

泊発電所3号炉

第4条 地震による損傷の防止 (地下水排水設備について)

令和5年2月14日
北海道電力株式会社

本日の説明概要	P.3
① 先行審査事例を踏まえた対応の基本方針	P.4
② 泊3号炉の地下水排水設備に期待する機能とその達成方針 (設備要件, 運用管理における配慮事項)	P.8
③ まとめ	P.22

前回審査会合（2022年6月23日 第1055回）におけるご説明内容

- ◆ 津波防護施設として**岩着構造の防潮堤**を泊発電所の敷地前面に新設することとしたため、従来の流動場が変化し、地下水位の上昇が想定される状況。
- ◆ **原子炉建屋等の主要建屋**においては、**地下水排水設備の機能に期待することで建屋基礎底面下に設計地下水位を設定する方針**をご説明した。

本日のご説明内容

- ◆ ①**先行審査事例（女川2号炉，島根2号炉）**を踏まえて、②**泊3号炉の地下水排水設備に期待する機能とその達成方針（設備要件，運用管理における配慮事項）**を整理し、設置許可基準規則第4条（第39条）にかかわる設計方針をご説明する。

設置（変更）許可段階	設計及び工事計画認可段階
<p>設計地下水位の設定方針</p> <p>前のご説明済</p> <ul style="list-style-type: none">・ 設計地下水位の設定方針<ul style="list-style-type: none">➢ 浸透流解析による暫定の予測解析結果を踏まえた各施設の設計地下水位の設定方針。➢ 設計地下水位の設定及び地下水排水設備のポンプ容量の設定のために必要な浸透流解析の解析モデル等の妥当性・保守性。	<p>設計地下水位の設定</p> <ul style="list-style-type: none">・ 左記方針を踏まえた浸透流解析の解析条件の詳細、予測解析結果（ポンプ容量設定のための解析も含む）・ 上記の予測解析結果を踏まえた各施設等の具体的な設計地下水位の設定
<p>地下水排水設備の信頼性向上の方針</p> <p>今のご説明</p> <ul style="list-style-type: none">・ 地下水排水設備に期待する機能とその達成方針<ul style="list-style-type: none">➢ 地下水排水設備の設計に係わる前提条件を整理したうえで、<u>設備に必要となる信頼性を分析。</u>	<p>地下水排水設備の設計</p> <ul style="list-style-type: none">・ 左記方針を踏まえた要求機能の確保に必要な具体的な設備対策や運用・ 地下水排水設備の<u>ポンプ容量</u>・ 各設備に対する耐震性等の確認結果

① 先行審査事例を踏まえた対応の基本方針

余 白

(1) 先行審査事例の確認

- 地下水の流れを遮断する防潮堤等を設置した女川2号炉及び島根2号炉を対象に、地下水位低下設備にかかわる審査実績を比較した結果、**女川2号炉では敷地広範囲の施設等に生じる液状化影響を確実に排除する設計方針とするため、静的設備である揚水井戸を含む全ての構成要素を多重化する等、設備に安全重要度クラス1相当の要求を適用している。**
- これに対し、**島根2号炉では主要建屋に作用する揚圧力影響の排除を期待する設計方針として、揚水井戸は多重化せずに、その他の構成要素に対し耐震化及び多重化等の対策を施している。**

表1 先行審査事例の比較結果 (添付3-1表 先行炉との比較より抜粋)

