拡、急縮）及び摩擦損失を考慮（「参考3」図2参照）

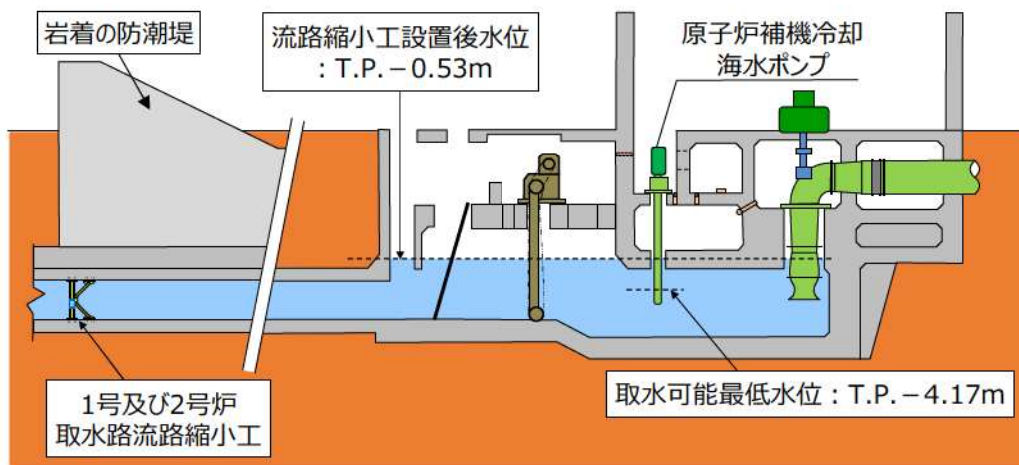


図4 1号及び2号炉取水系断面（ポンプ取水可能最低水位）

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。

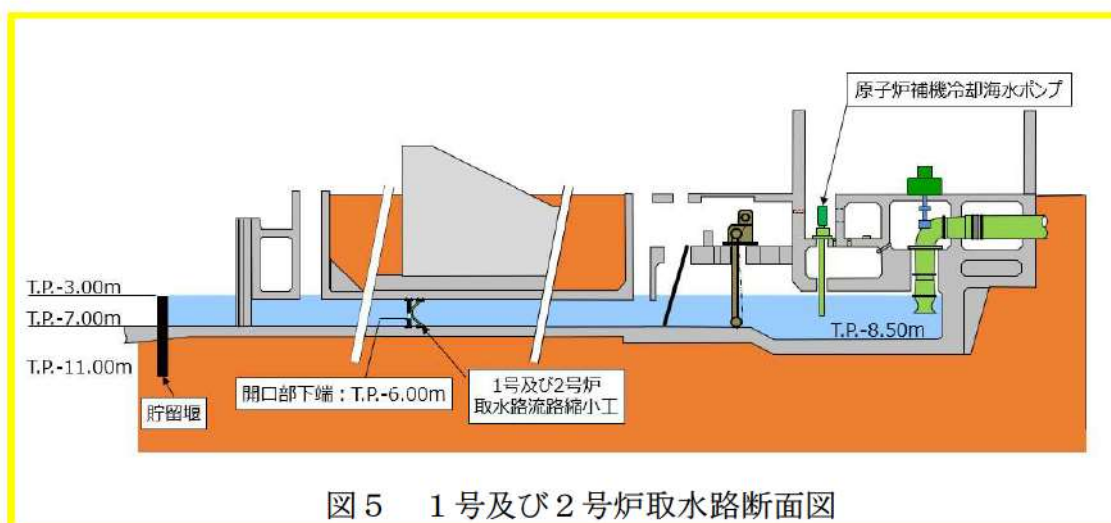
流路縮小工の開口部下端は、T.P. -6.00m に位置しており、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能最低水位 (T.P. -4.17m) よりも低い位置に設置され海水を通水することから、流路縮小工に貯留機能はない。

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、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、津波が収束した後に、安全を確認してから原子炉補機冷却海水ポンプを運転させることにより、保安規定上の制限値に到達することなく、取水機能を回復できることを確認している。

以上のことから、津波来襲時の原子炉補機冷却海水ポンプの運転は停止す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5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)*が設置されていることから、引き波時において直ちに原子炉補機冷却海水ポンプの運転に対して影響はない。

※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。



c. 海水中に含まれる砂による通常時の取水性への影響

海水中に含まれる砂の堆積に対して、流路縮小工設置後で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（図6参照）。

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。

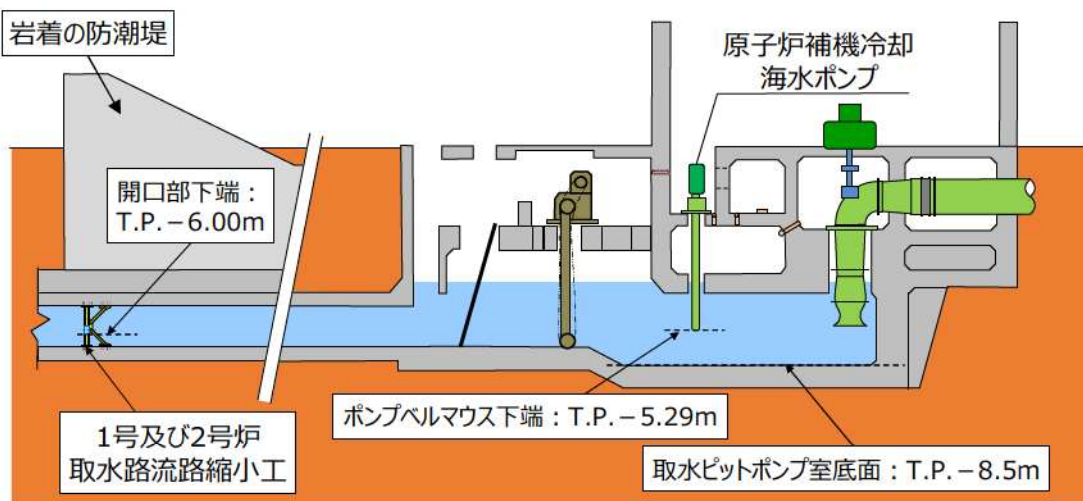


図6 1号及び2号炉取水系 断面（ポンプベルマウス下端）

d. 漂流物による通常時の取水性への影響

基準津波に伴って生じた漂流物が1号及び2号炉取水口に到達した場合の通常時の取水性への影響について評価した。

図7, 図8に示すとおり, 1号及び2号炉取水口(取水面積: 3.5m×3.75m, 4口)は, 3号炉取水口と同じ発電所の港湾内に位置し, 取水口の離隔距離は約300m程度であるため, 1号及び2号炉取水口が閉塞す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。

追而

(取水口に到達する可能性及び閉塞する可能性の評価に係る内容については, 基準津波の審査を踏まえて記載する)

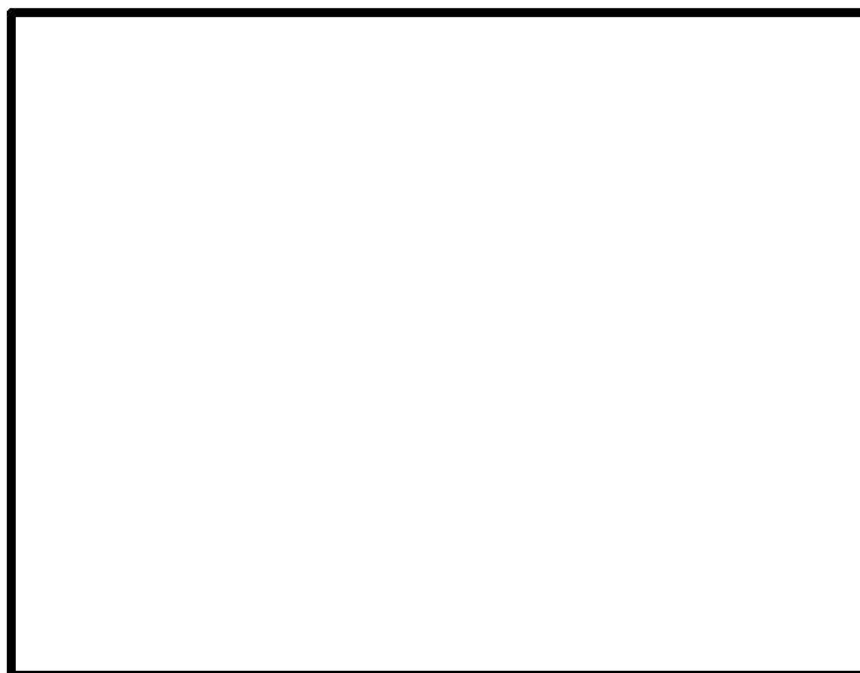



図7 1号及び2号炉取水口と3号炉取水口の位置関係

 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。

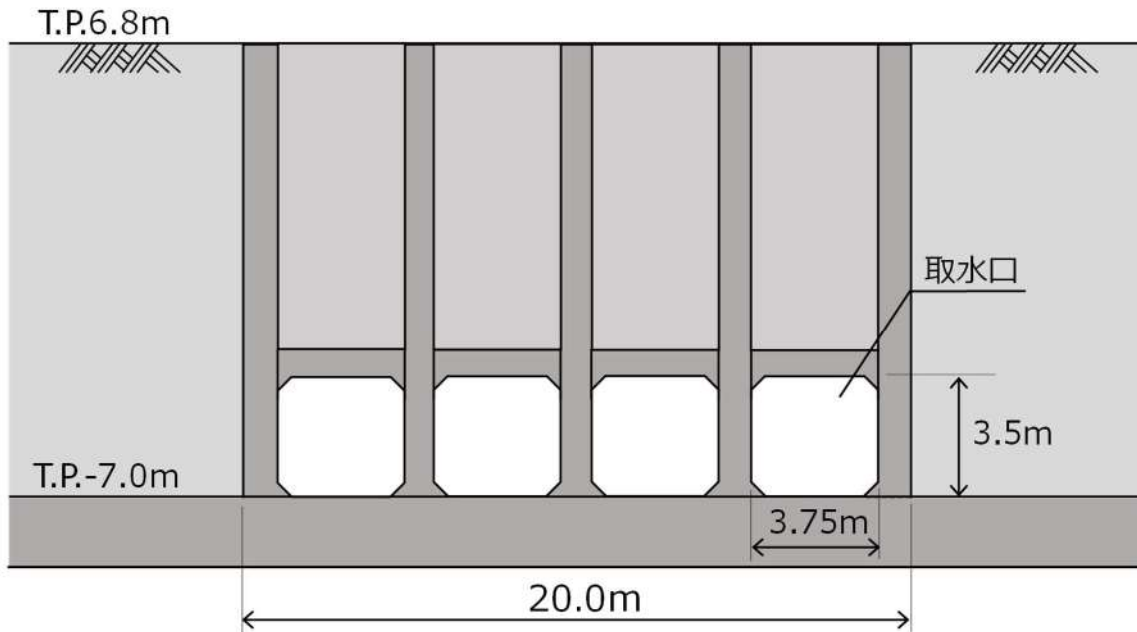


図8 1号及び2号炉取水口概要図

1号及び2号炉取水口には、呑み口（3.5m×3.75m）の前面にパイプスクリーン（鋼製，ピッチ幅：約0.525m，高さ方向の鋼材間隔：1段目約3.7m，2段目・3段目約3.2m）が設置されている（写真1）。

追而

（基準津波確定後，漂流物の評価を踏まえ，流路縮小工の閉塞の可能性に関する検討の結論を記載する）

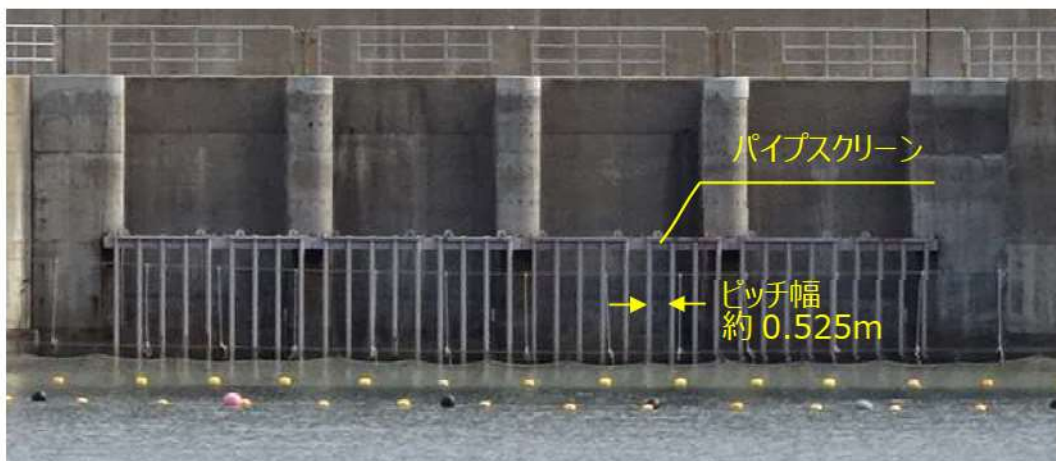


写真1 1号及び2号炉取水口パイプスクリーン

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4参照)。

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φ0.430mを上回ることから、取水性は確保できる。

また、取水路の定期的な点検と清掃については流路縮小工設置後においても継続して実施すること、点検、清掃範囲も変更することはないことから、海生生物の付着による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4 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. 項に記載の通り、通常時に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を確認できる。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9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。