比較項目	女川原子力発電所2号炉	島根原子力発電所2号炉
地下水位低下設備のイメージ図 (信頼性向上対策後)		
地下水位低下設備の機能に期待して耐震評価を行う施設	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 建物・構築物 (原子炉建屋, 制御建屋, 3号炉海水熱交換器建屋, 排気筒) □ 液状化影響を受ける「敷地広範囲」のアクセスルート, 屋外重要土木構築物等 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 建物, 構築物 (原子炉建物, タービン建物, 廃棄物処理建物, 制御室建物, 排気筒)
地下水位低下設備に排除/低減を期待する地下水位の影響	「◇」と「□の一部」に生じる揚圧力影響及び液状化影響	「◎」に生じる揚圧力影響
地下水位低下設備の機能に期待する期間	原子力発電所の供用期間の全ての状態	原子力発電所の供用期間の全ての状態
安全重要度	- (設計基準対象施設)	- (設計基準対象施設)
設計上の要求	・Ss機能維持 ・揚水井戸を含む多重化, 外部事象への配慮, 非常用電源確保等 (クラス1相当で設計)	・Ss機能維持 ・揚水井戸を除く多重化, 外部事象への配慮, 非常用電源確保等
保守管理性	新設揚水井戸の集水管は直管のみで構成されており, 設備構成部位の全てが保守管理性に優れる	新設揚水井戸の集水管は直管のみで構成されており, 設備構成部位の全てが保守管理性に優れる
機能喪失時に建屋の設計条件を逸脱するまでの時間	約24時間	24時間以上

※ 先行炉である女川, 島根の情報にかかわる記載内容については, 公開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

(2) 先行審査事例を踏まえた対応の基本方針

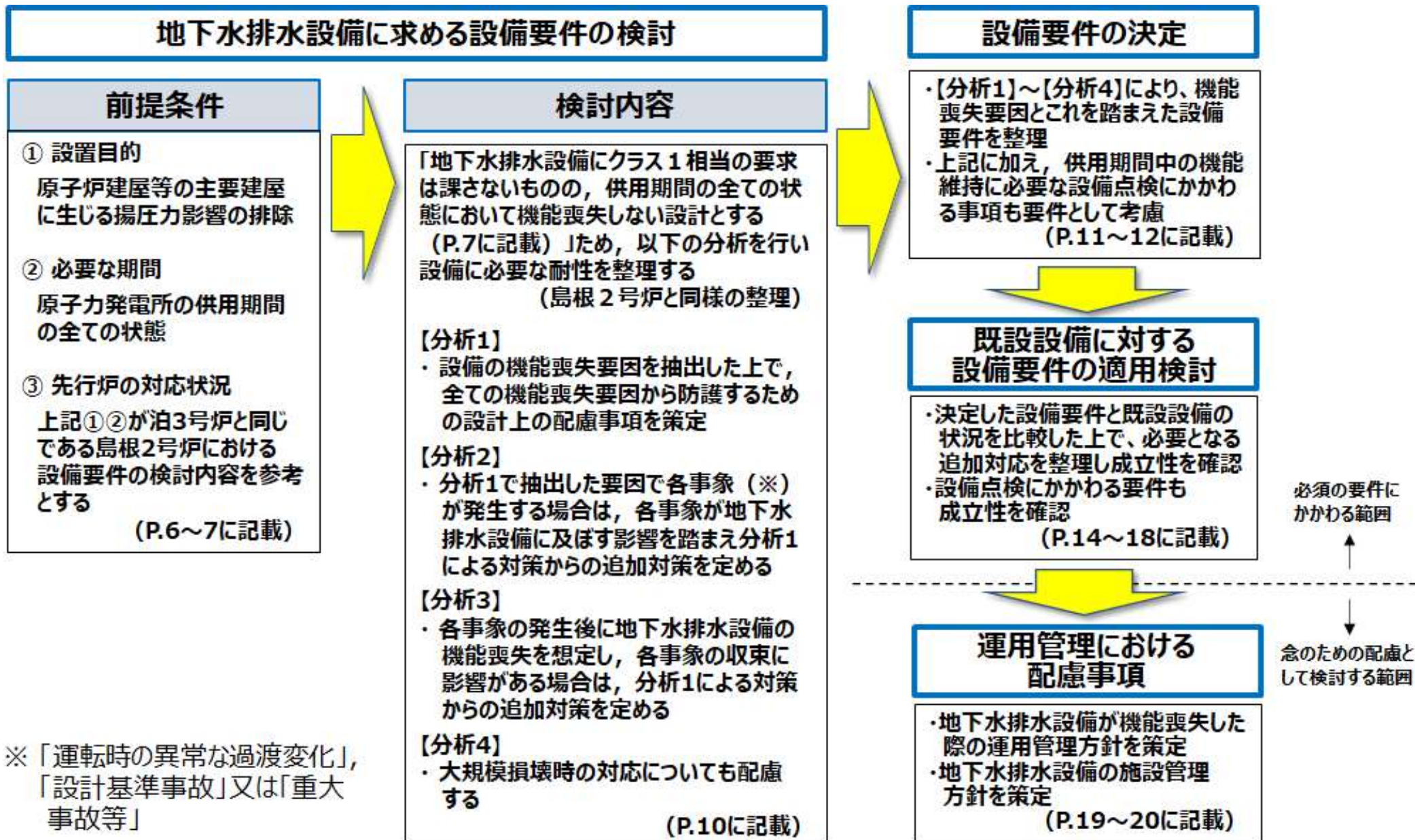
- 先行審査事例**では地下水位低下設備に対して、基準適合性の観点から事業者が達成すべき性能について、**表2で比較項目として示した事項を考慮し、地下水位低下設備にどの程度の信頼性が必要なのかを分析して設備要件（設備仕様）を定めている。**
- そのため、泊3号炉でも地下水排水設備にどの程度の信頼性が必要であるか分析を行って設備要件を定めることとし、その際、**泊3号炉の地下水排水設備には島根2号炉と同様に主要建屋に生じる揚圧力影響の排除のみを期待している（表2参照）**ことを踏まえ、「**地下水排水設備に安全重要度クラス1相当の要求は課さないものの、供用期間の全ての状態において機能喪失しない設計とする**」ことを、地下水位上昇への対応の基本方針とした。
- 基本方針を踏まえた具体的な設備要件の検討内容について、「② 泊3号炉の地下水排水設備に期待する機能とその達成方針（設備要件、運用管理における配慮事項）」に示す。

表2 島根2号炉と泊3号炉の比較（添付3-1表 先行炉との比較より抜粋）

比較項目	島根原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉
地下水排水設備／地下水位低下設備の機能に期待して耐震評価を行う施設	◎ 建物，構築物 （原子炉建物，タービン建物， 廃棄物処理建物，制御室建物，排気筒）	☆ 原子炉建屋等の主要建屋 （原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋 及びA1，A2－燃料油貯油槽タンク室）
地下水排水設備／地下水位低下設備に排除／低減を期待する地下水位の影響	「◎」に生じる揚圧力影響	「☆」に生じる揚圧力影響
地下水排水設備／地下水位低下設備の機能に期待する期間	原子力発電所の供用期間の全ての状態	原子力発電所の供用期間の全ての状態

**② 泊3号炉の地下水排水設備に期待する
機能とその達成方針
(設備要件, 運用管理における配慮事項)**

余 白



※「運転時の異常な過渡変化」,
「設計基準事故」又は「重大事故等」

《設備要件の検討内容》

標準的な地下水排水設備の構成要素を設定 (表3参照) した上で、下記の分析1~4^{※1}を行った結果から各構成要素に適用が必要な設備要件を定める。

- 地下水排水設備の機能喪失要因を抽出した上で、全ての機能喪失要因から防護するために必要な設計上の配慮事項を確認
(分析1)
- 分析1で抽出した要因で各事象^{※2}が発生する場合は、各事象が地下水排水設備に及ぼす影響を踏まえ分析1による対策からの追加対策を定める
(分析2)
- 各事象の発生後に地下水排水設備の機能喪失を想定し、事象収束に影響がある場合は分析1による対策からの追加対策を定める
(分析3)
- 大規模損壊時の対応についても配慮する
(分析4)

表3 地下水排水設備の構成部位 (別紙11-3表より抜粋)

機能	地下水排水設備の構成部位	参考：地下水排水設備 (既設)
集水機能	集水管類	
支持機能	ピット ピットエリア	
排水機能	排水配管	
	排水ポンプ	
監視・制御機能	動力盤 制御盤	
	水位計	
電源機能	電源	