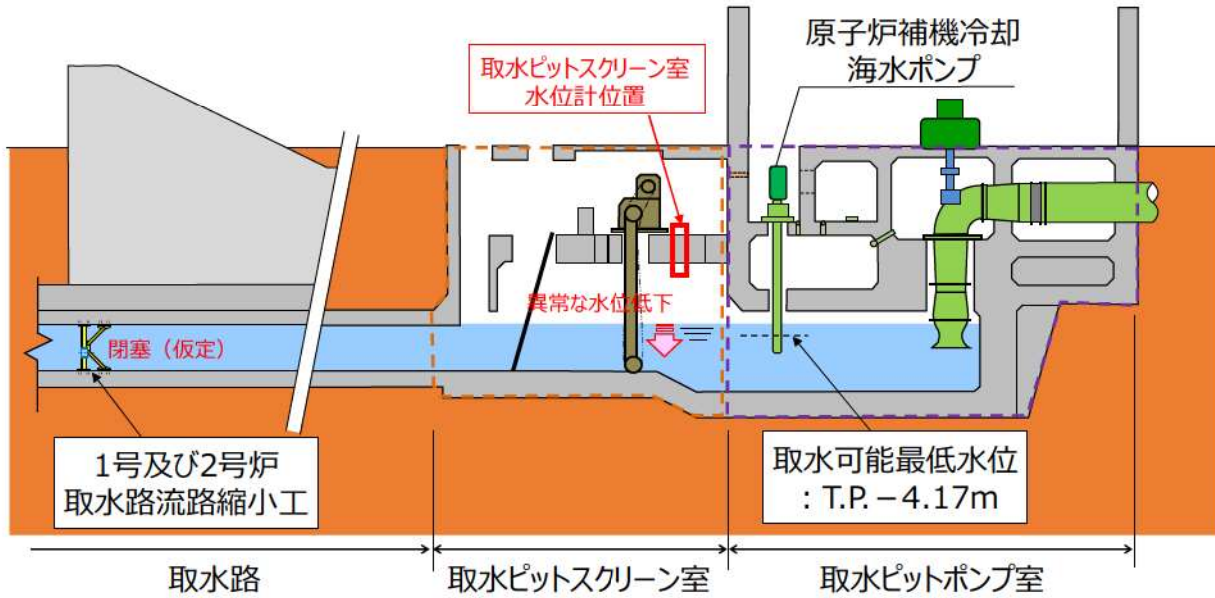


図9 流路縮小工の異常の検知位置

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、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定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、取水路については、特別な保全計画に基づき、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10参照）

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。

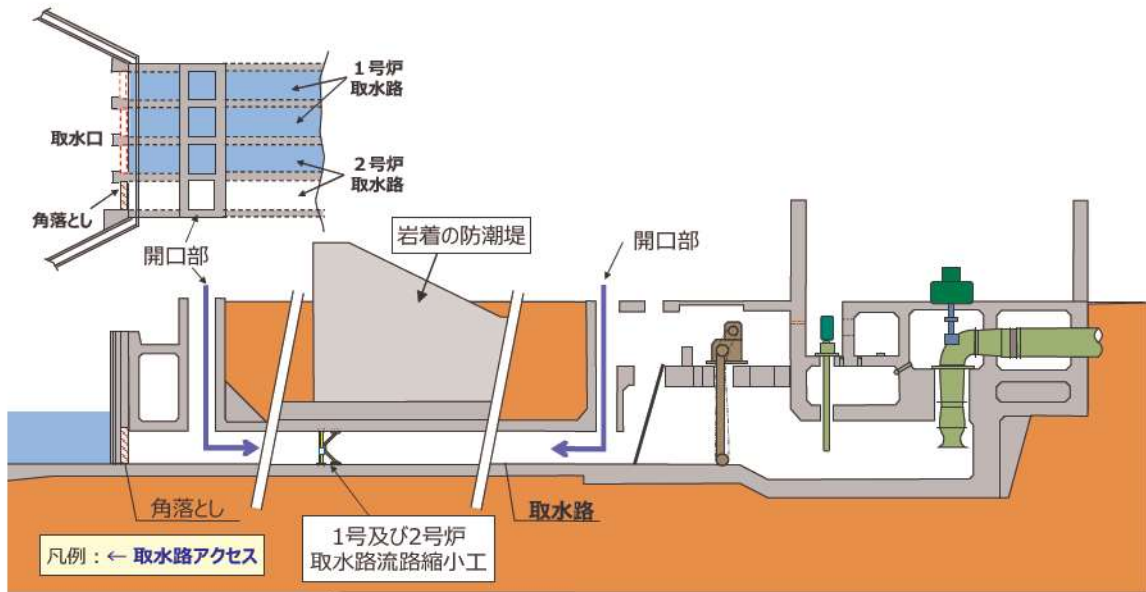


図 10 流路縮小工設置後の施設管理

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また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，取水口から取水ピットポンプ室に至る系をモデル化し，管路の形状，材質及び表面の状況に応じた損失を考慮するとともに，貝付着やスクリーン損失及び防波堤の有無を不確かさとして考慮した計算条件とし，安全側の値を設定する。

なお，原子炉補機冷却海水ポンプの取水性を確保するため，貯留堰を設置するとともに，気象庁から発信される大津波警報を元に循環水ポンプを停止する運用を定める。このため，水位の評価は貯留堰の存在を考慮に入れるとともに，循環水ポンプの停止を前提として実施する。

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，1号及び2号炉取水路流路縮小工，1号及び2号炉放水路逆流防止設備を設置するが，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，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、敷地への津波の到達、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。

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5 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、流路縮小工設置後についても保安規定に紐づく社内規定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

上記 (b) 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

流路縮小工を設置することによる影響について、以下のとおり整理した。

(1) 流路縮小工設置による津波の敷地への到達，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及び下限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，敷地への到達，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，敷地への到達，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.

追而

(基準津波確定後，漂流物の評価を踏まえ，結果を記載する)

- 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，閉塞事象への対応を行う。対応手順は，保安規定に紐づくQMS文書に対応手順を定めることで対応は可能である。

(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寸法を設定し，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。



(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定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について
- 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通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り扱い（他社先行プラントとの差異）
- 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

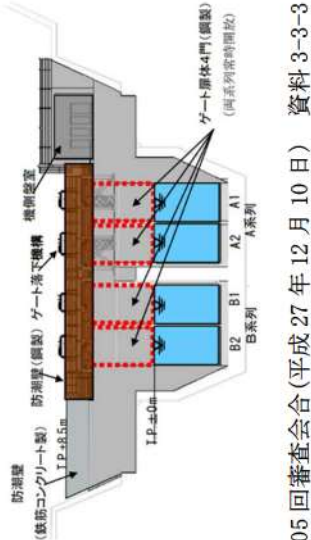
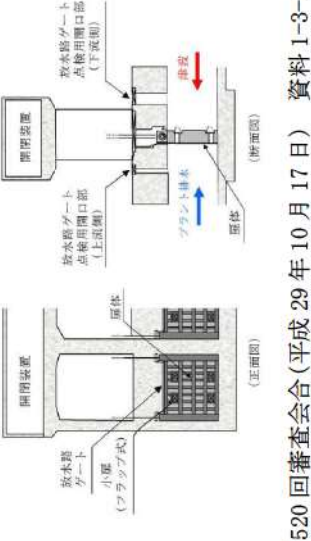
流路縮小工は、3号炉の津波防護施設として敷地への津波の到達、流入を防止するため、1号及び2号炉の取水路に設置する。取水路または放水路からの津波の遡上を防止する津波防護対策については、多様な**他社**先行審査実績がある。そのため、泊の流路縮小工と先行の取水路または放水路からの津波の遡上を防止する津波防護対策について、構造、仕様、許認可上の位置付け及び重要度分類等を表1にて整理、比較を行い、流路縮小工の適用性について確認した。

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)

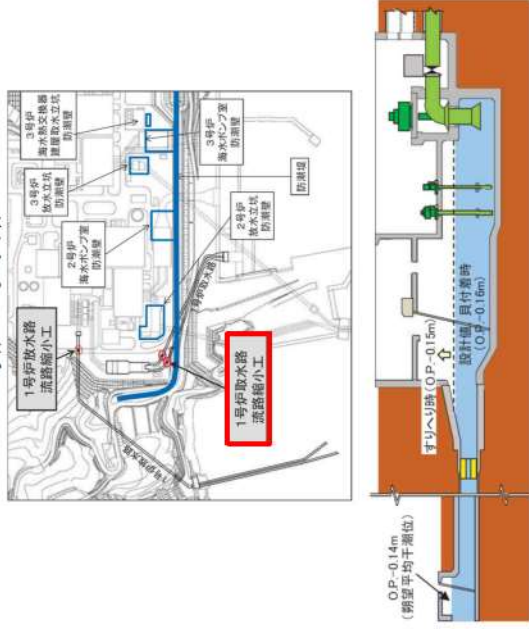
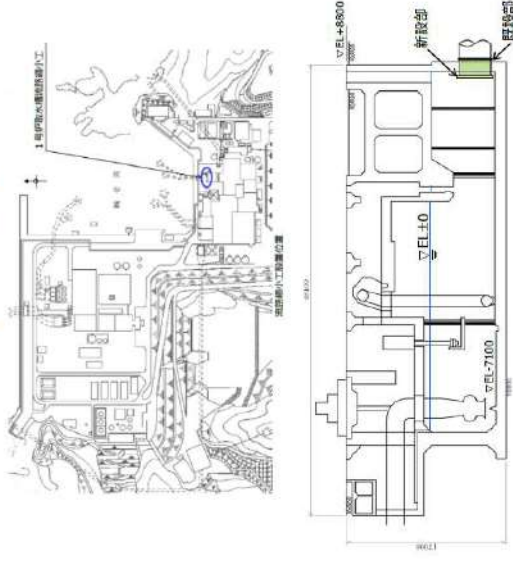
※他社記載事項について、審査会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

表 1 他社先行審査実績との比較 (2/6)

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	<ul style="list-style-type: none"> 耐震重要度：Sクラス 安全重要度：MS-1 	<ul style="list-style-type: none"> 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）	<ul style="list-style-type: none"> 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）
動作内容	ゲート落下機構：通常時、機械式クランチ及び電磁式クラン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ンチ又は電磁式クランチが切り離され、ゲートは落下する。	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 外形寸法：約 4.15m×約 6m（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 	<p>第 520 回審査会合(平成 29 年 10 月 17 日) 資料 1-3-2 より</p> <ul style="list-style-type: none"> 外形寸法：約 3.7m×約 4.2m（全体） 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）

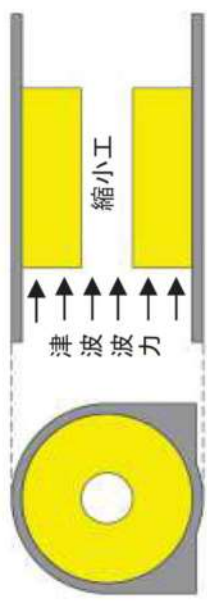
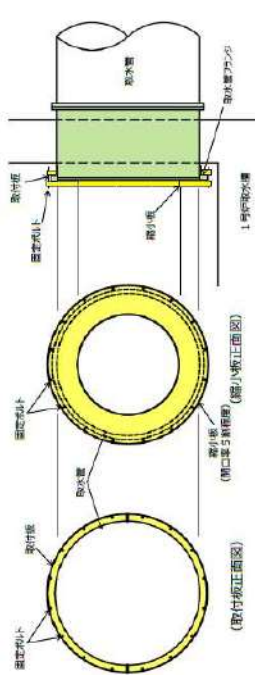
※他社記載事項について、審査会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

表 1 他社先行審査実績との比較 (3/6)

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到達、流入を防止する。
設置位置	 <p>1号炉 取水路</p>	 <p>1号炉 取水槽</p>
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	<ul style="list-style-type: none"> 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) 	<ul style="list-style-type: none"> 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。

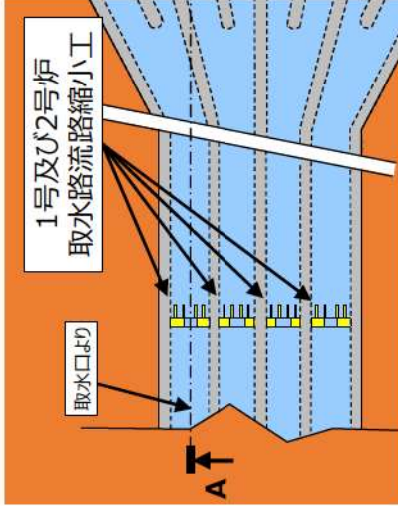
表 1 他社先行審査実績との比較 (4/6)

項目	女川原子力発電所 2号炉	島根原子力発電所 2号炉
動作方法	— (動作なし)	— (動作なし)
構造	 <p>第 734 回審査会合 (令和元年 6 月 25 日) 資料 1-2-2 より</p>	 <p>第 876 回審査会合 (令和 2 年 7 月 14 日) 資料 2-1-2 より</p>
仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・外形寸法：直径約 m (全体) ・開口径：約 φ 1.0m ・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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・外形寸法：直径約 3.9m (全体) ・開口径：約 φ 2.4m ・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	<p>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。</p>	<p>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。</p>
異常の検知性	<p>取水路側で流路縮小工部が仮に閉塞した場合、海水ポンプ室内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) または (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。</p>	<p>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。</p>

※他社記載事項について、審査会合資料等ととも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号炉取水ピットラストクリン室上端開口部から敷地への到達、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	<ul style="list-style-type: none"> ・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)

泊発電所 3号炉	
項目	
動作方法	— (動作なし)
構造	
仕様	<ul style="list-style-type: none"> • 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差異があり、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、津波が敷地へ到達、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差異がある。

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差異はあるものの、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（敷地への津波の到達、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3.（3）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考ええる。

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差異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考ええる。

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急拡による抵抗（損失），③摩擦による抵抗（損失）が働く。