※1 分析項目及び分析内容は島根2号炉と同じ

※2 「運転時の異常な過渡変化」、「設計基準事故」又は「重大事故等」

《設備要件の整理結果 (1/2)》

- 分析 1 から分析 3 の結果より、地下水排水設備の設計にかかわる信頼性向上のため、表 4 のとおり設計上の配慮事項を定め設備要件とした。

表 4 設備要件の検討を目的に行った分析の結果

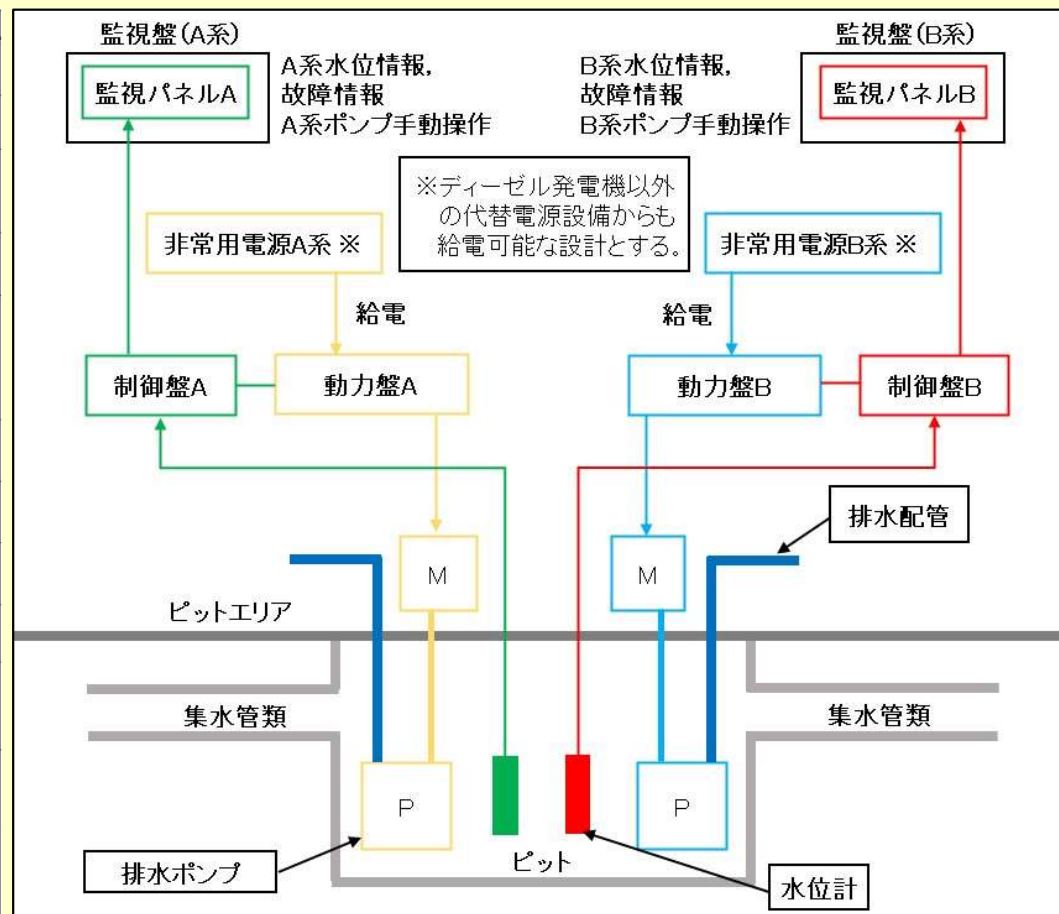
項目	内容	結果
分析 1	地下水排水設備の機能喪失要因を抽出した上で、全ての機能喪失要因から防護するために必要な設計上の配慮事項を確認	Ss機能維持，多重化，内部火災・内部溢水の影響に配慮した設計が必要 という結果を得た。 (P.12の別紙11-7表，別紙11-4図参照)
分析 2	分析1で抽出した要因で各事象が発生する場合は、各事象が地下水排水設備に及ぼす影響を踏まえ分析 1 による対策からの追加対策を定める	分析 1 と同様の対策が必要という結果に加えて、プラント停止時における 全交流動力電源喪失への配慮として、代替電源設備からの電源供給が可能な設計 とする。 (別紙11-4図参照)
分析 3	各事象の発生後に地下水排水設備の機能喪失を想定し、事象収束に影響がある場合は分析 1 による対策からの追加対策を定める	分析 1 と同様の対策が必要という結果を得た。

- 分析 4 における具体的なプラント損壊状態と設計上の配慮事項については、「技術的能力2.1まとめ資料 別冊 I . 具体的対応の共通事項」にて、大規模損壊に対する対応として別途説明する。

《設備要件の整理結果 (2/2)》

別紙11-7表 地下水排水設備の機能喪失要因とこれを踏まえた設計上の配慮事項

機能	構成部位	機能喪失要因	配慮事項
集水機能	集水管類	地震	• Ss 機能維持することにより集水機能を確保
支持機能	ピット・ピットエリア	地震	• Ss 機能維持することにより支持機能を確保
排水機能	排水配管	機器故障 (リーク・閉塞)	• 配管の多重化による機能維持
		地震	• Ss 機能維持することにより排水機能を確保
	排水ポンプ	機器故障 (継続運転失敗・起動失敗)	• 機器類の多重化による機能維持
		地震	• Ss 機能維持することにより機器類の機能を確保
		内部火災	• 内部火災影響を考慮した設計による機能維持
	内部溢水	• 内部溢水影響を考慮した設計による機能維持	
監視・制御機能	制御盤 動力盤	(機能喪失要因と対策は、上述の排水ポンプと同じ)	
	水位計	機器故障 (不動作・誤操作)	• 多重化による機能維持
		地震	• Ss 機能維持することにより監視・制御機能を確保
電源機能	電源 (ディーゼル発電機)	機器故障 (起動失敗)	• 多重化による機能維持



別紙11-4図 設計上の配慮事項を反映した電源系、監視・制御系の系統構成概要

- 上記の設備要件に加えて、供用期間の全ての状態において地下水排水設備が機能喪失しない設計とするために、**排水機能を維持したまま設備点検が実施できること及び地下水排水設備の全範囲を点検できることも要件として考慮する。**

(2) 既設の地下水排水設備に対する要件の適用検討 (1/5)

- 泊3号炉では防潮堤の設置後も既設の地下水排水設備を用いることを基本とし、求められる設備要件に対して既設設備では対応できない事項に対して、追加対策とその成立性を確認する。
- 既設の地下水排水設備の配置を図1に、集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベルを添付1-4(1)図に示す。