なお，スリーブの奥側（スクリーン室側）に主梁があるものの，主梁はスリーブを通る流れを阻害しない位置に配置することから，流体の流れに与える影響は軽微であり，管路解析においては考慮しない。

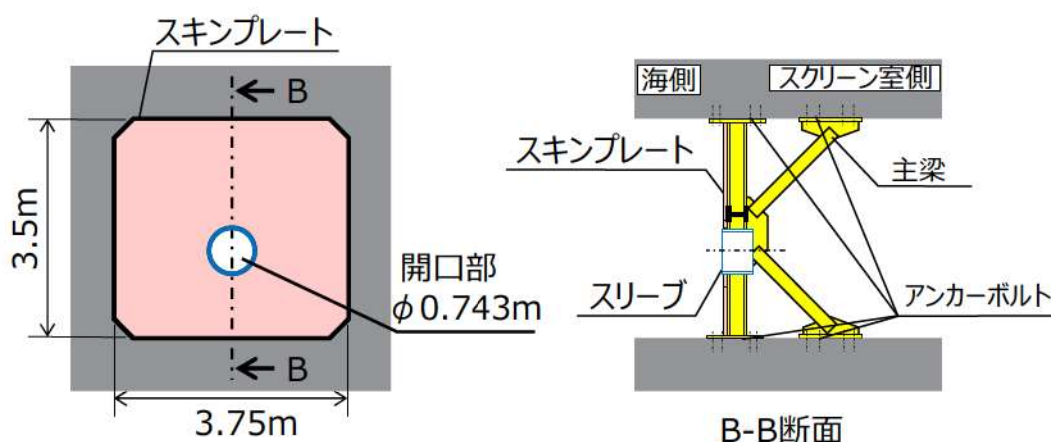


図 1 1号及び2号炉取水路流路縮小工の構造例

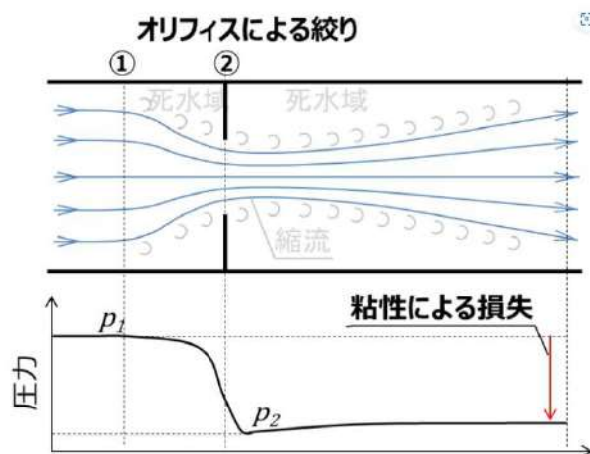


図 2 : オリフィスによる流れの変化と圧力損失のイメージ

(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。流路縮小工の開口部の急縮・急拡・摩擦の効果のみを考慮しており、主梁の抵抗（損失）を無視することで、津波対策としての効果としては保守的な設定としている。

(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。

管路内の流速が遅いことから、流路面積が小さくなる開口部以外での抵抗（損失）の効果も小さく、開口部の急縮・急拡・摩擦による効果が支配的である。

取水路を対象とした管路解析（原子炉補機冷却海水系運転時）から得られる流路縮小工内の流速（ $V_2=2.31\text{m/s}$ ）を用いて、開口部の抵抗（損失）を算定した結果を以下に示す。

①急縮による抵抗（損失）

$$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g} = 0.14(m)$$

②急拡による抵抗（損失）

$$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g} = 0.26(m)$$

③摩擦による抵抗（損失）

$$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}} = 0.01(m)$$

①+②+③=0.41m（管路解析による流路縮小工設置前後の取水ピットポンプ室水位差 0.39m と整合的である。）

原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の管路内の流速が遅いことから、オリフィス部の抵抗（損失）の値も小さく、主梁による抵抗の効果は無視できる程度であると考えられる。

表 1 各局所損失の算定式

	公式	係数	根拠
摩擦損失	$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	<p>V : 平均流速 (m/s)</p> <p>L : 水路の長さ (m)</p> <p>R : 水路の径深 (m)</p> <p>n : 粗度係数 (m^{-1/3}・s)</p>	電力土木技術協会 (1995)
急拡損失	$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	<p>f_{se} : 急拡損失係数*¹</p> <p>V₁ : 急拡前の平均流速 (m/s)</p> <p>A₁ : 急拡前の管断面積 (m²)</p> <p>A₂ : 急拡後の管断面積 (m²)</p>	電力土木技術協会 (1995)
急縮損失	$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$	<p>f_{sc} : 急縮損失係数*² (管路断面による値)</p> <p>V₂ : 急縮後の平均流速 (m/s)</p>	電力土木技術協会 (1995)

※ 1 流路形状から f_{se} = 0.935 と設定した。

※ 2 流路形状から f_{sc} = 0.492 と設定した。

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

【津波時における敷地への津波の到達，流入防止】

- ① 基準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 基準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）が得られる開口径とすること（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）。

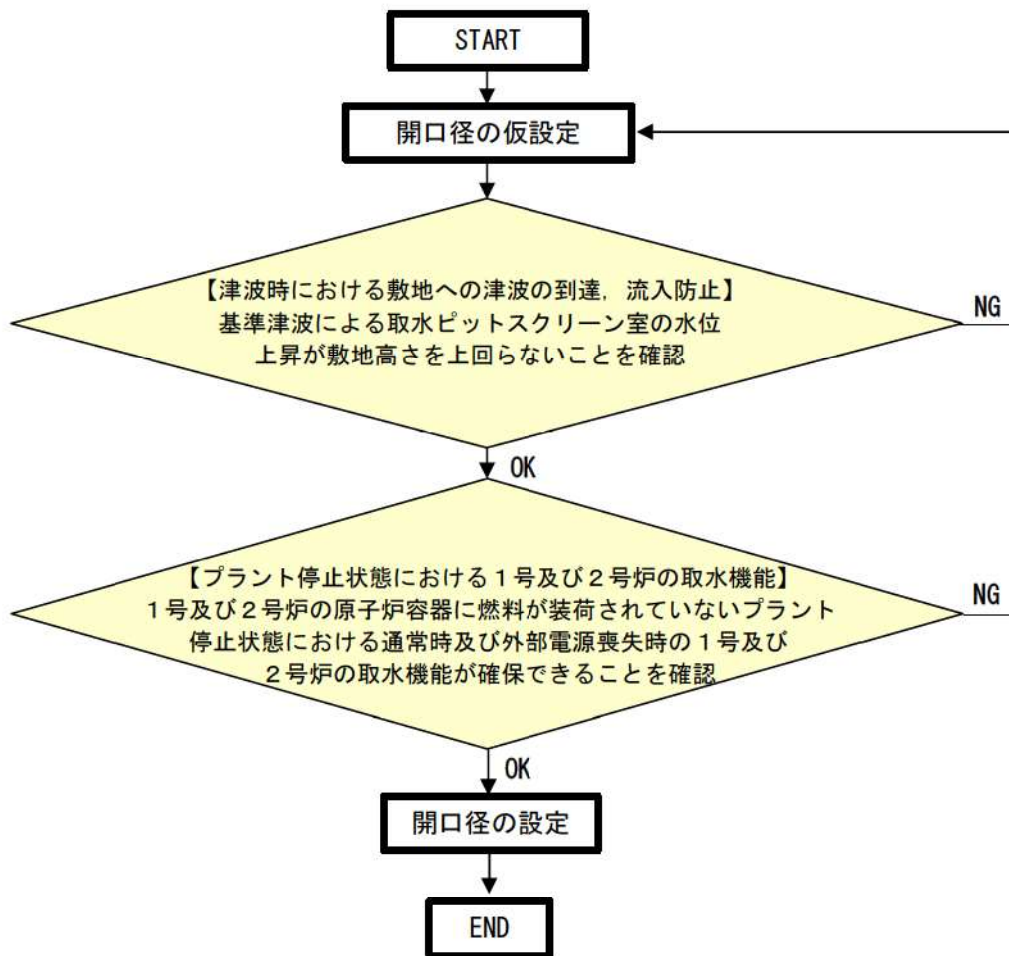


図1 開口径の設定の流れ

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
敷地への津波の到達, 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)

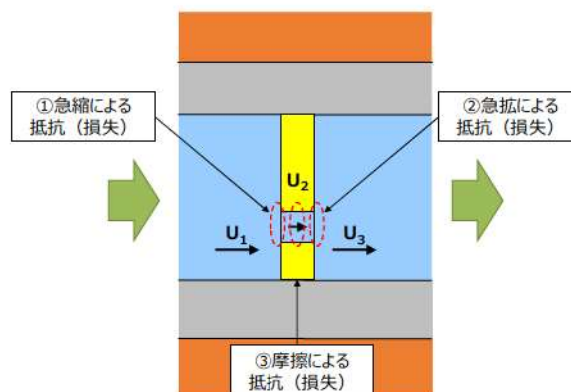


図2 流路縮小工設置による抵抗 (損失) の概念図

流路縮小工の構造成立性について

流路縮小工は津波防護施設であることから、基準地震動 S_s 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

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による縮小部を高流速の津波が通過する。
「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、水圧鉄管の固定台（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による縮小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、流路の断面が縮小されることから、流路縮小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、管路内の流れが高流速となる場合には、速度水頭の増大により流水の圧力が低下する。また圧力管路の入口や分岐部あるいは戸溝部の断面変化のあるところでは、呑口形状の不良や管路の湾曲、壁面の凹凸などによって流線がはく離し、管内圧力が局所的に低下することがある。この結果、キャビテーションが生じ管路に悪影響を与えるおそれがあるとしている。

(2) 要求機能を喪失しうる事象の抽出

前述を踏まえ、流路縮小工各部位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（流路縮小工全体）

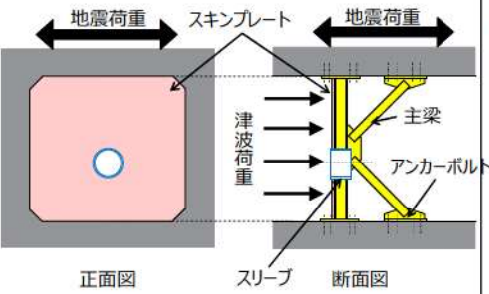
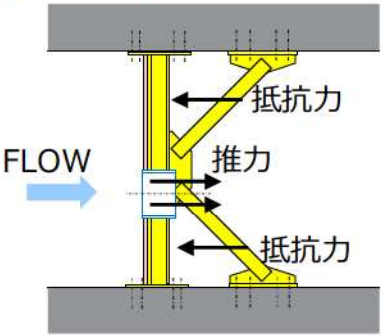
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工 全体	<p>・地震荷重や津波荷重[*]により、主梁やスキンプレートが曲げ破壊またはせん断破壊することで、津波防護機能を喪失する。</p> <p>・主梁やスキンプレートから伝達する荷重により、アンカーボルトが破断し、津波防護機能を喪失する。</p> <p>※：津波荷重として、流水の摩擦による推力も考慮する（下項目参照）。</p> 	<p>・主梁やスキンプレートに生じる応力度が許容限界以下となるように詳細設計段階で設計する。</p> <p>・アンカーボルト生じる断面力による応力度が、許容限界以下となるように詳細設計段階で設計する。</p> <p>・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。</p>	<p>○ 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。</p>
	<p>・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またはせん断破壊することで津波防護機能を喪失する。</p> <p>・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。</p> 	<p>・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。</p>	<p>○ 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。</p>

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）

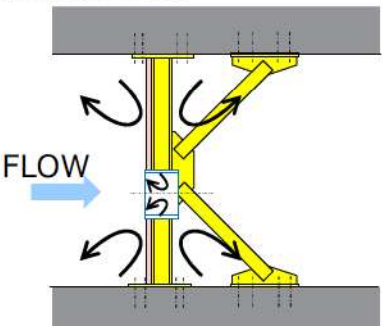
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工 全体	<p>・急縮部・急拡部で発生する渦や流水による摩耗によって形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。</p> 	<p>・津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。「水門鉄管技術基準(水圧鉄管・鉄鋼構造物編) 令和4年版((社)水門鉄管協会)」によれば、管の摩耗による板厚の減少に対して余裕厚を確保する方法が用いられていることから、鋼製部材に対して適切な余裕厚を詳細設計段階で設定する。</p> <p>・仮に摩擦が生じた場合でも、津波の遡上に対して十分な裕度を確保する。</p>	<p>○ 取水路内で十分な強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

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）

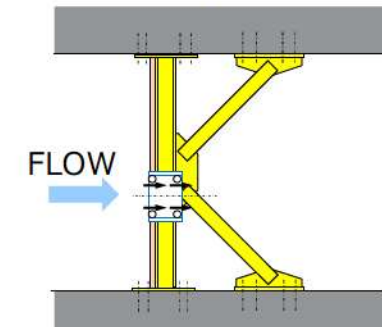
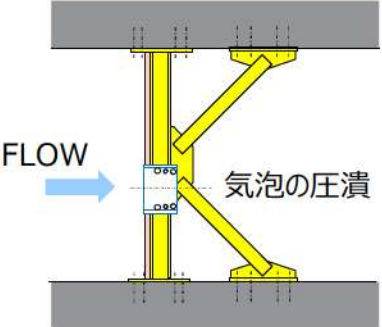
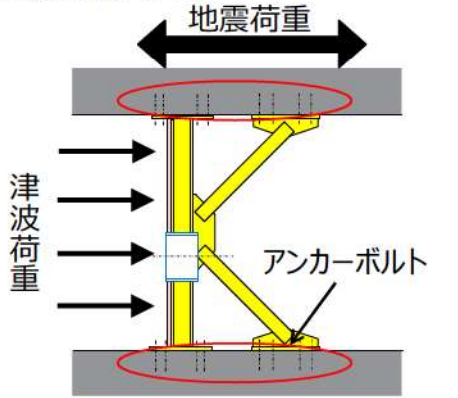
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工 開口部	<p>・砂や貝を含んだ津波の流入により、スリーブ表面が摩耗が発生することによって、開口部が広がり津波防護機能を喪失する。</p> 	<p>・津波は短期的な事象であるが、安全側に以下の配慮を行う。「水門鉄管技術基準(水圧鉄管・鉄鋼構造物編) 令和4年版((社)水門鉄管協会)」によれば、管の摩耗による板厚の減少に対して余裕厚を確保する方法が用いられていることから、鋼製部材に対して適切な余裕厚を詳細設計段階で設定する。</p> <p>・仮に摩擦が生じた場合でも、津波の遡上に対して十分な裕度を確保する。</p>	<p>○ 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。</p>
	<p>・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。</p> 		