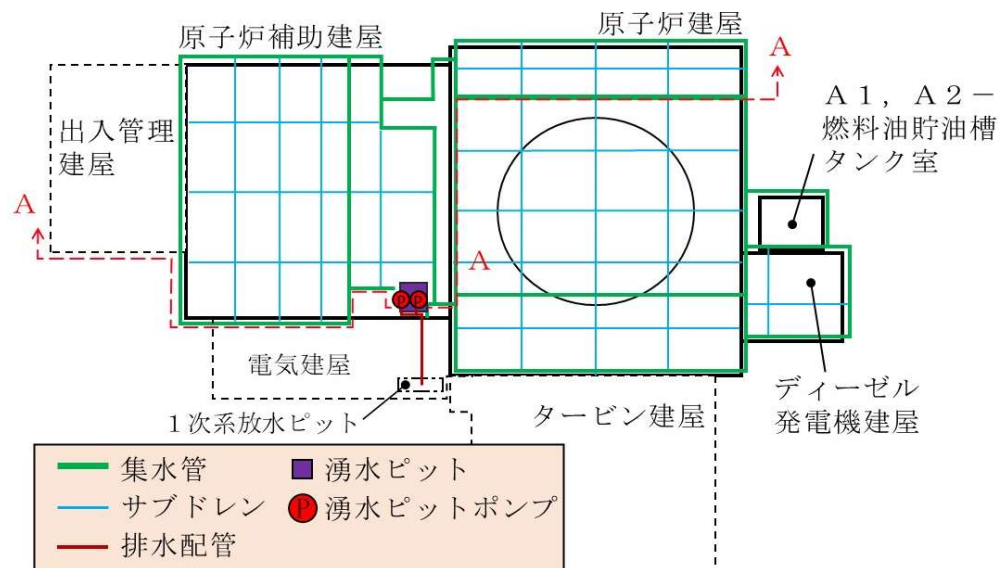
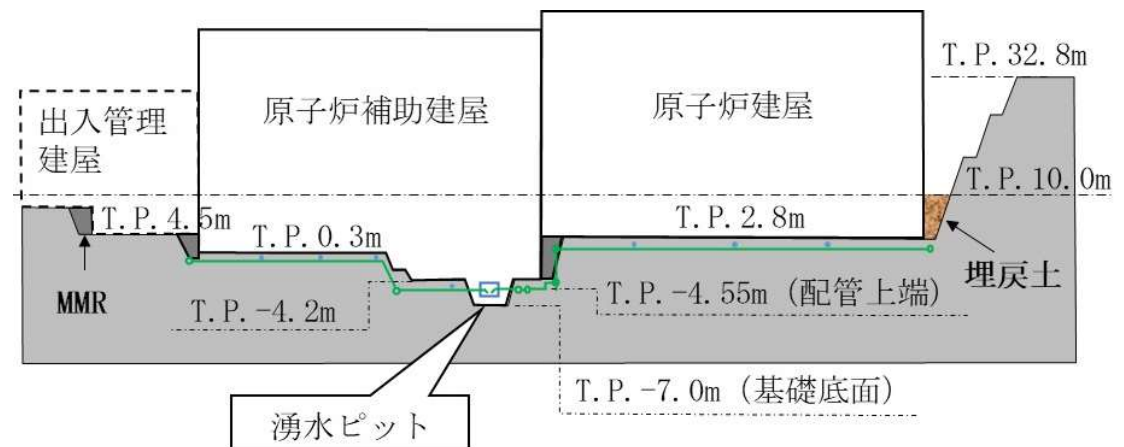


図1 地下水排水設備（既設）の配置
（添付1-3(1)図より抜粋）



添付1-4(1)図 集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベル
（図1のA-A）

(2) 既設の地下水排水設備に対する要件の適用検討 (2/5)

- 別紙11-7表 (P.12) で整理した地下水排水設備の設備要件を、既設の地下水排水設備に適用する場合に必要な信頼性向上対策を整理した。
- 表5では、別紙11-7表で設備要件として抽出した設計上の配慮事項から、既設の地下水排水設備で基準適合性を確保するために必要な対策を抽出し、それら対策の成立性を確認している。
- その結果、**既設の地下水排水設備に対して、全ての設備要件の適用が可能であることを確認**できた。

表5 地下水排水設備 (既設) に適用が必要となる設計上の配慮事項と追加対策の要否 (別紙11-8表より抜粋)

機能	構成部位	今後適用する設計上の配慮事項 (別紙11-7表より転記)	対策要否 (○:実施, ×:不要)	対策の成立性 (○:有, ×:無)	(対策後の設備概要図)
集水機能	集水管 サブドレン	Ss機能維持*1することにより集水機能を確保	○*2	○*2	<p>(中央制御室)</p> <p>監視盤(A系) A系水位情報, 故障情報, 監視パネルA 監視盤(B系) B系水位情報, 故障情報, 監視パネルB</p> <p>非常用電源A系 給電 代替非常用発電機*7 非常用電源B系 給電</p> <p>制御盤A 動力盤A 動力盤B 制御盤B</p> <p>湧水ピットエリア 湧水ピット 排水配管</p> <p>集水管 集水管</p> <p>湧水ピットポンプ 湧水ピット 水位計</p> <p>(原子炉補助建屋)</p>
支持機能	湧水ピット ピットエリア	Ss機能維持することにより支持機能を確保	×	-	
排水機能	排水配管	Ss機能維持*1することにより排水機能を確保/配管の多重化による機能維持	○*3	○*3	
排水機能	湧水ピット ポンプ	Ss機能維持*1することにより機器類の機能を確保/機器類の多重化による機能維持/内部火災・溢水影響を考慮した設計による機能維持	○*4	○*4	
監視・ 制御機能	動力盤 制御盤	Ss機能維持*1することにより機器類の機能を確保/機器類の多重化による機能維持/内部火災・溢水影響を考慮した設計による機能維持	○*5	○*5	
	水位計	Ss機能維持*1することにより監視・制御機能を確保/多重化による機能維持	○*6	○*6	
電源機能	ディーゼル発電機	多重化による機能維持	×	-	
	代替電源設備	代替非常用発電機からも給電可能な設計	○*7	○*7	