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	<p>・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または引張破壊することで、津波防護機能を喪失する。</p> 	<p>・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。</p>	<p>○ 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。</p>

(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。

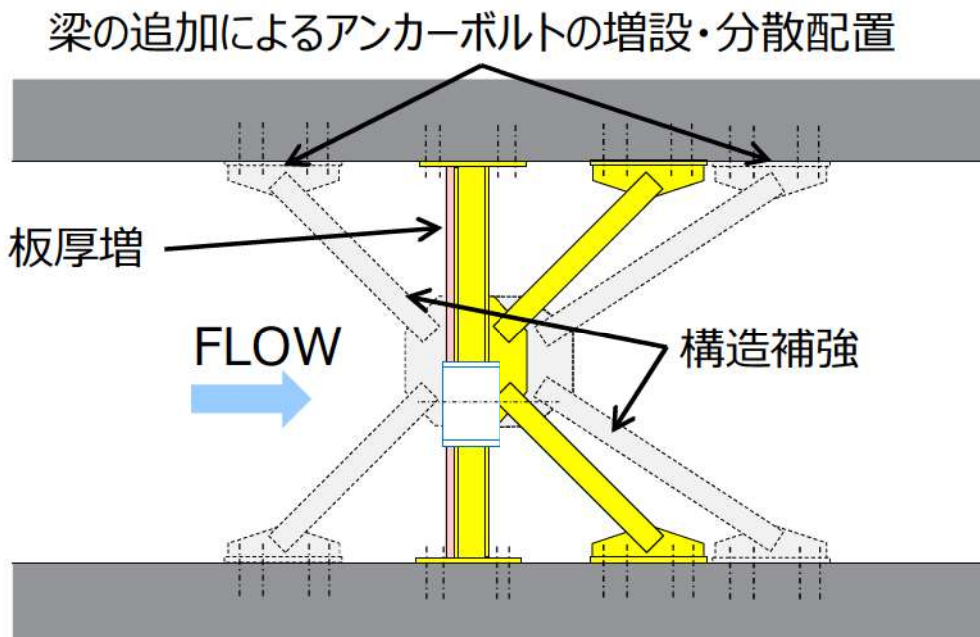


図1 流路縮小工 補強構造案

(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、更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。

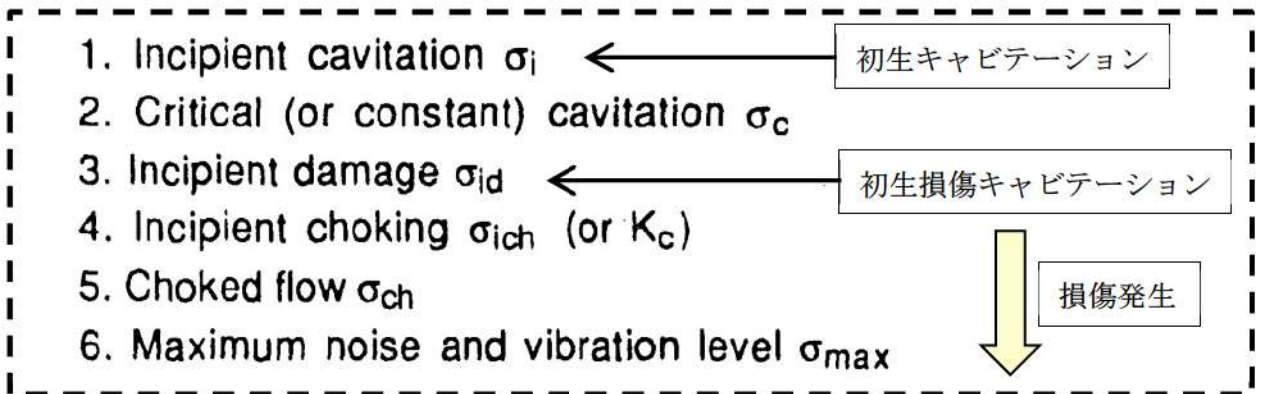


図2 キャビテーションの発達過程（文献^{*4}による，一部加筆）

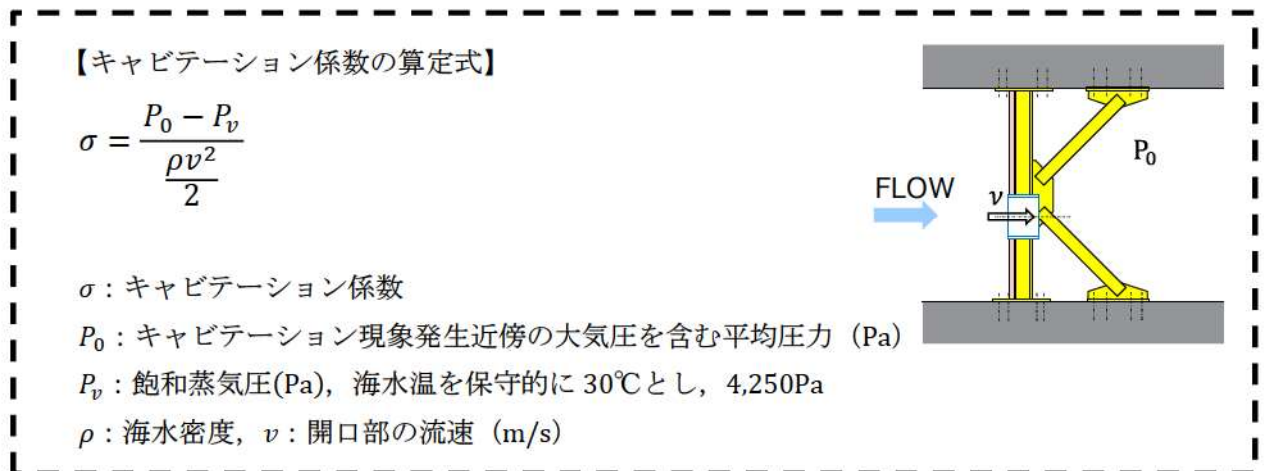


図3 キャビテーション係数の算定式

- ※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) が支配的な要因の一つであることから、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. ±0m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。

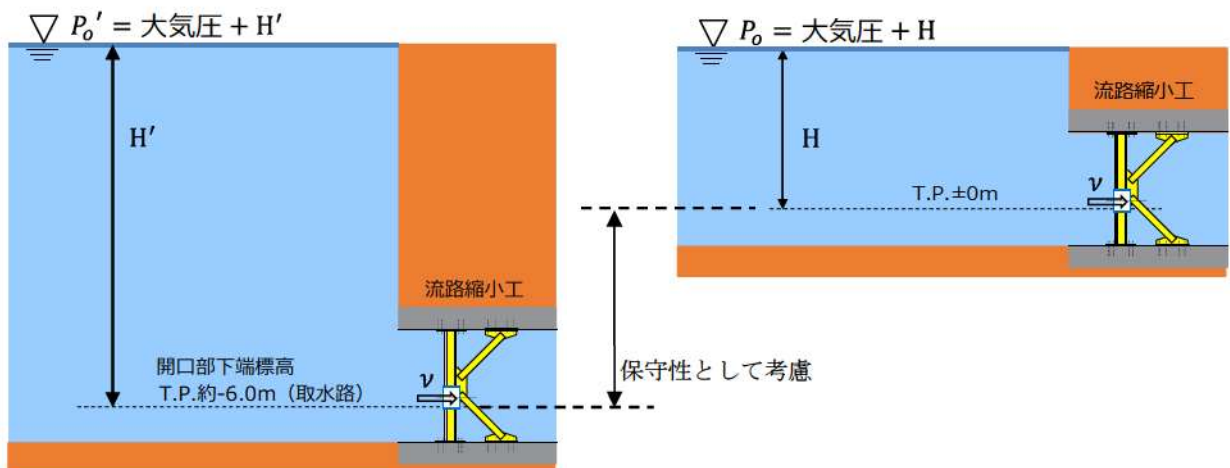


図4 平均圧力 P_0 算定時における保守性の考え方

c. キャビテーションの発生の可能性に関する評価

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は更に「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（満管状態となっている場合の評価）。

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

追而
(キャビテーション係数評価結果について、
入力津波の解析結果を踏まえて記載する)

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

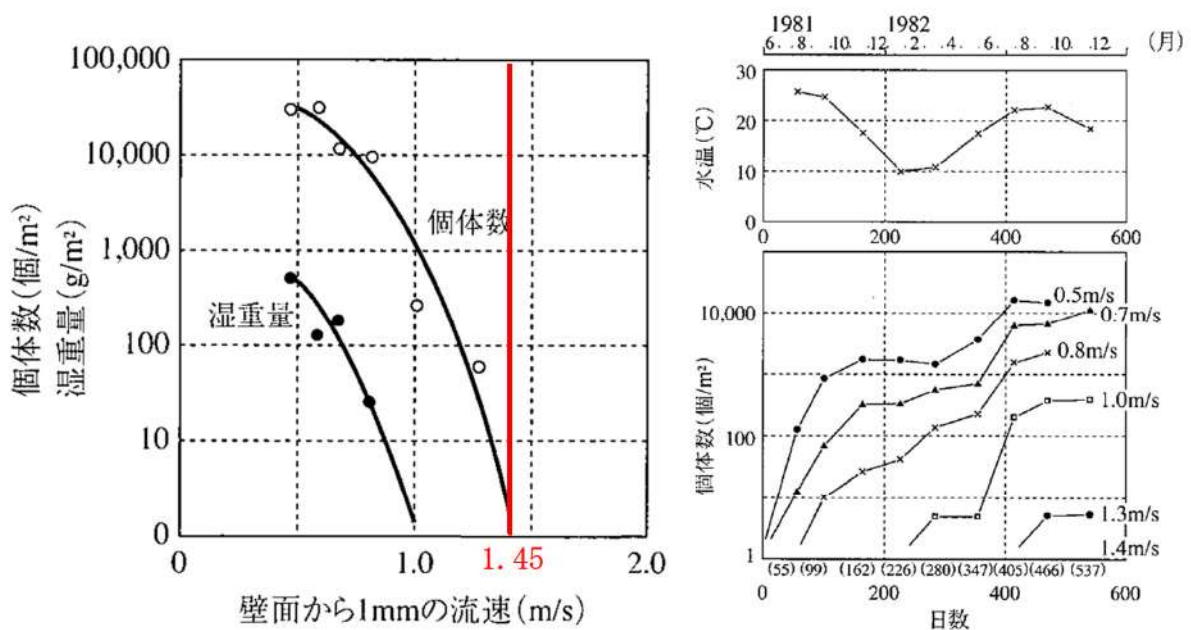


図1 生物付着と流速の関係
(発電所海水設備の汚損対策ハンドブック p156)

(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 1.0m³/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 1g/m² 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。

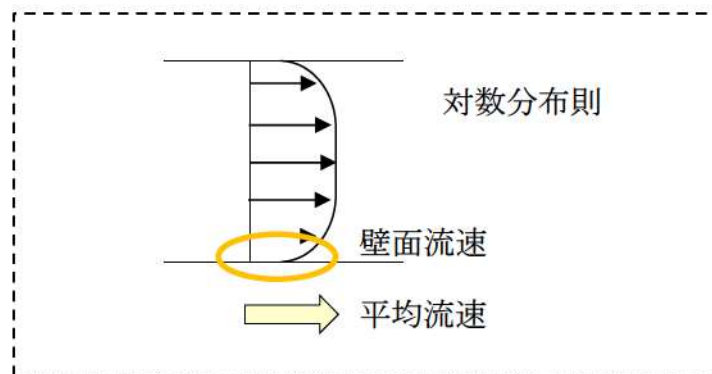


図 2 対数分布則

(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の水位を示す。

貝付着厚さの設定にあたっては，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て取水ピットポンプ室の水位は約 1m 下降するが，原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能最低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へ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を確認していく。

※ 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 最低水位(m)
設置前		12.945	0.08 ^{※3}		T.P. -0.15	
設置後	1.0 ^{※1}	0.433 (φ0.743m×1条)	2.31 ^{※3,4}	T.P. -0.14 ^{※5}	T.P. -0.53	T.P. -4.17
		0.231 ^{※2} (φ0.543m×1条)	4.33 ^{※3,4}		T.P. -1.53	

※1 原子炉補機冷却海水ポンプ (1,900 m³/h≒0.5 m³/s) は号炉あたり4台、取水路1条あたり2台が設置されているため、4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 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2~5m/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

※6 取水路の流路縮小工における局所損失(急拡, 急縮)及び摩擦損失を考慮(「参考3」図2参照)

流路縮小工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

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、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。

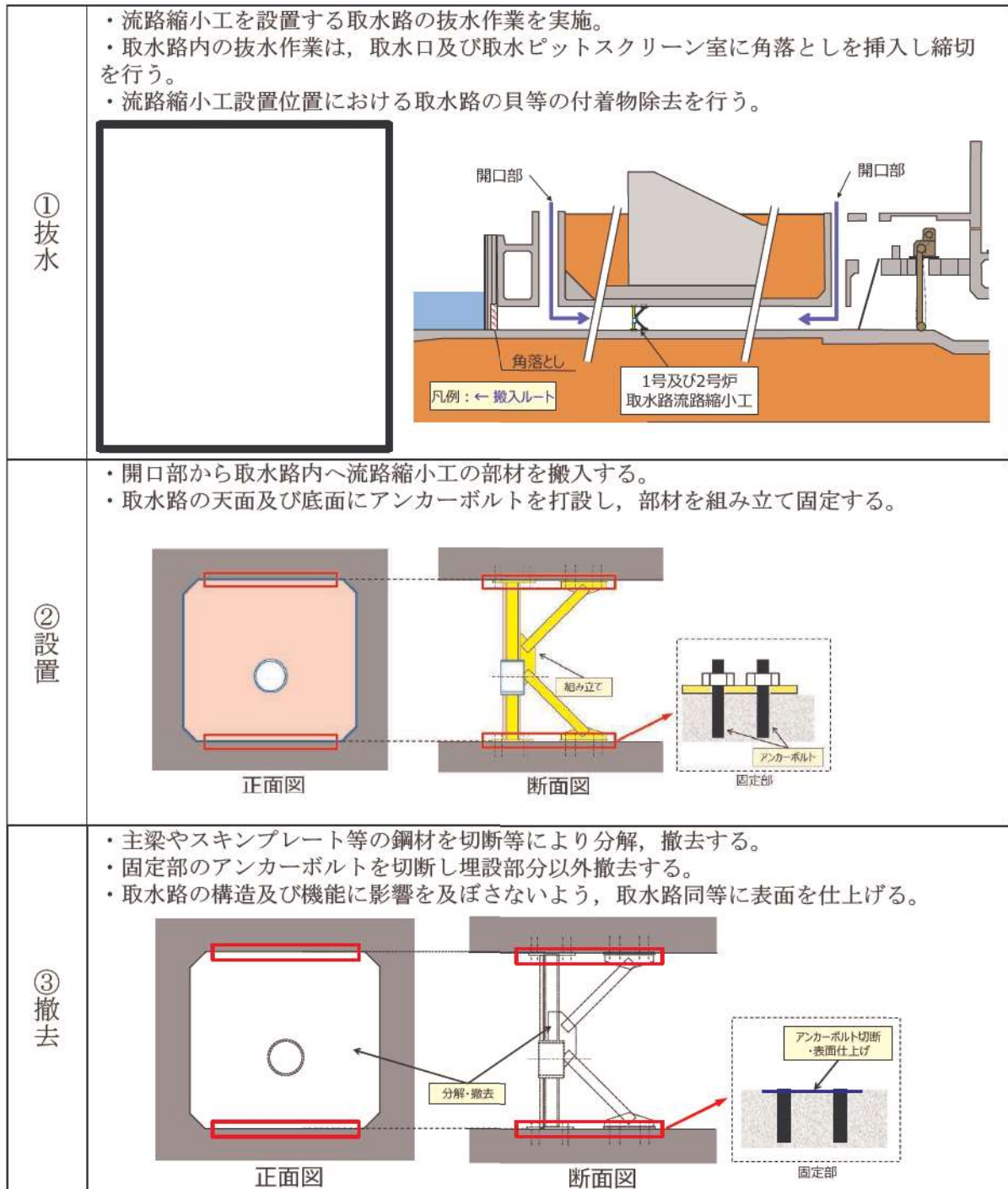


図1 流路縮小工の施工フロー

(2) 既往の施工実績について

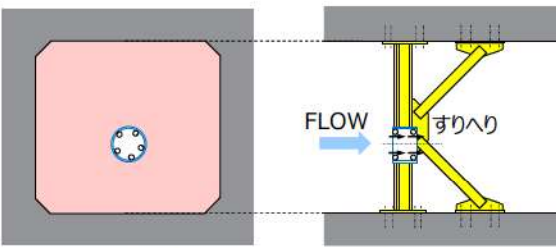
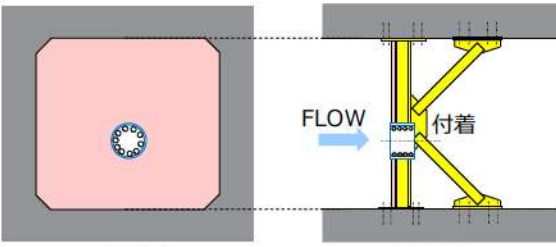
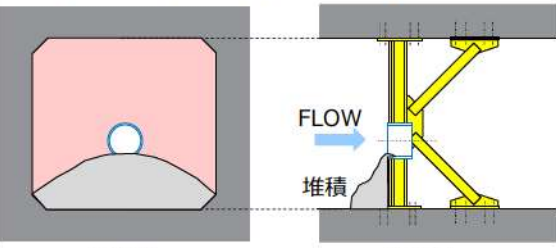
既設のコンクリート躯体に対してあと施工のアンカーボルトを用いた施工方法について、安全対策工事等における配管・設備等の耐震補強でも多々実績のある施工方法である。今回の流路縮小工についても、設備重量、施工範囲や施工方法など実績の範囲内にある。

(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

流路縮小工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・施工上の配慮	事象の進展予想
流路縮小工 開口部	<p>・ 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。</p>  <p>正面図 断面図</p>	<p>・ 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。</p>	<p>・ 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。</p>
	<p>・ 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。</p>  <p>正面図 断面図</p>	<p>・ 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。</p>	<p>・ 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。</p>
	<p>・ 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。</p>  <p>正面図 断面図</p>	<p>・ 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。</p>	<p>・ 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。</p>

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、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)。水位による事象検出は難しく、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
	1	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
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		<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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到達, 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）

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	<p>【対象設備】 流路縮小工</p> <p>【整理結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 流路縮小工は、津波が敷地へ到達、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。 	<p>【対象設備】 取水路防潮ゲート</p> <p>【整理結果】</p> <p>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。</p> <p>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、津波が敷地へ到達、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。</p>	

流路縮小工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
<p>設置変更許可</p>	<p>○設置変更許可申請（補正）の要否</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>○設置変更許可申請書への記載方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 設置変更許可申請書 本文 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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） <p>○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。</p>	<p>○設置変更許可申請（補正）の要否</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>○設置変更許可申請書への記載方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 設置変更許可申請書 本文 <ul style="list-style-type: none"> ・差異なし ➤ 設置変更許可申請書 添付書類八 <ul style="list-style-type: none"> ・差異あり（ただし、島根2号炉と差異なし） ・差異なし <p>○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</p>

流路縮小工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
<p>工事計画認可</p>	<p>○設計及び工事の計画の認可申請の要否</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>○工事計画書への記載方針</p> <p>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。</p> <p>○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</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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量積に影響を与えない設計とする。 	<p>○設計及び工事の計画の認可申請の要否</p> <ul style="list-style-type: none"> ・差異なし ・差異なし <p>○工事計画書への記載</p> <p>差異なし</p> <p>○津波防護施設として1号炉に悪影響を及ぼさない設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・差異なし ・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量積に影響を与えない設計とする。

流路縮小工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）（4/4）

項目	泊3号炉	女川2号炉との差異
原子炉施設保安規定	<p>【原子炉施設保安規定上直接影響がある条文】</p> <p>○第73条（ディーゼル発電機－モード1、2、3および4以外一）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>○第82条（使用済燃料ピットの水位および水温）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>【原子炉施設保安規定上の影響】</p> <p>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。</p>	<p>【原子炉施設保安規定上直接影響がある条文】</p> <p>差異なし</p> <p>【原子炉施設保安規定上の影響】</p> <p>差異なし</p>

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到達、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

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	<ul style="list-style-type: none"> 取水路から遡上する津波が敷地への到達、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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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：φ0.743m）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）	<ul style="list-style-type: none"> 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（φ0.743m）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 (続き)

項目	3号炉設置変更許可	3号炉工事計画認可
<p>通常時の1号及び2号炉の取水機能への影響</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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最低水位(T.P.-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(φ0.430m)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))に対して十分な余裕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、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、津波収束後、ポンプ起動までの余裕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※が設置されているため、直ちに原子炉補機冷却海水ポンプの運転に対して影響はないことをご説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
<p>通常時の漂流物・浮遊砂の閉塞による取放水機能への影響</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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 (続き)

項目	3号炉設置変更許可	3号炉工事計画認可
<p>施設管理</p>	<ul style="list-style-type: none"> 保安規定に紐づく社内規定で定める保全計画に基づき、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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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定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。
<p>通常時に閉塞・閉固着した場合の異常の検知性について</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
<p>流路縮小工の損傷モードを踏まえた設計</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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到達、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の到達、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到達，流入防止

基準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の到達，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。

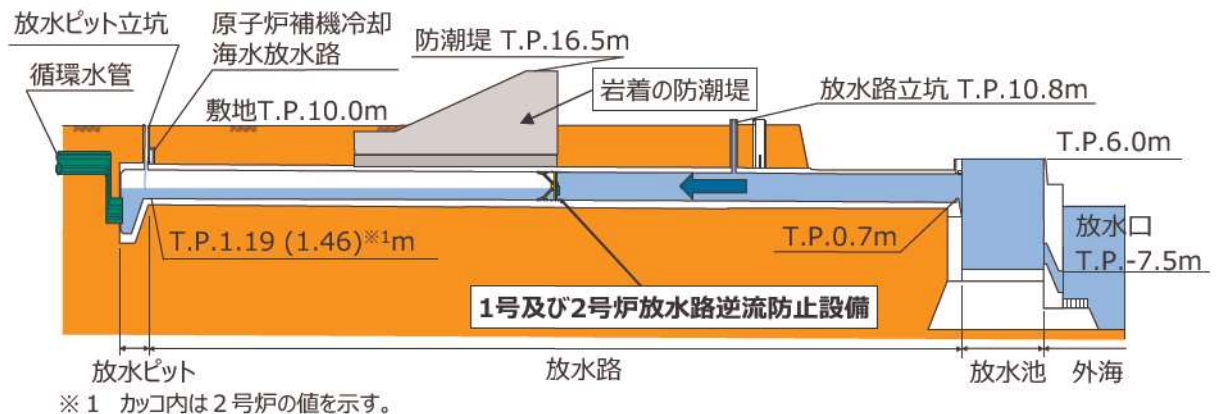
○安全重要度

- ・逆流防止設備は，津波が敷地へ到達，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。

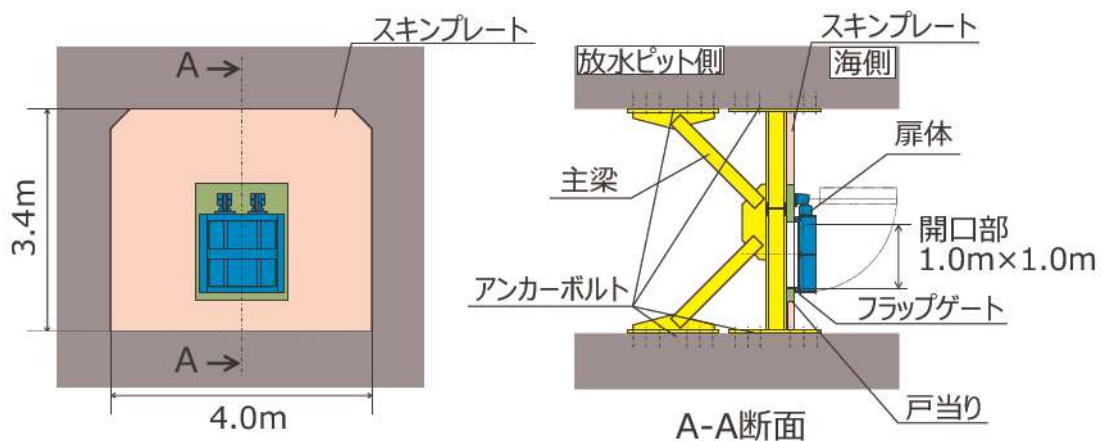
(3) 逆流防止設備の構造概要（図2参照）

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条）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到達、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。従って、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。検討の結果、放水機能

に影響を与えない最小開口寸法は0.46m×0.46mであり、その場合の放水ピット立坑水位はT.P.5.22mとなった。

以上より、逆流防止設備の開口寸法(1.0m×1.0m)は、放水性に対して十分な余裕を持った開口寸法である。

(5) 砂による閉機能への影響について

追而

(基準津波確定後、砂の評価を踏まえ、逆流防止設備の機能を維持するための検討結果を記載する)

(6) 漂流物による閉機能への影響について

基準津波に伴って生じた漂流物が1号及び2号炉放水路下口に到達して、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について評価した。

図3、図4に示すとおり、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、放水路下口の離隔は約580m程度であるため、1号及び2号炉放水路下口が閉塞す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。

追而

(放水路下口に到達する可能性及び閉塞する可能性の評価に係る内容については、基準津波の審査を踏まえて記載する)