*1 耐震重要度は耐震Cクラス

*2 地震時に埋戻土による荷重が集水管に作用しない構造への改造又は埋戻土による荷重が集水管に作用した場合でも十分な強度を確保できる仕様へ変更。

*3 現状はポンプ出口で合流している排水配管を分離して多重化。

*4 地下水排水設備は内部溢水や内部火災の防護対象設備に該当しないが、ポンプ電動機2台が内部火災・溢水で同時に機能喪失しないよう「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」や「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」等で示される要求事項も考慮の上、必要な対策を施す。

*5 制御盤(監視パネル)を多重化。地下水排水設備は内部溢水や内部火災の防護対象設備に該当しないが、盤類が内部火災・溢水で同時に機能喪失しないよう「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」や「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」等で示される要求事項も考慮の上、必要な対策を施す。

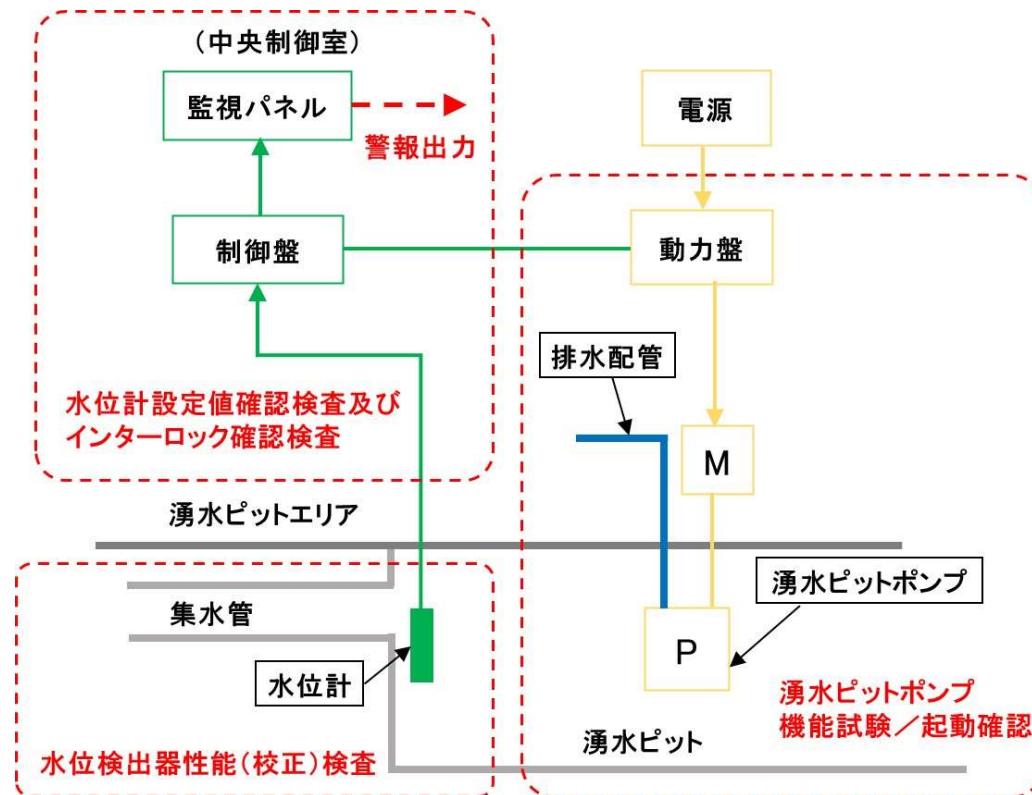
*6 多重化する制御盤の各々に水位計1台を接続する。

*7 電源機能としては代替非常用発電機にも接続する。

(2) 既設の地下水排水設備に対する要件の適用検討 (3/5)