図3 1号及び2号炉放水路下口と3号炉取水口の位置関係

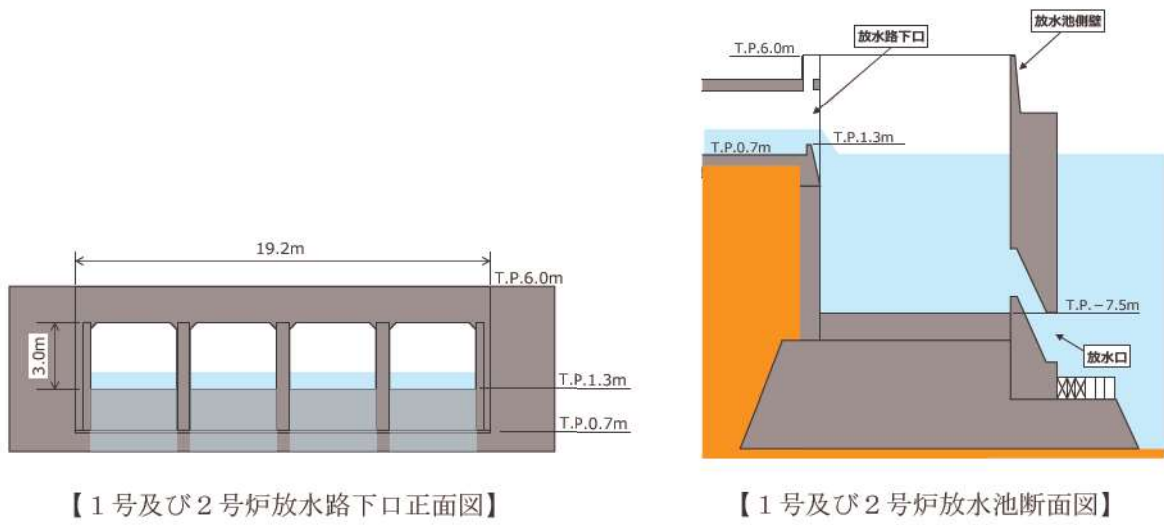


図4 1号及び2号炉放水路下口概要図

追而

(基準津波確定後、漂流物の評価を踏まえ、逆流防止設備の閉塞の可能性に関する検討の結論を記載する)

(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（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、基準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や摺動部が固着することは考え難い。

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難い。

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難い。

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5に示すように、防潮堤外側の点検口から定期的カメラを挿入し、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、排水し、保守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。

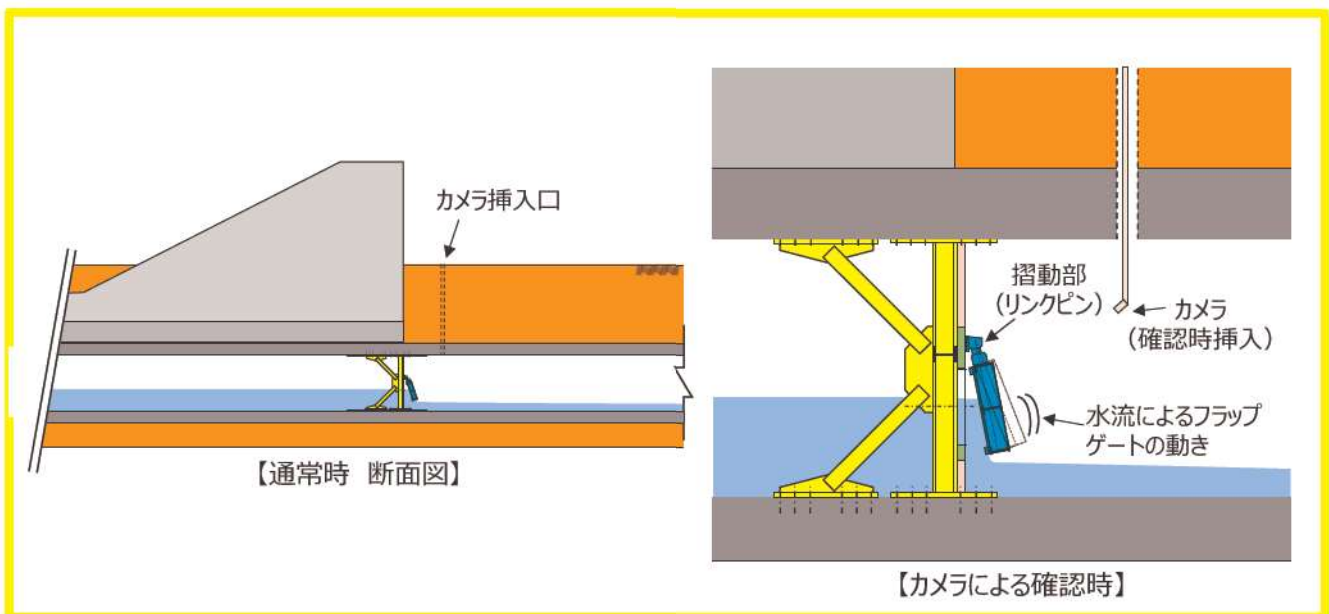


図5 フラップゲートのカメラによる確認のイメージ図

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. 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、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。

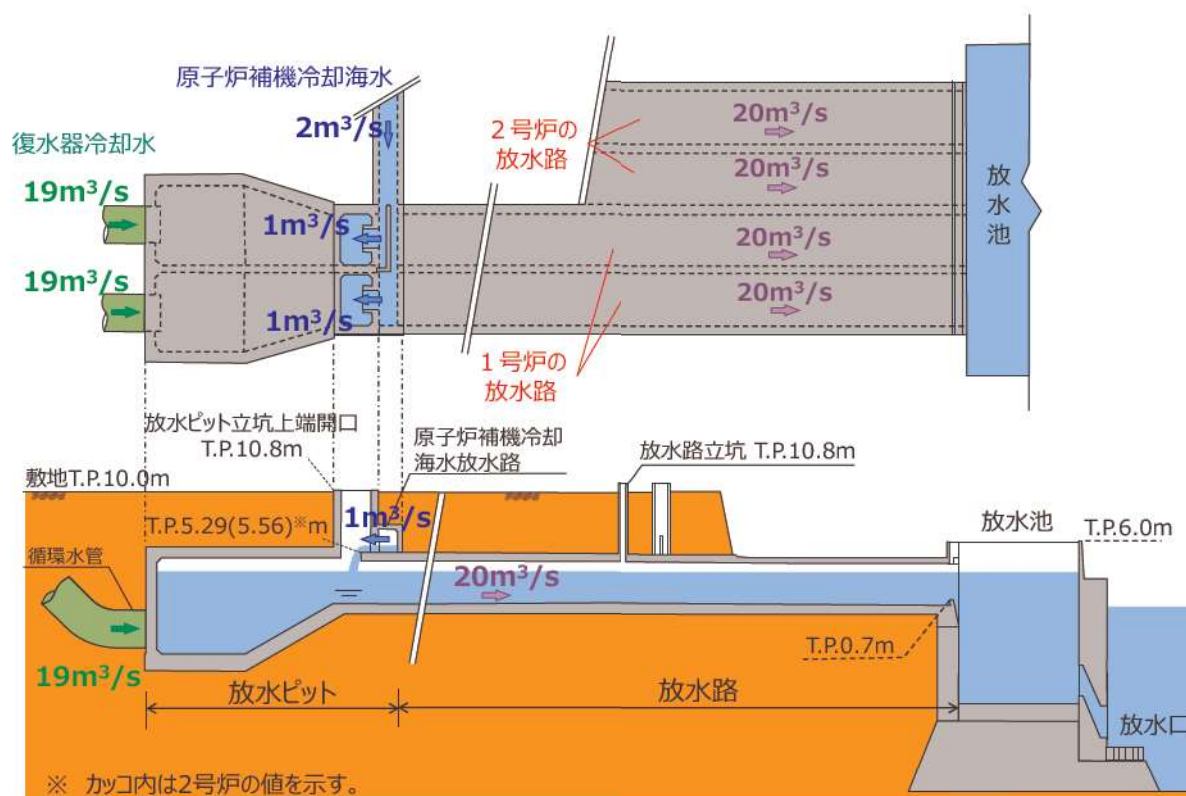


図6 1号及び2号炉放水系概要

(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号炉放水路の防潮堤直下については、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。

また、1号及び2号炉建設時において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とおり。

【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。

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2台運転し、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)の定格流量である。また、外部電源喪失することでブラックアウトシーケンスが作動しポンプ全台(4台)が運転した場合には、約 $2.0\text{m}^3/\text{s}$ の海水が取水ピットから取水され、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。

(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) 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

3号炉の新規制基準適合性審査においては、1号及び2号炉は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として扱うことから、プラント停止状態で必要となる海水系ポンプについて整理した。

プラント停止状態においては、使用済燃料ピットの冷却及び空調用冷凍機の冷却機能の維持が必要である。また、外部電源喪失時には冷却機能が維持できるよう、ディーゼル発電機による電源供給機能の維持も必要である。

これらの機能維持に必要な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必要となる。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。

逆流防止設備の設置により放水機能への影響評価が必要となる海水系ポンプの台数及び流量は、表1のとおりである。

表1 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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

(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。

参考2に示すとおり、逆流防止設備の設置により、放水ピット立坑の水深が約1.5mとなることから、逆流防止設備設置前の水深約0.3mから、約1.2m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. 1.48m（2号炉はT.P. 1.75m）から逆流防止設備設置後はT.P. 2.69m（2号炉はT.P. 2.96m）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. 5.29m（2号炉はT.P. 5.56m）に比べ放水ピット立坑水位はT.P. 2.69m（2号炉はT.P. 2.96m）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2、図7参照）。

表2 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 (m ²)	流速 (m/s)	放水ピット立坑 水位 ^{※4} (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 ^{※1}	1.124	0.89 ^{※2}	T.P. 1.48 (T.P. 1.75) ^{※5}	T.P. 10.8	T.P. 5.29 (T.P. 5.56) ^{※5}
設置後		0.75 (1.0m×1.0m×1条)	1.33 ^{※2※3}	T.P. 2.69 (T.P. 2.96) ^{※5}		

- ※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 m³/h≒0.5 m³/s）4台運転時の放水路1条あたりの流量は0.5 m³/s×2台=1.0m³/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）より小さいことから、通水性に問題はない。
- ※3 逆流防止設備の流速
- ※4 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）。
- ※5 カッコ内は2号炉の値を示す。

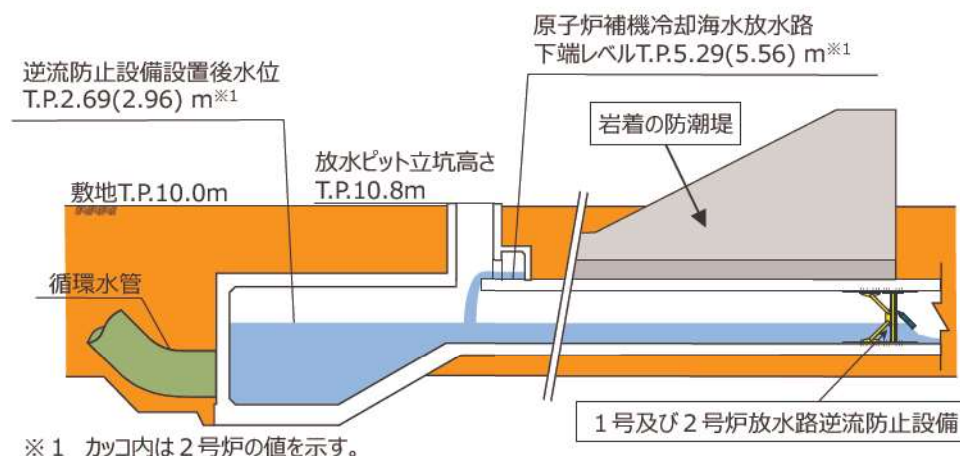


図7 1号及び2号炉放水系断面図

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。

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。また、二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、図8に示すように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。従って、異常を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、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。

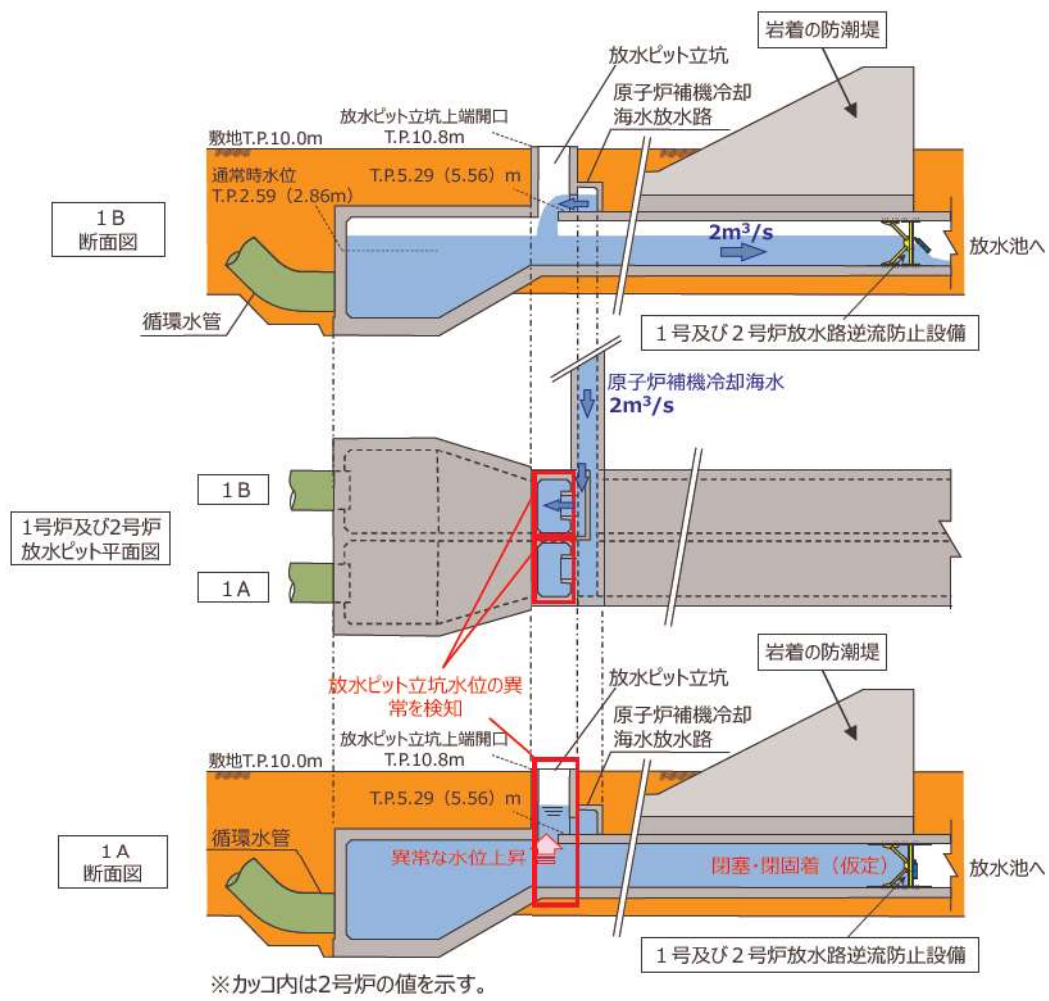


図 8 逆流防止設備の異常の検知位置（1号炉の場合）

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、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定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、放水路については、特別な保全計画に基づき、定期的に抜水^{*}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により行う。

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条ずつ抜水することで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抜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9参照）

b. 逆流防止設備

内容：放水路内抜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。

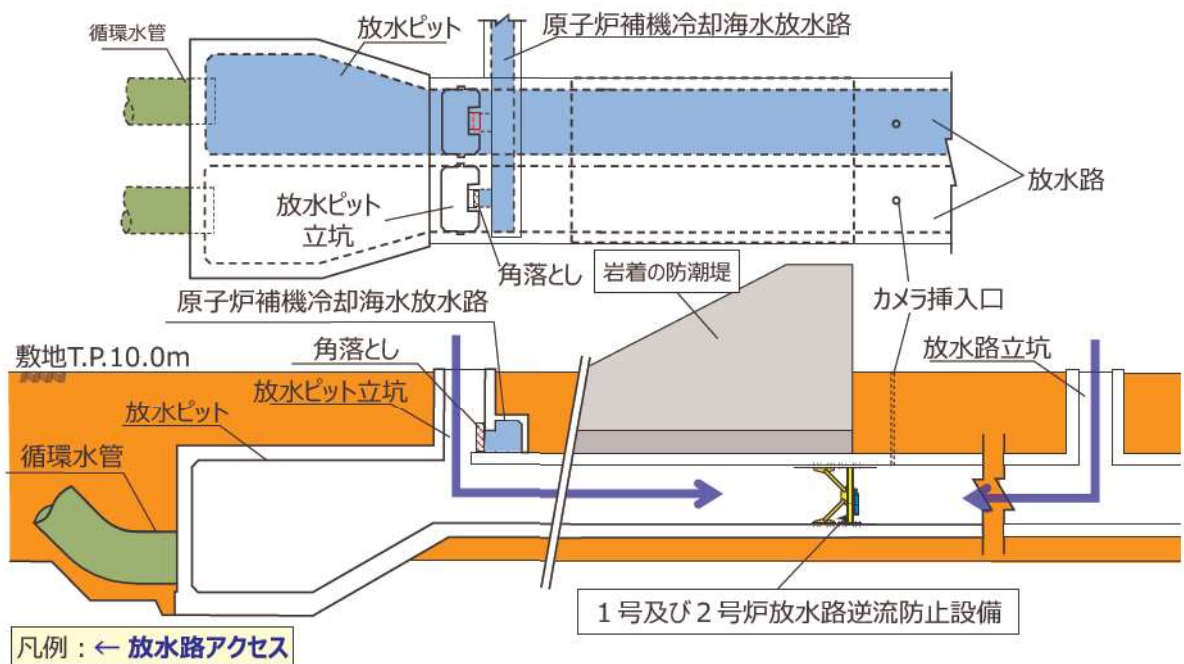


図9 逆流防止設備設置後の施設管理

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また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策設備に係る事項，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，取水口から取水ピットポンプ室に至る系をモデル化し，管路の形状，材質及び表面の状況に応じた損失を考慮するとともに，貝付着やスクリーン損失及び防波堤の有無を不確かさとして考慮した計算条件とし，安全側の値を設定する。

なお、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性を確保するため、貯留堰を設置するとともに、気象庁から発信される大津波警報を元に循環水ポンプを停止する運用を定める。このため、水位の評価は貯留堰の存在を考慮に入れるとともに、循環水ポンプの停止を前提として実施する。

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、1号及び2号炉取水路流路縮小工、1号及び2号炉放水路逆流防止設備を設置するが、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、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となる流量を確保し、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。

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4 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、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定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
- 上記（b）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

逆流防止設備を設置することによる影響について、以下のとおり整理した。

(1) 逆流防止設備設置による津波の敷地への到達，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定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

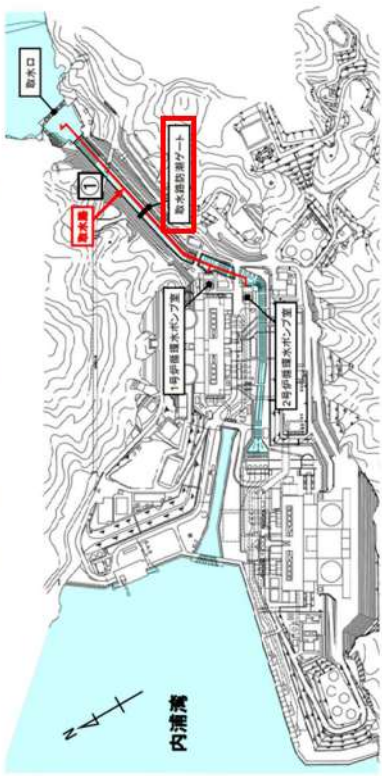

- a. 逆流防止設備は、津波防護施設として設置変更許可申請（補正）を行い、設置変更許可申請書には、1号及び2号炉のプラント状態の前提を記載し、1号及び2号炉に悪影響を及ぼさない設計とすることを記載する。また、1号及び2号炉の新規制基準適合性審査においては、逆流防止設備を撤去し、防水壁等の1号、2号及び3号炉の共用の津波防護対策として設置変更許可申請（補正）し、適合性について説明する方針である。
- b. 逆流防止設備は、「浸水防護施設」として、設計及び工事計画認可申請を行い、1号及び2号炉の原子炉補機冷却海水ポンプ運転時の放水機能に影響がない設計とすることを工事計画書に記載する。また、逆流防止設備設置による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到達、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。取水路また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また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)

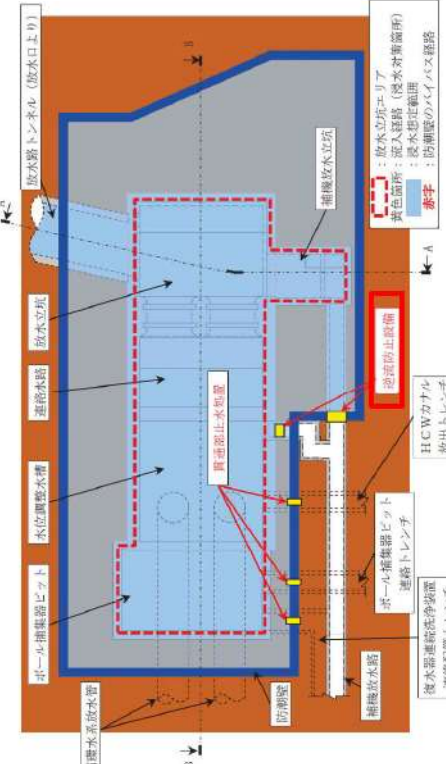
※他社記載事項について、審査会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものである。

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	<ul style="list-style-type: none"> 耐震重要度：Sクラス 安全重要度：MS-1 	<ul style="list-style-type: none"> 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）	<ul style="list-style-type: none"> 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）
動作内容	ゲート落下機構：通常時、機械式クランチ及び電磁式クラン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ンチ又は電磁式クランチが切り離され、ゲートは落下する。	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 外形寸法：約 4.15m×約 6m（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 	<ul style="list-style-type: none"> 外形寸法：約 3.7m×約 4.2m（全体） 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。

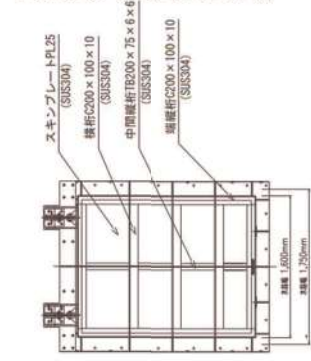
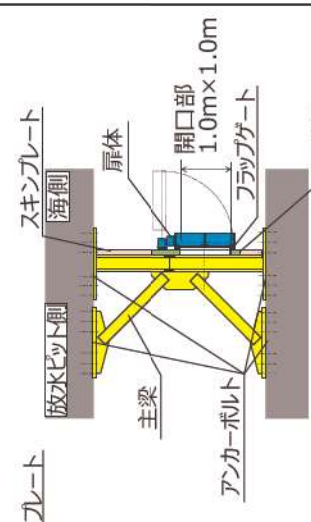
表 1 他社先行審査実績との比較 (3/5)

項目	泊発電所 3号炉
設備名称	補機冷却海水系放水水路逆流防止設備
設備分類	津波防護施設
設置目的	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の到達、流入するのを防止するために設置する。
設置位置	 <p>2号炉放水立坑 補機放水路の防潮壁横断面部</p> <p>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</p>
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)

※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
重要度分類	<ul style="list-style-type: none"> ・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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・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)
動作方法	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)
動作原理	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。
構造	 <p>第 734 回審査会合 (令和元年 6 月 25 日) 資料 1-2-2 より</p>	
仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・外形寸法：約 2m x 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・外形寸法：約 3.4m x 約 4.0m (全体) 開口部：1.0m x 1.0m ・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、定期的な抜水、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。	<ul style="list-style-type: none"> ・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、健全なもう一方の放水路を通して海水が放水されため、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、津波が敷地へ到達、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しを挿入し、放水路内について抜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られる。

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
 $D = \text{約 } 0.7(m)$
- ①+② ≈ 約 1.5m

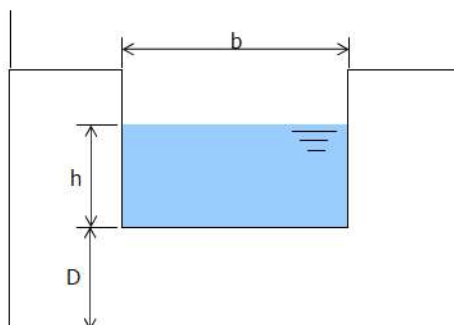


図1 逆流防止設備開口部 四角堰の模式図

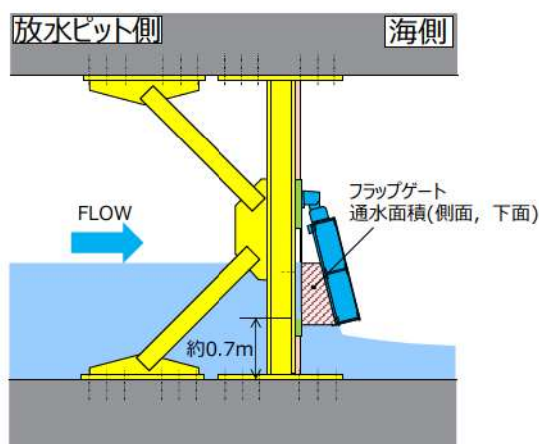


図2 逆流防止設備開口部

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。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い。

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

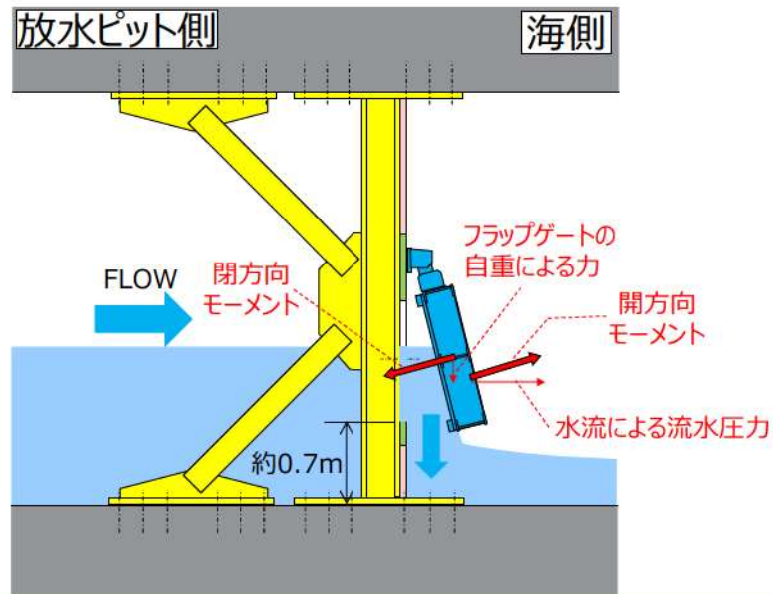


図3 通常時に逆流防止設備のフラップゲートに作用する力について

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 S_s 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）

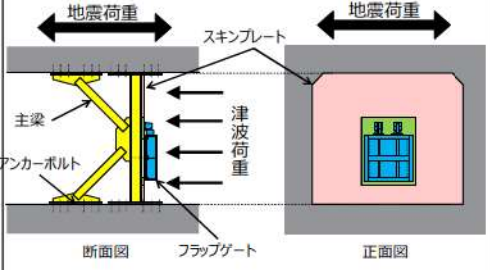
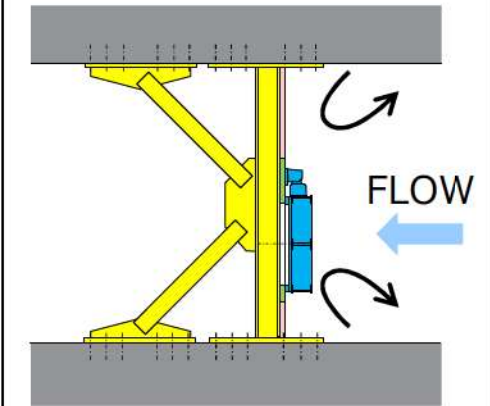
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
逆流防止設備全体	<ul style="list-style-type: none"> 地震荷重や津波荷重により、主梁、スキンプレート、フラップゲートが曲げ破壊またはせん断破壊することで、津波防護機能を喪失する。 主梁やスキンプレートから伝達する荷重により、アンカーボルトが破断し、津波防護機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 主梁、スキンプレートやフラップゲートに生じる断面力による応力度が許容限界以下となるように詳細設計段階で設計する。 アンカーボルトに生じる断面力による応力度が、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。 	<p>○ 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。</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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余裕を確保する。 	<p>○ 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。</p>

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）

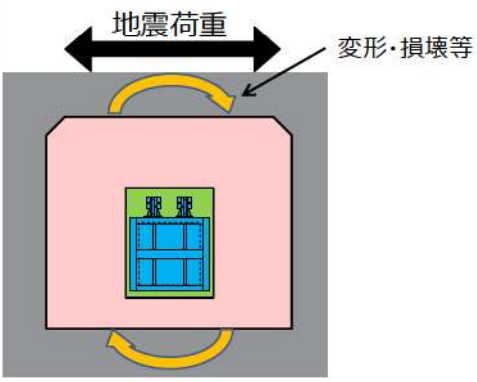
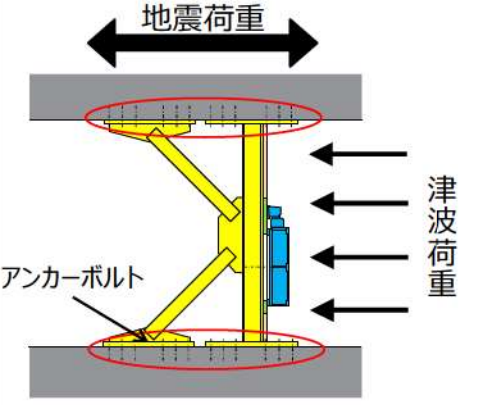
部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
フラップゲート	<p>・地震荷重や津波荷重により、放水路が変形・損壊等し、津波流入防止時にフラップゲートの閉動作を阻害し、津波防護機能を喪失する。</p> 	<p>・逆流防止設備は、岩着の防潮堤直下の放水路に設置する。逆流防止設備近傍の放水路は再構築により耐震化を図るため、変形・損壊等を生じない。</p>	<p>○ 放水路及び逆流防止設備の耐震化を図ることから、構造成立性は確保可能。</p>

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	<p>・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または引張破壊することで、津波防護機能を喪失する。</p> 	<p>・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。</p>	<p>○ 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。</p>

(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。

梁の追加によるアンカーボルトの増設・分散配置

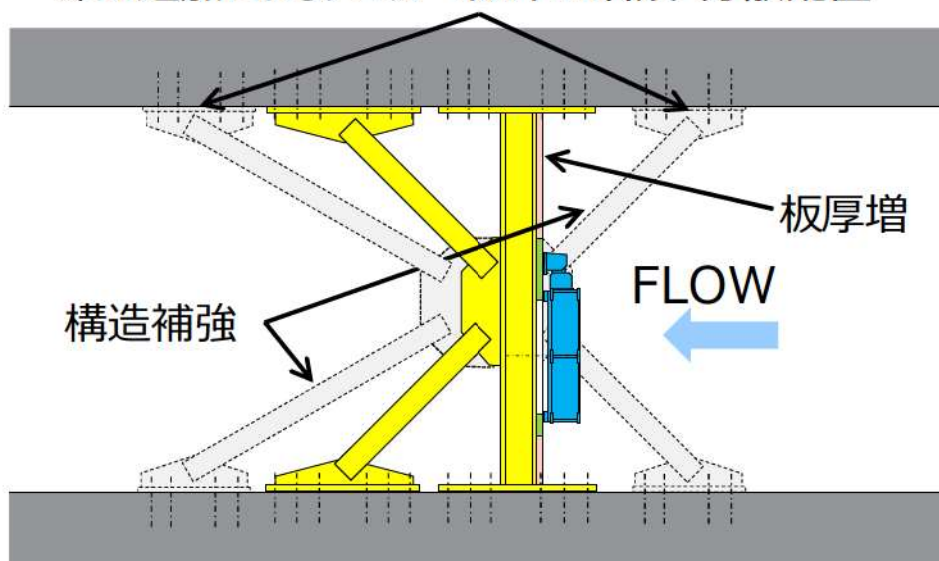


図1 逆流防止設備 補強構造案

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 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、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。

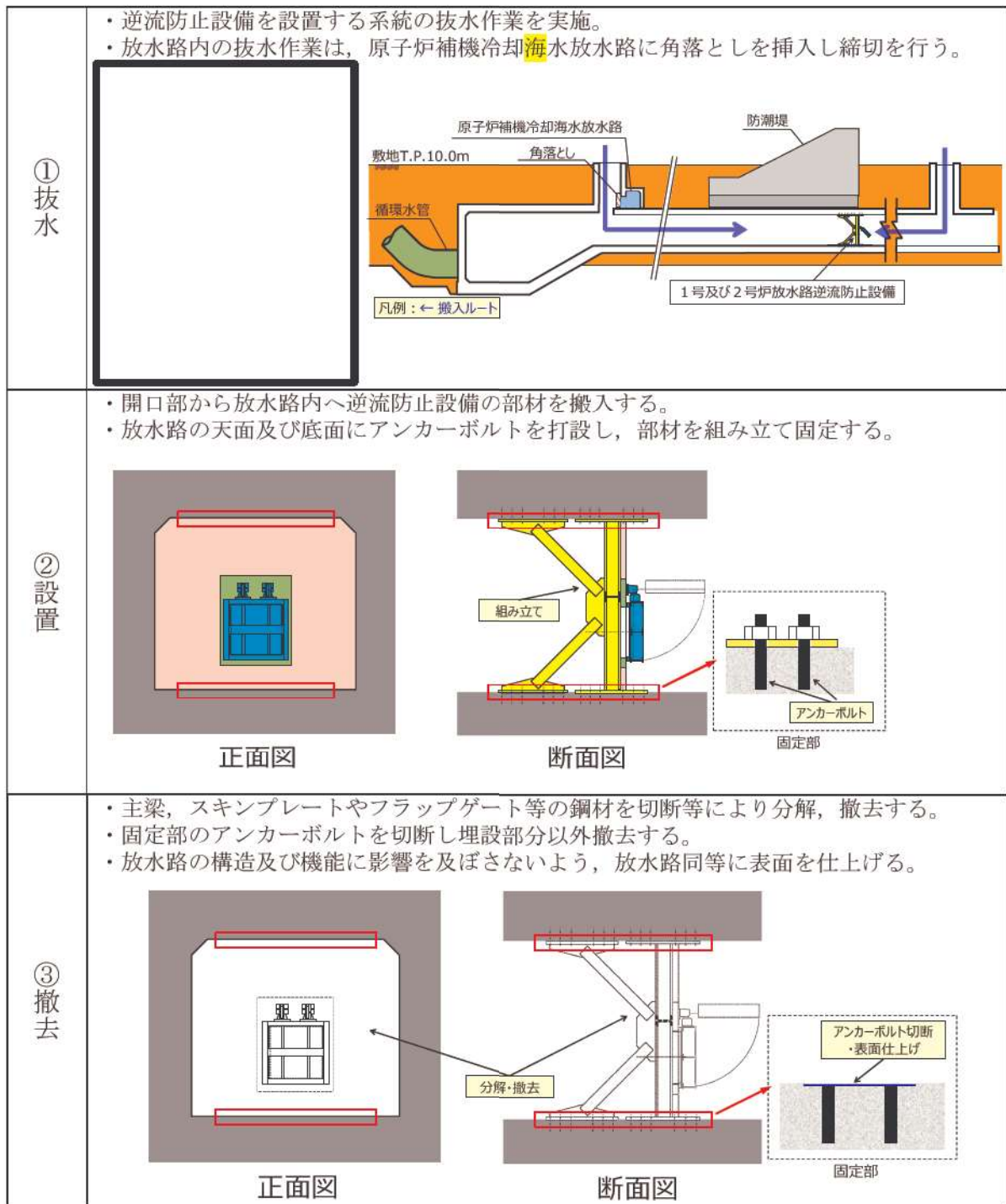


図1 逆流防止設備の施工フロー

(2) 既往の施工実績について

放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。

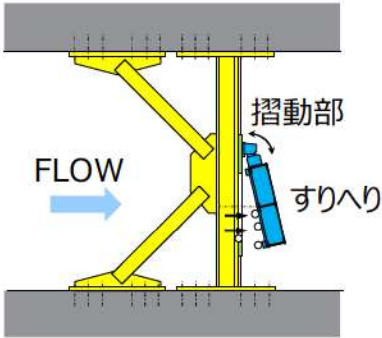
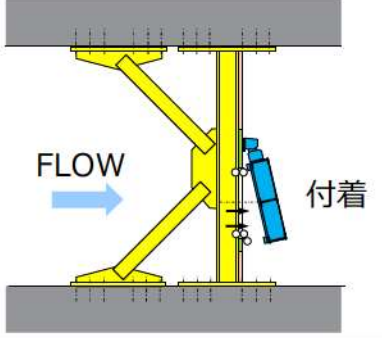
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

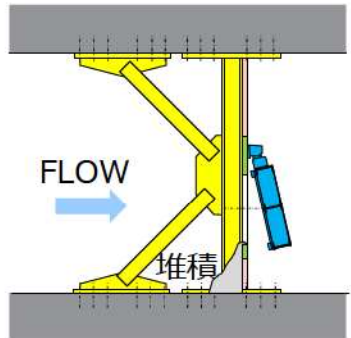
(3) 通常時における津波防護機能維持の確認方針について

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	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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みのため、砂礫や海生生物は極めて少ない。
開口部	<ul style="list-style-type: none"> ・貝が開口部内に付着し、開口部の海水が流れにくくなり、放水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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みのため、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。

<p>・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。</p> 	<p>・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。</p>	<p>・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。</p> <p>・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。</p>
--	--	--

逆流防止設備は、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、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
	1	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
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		<ul style="list-style-type: none"> ・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の冷却、発電機の冷却及び空調用冷凍機の冷却を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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到達、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、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。

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	<p>【対象設備】 逆流防止設備</p> <p>【整理結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・逆流防止設備は、津波が敷地へ到達，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。 	<p>【対象設備】 取放水路流路縮小工</p> <p>【整理結果】</p> <p>差異なし</p>	<p>【対象設備】 取水路防潮ゲート</p> <p>【整理結果】</p> <p>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。</p> <p>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，津波が敷地へ到達，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。</p>

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	<p>○設置変更許可申請（補正）の要否</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>○設置変更許可申請書への記載方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 設置変更許可申請書 本文 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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） <p>○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。</p>	<p>○設置変更許可申請（補正）の要否</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>○設置変更許可申請書への記載方針</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 設置変更許可申請書 本文 <ul style="list-style-type: none"> ・差異なし ➤ 設置変更許可申請書 添付書類八 <ul style="list-style-type: none"> ・差異あり（ただし、島根2号炉と差異なし） ・差異なし <p>○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</p>

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
<p>工事計画認可</p>	<p>○設計及び工事の計画の認可申請の要否</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>○設計及び工事の計画の認可申請書への記載方針</p> <p>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。</p> <p>○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</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p>○設計及び工事の計画の認可申請の要否</p> <ul style="list-style-type: none"> ・差異なし ・差異なし <p>○設計及び工事の計画の認可申請書への記載</p> <p>差異なし</p> <p>○津波防護施設として1号炉に悪影響を及ぼさない設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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）（4/4）

項目	泊3号炉	女川2号炉との差異
原子炉施設保安規定	<p>【原子炉施設保安規定上直接影響がある条文】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○第73条（ディーゼル発電機－モード1、2、3および4以外） <ul style="list-style-type: none"> ・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） <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>【原子炉施設保安規定上の影響】</p> 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。	<p>【原子炉施設保安規定上直接影響がある条文】</p> 差異なし
		<p>【原子炉施設保安規定上の影響】</p> 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到達、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とおり整理した。

表 1 逆流防止設備に係る各審査段階の説明

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	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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）	<ul style="list-style-type: none"> 逆流防止設備は開口部を設けるとともに、フラッグ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。 	<ul style="list-style-type: none">
通常時の1号及び2号炉の放水機能への影響	<ul style="list-style-type: none"> 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ご説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 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 (続き)

項目	3号炉設置変更許可	3号炉工事計画認可
<p>通常時の漂流物・浮遊砂の閉塞による放水機能への影響</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
<p>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</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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、逆流防止設備の閉塞作用に与える影響についてご説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 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、逆流防止設備の閉塞作用に与える影響がないことをご説明する。
<p>施設管理</p>	<ul style="list-style-type: none"> 保安規定に紐づく社内規定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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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定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。
<p>通常時に閉塞・閉固着した場合の異常の検知性について</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
<p>通常時に閉固着する可能性と異常の検知性について</p>	<ul style="list-style-type: none"> 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、定期的な作動検査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 (続き)

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	<ul style="list-style-type: none"> • 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)によるすり減り事象に対して、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。 	<ul style="list-style-type: none"> • 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。