《設備点検中の排水機能維持》

- 設備要件を適用した地下水排水設備について、供用期間の全ての状態において地下水排水設備が機能喪失しない設計とするために、**排水機能を維持したまま設備点検が実施できる**ことが求められる。
- また、**設備点検後やプラント運転中に行う試験又は検査についても、排水機能を維持したまま独立して実施**できる必要がある。
- これらの要求に対し、既設の地下水排水設備に対して設備要件を適用した結果、設備の多重化によって**1系列で排水機能を維持したまま、もう1系列の設備点検が可能**であり、**試験又は検査についても別紙11-5図**に示すとおり**1系列のみで実施可能な設備構成**となっていることを確認した。

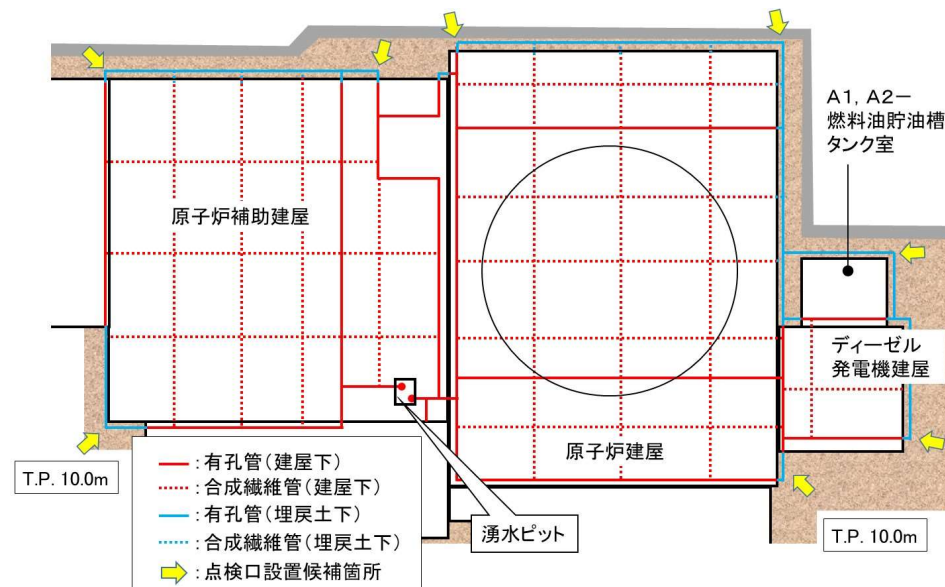


別紙11-5図 地下水排水設備の試験又は検査項目と範囲

(2) 既設の地下水排水設備に対する要件の適用検討 (4/5)

《地下水排水設備の全範囲を点検するための措置》

- 設備要件を適用した地下水排水設備について、供用期間の全ての状態において地下水排水設備が機能喪失しない設計とするために、**全ての構成部位を「予防保全」の対象と位置付け管理**する必要がある。
- そのため、**QMS（品質管理システム）2次文書に地下水排水設備を予防保全の対象と定め、定期事業者検査時に適切な保全を行う。**
- ここで、既設の地下水排水設備では、湧水ピットと集水管の接続箇所だけが集水管内部にアクセス可能な開口であり、湧水ピットから離れた集水管には点検装置の挿入が困難であるため、**集水管に直接アクセス可能な点検口を複数箇所設ける（添付5-2図）**ことで、**全ての集水管を定期的に内部点検可能**とし、必要に応じて水流や吸引等による管内清掃を行う。
- なお、合成繊維管の内部には点検装置が挿入できないが、岩盤からサブドレンに流入する湧水は清浄であり、集水管に比べて設置レベルが高く埋戻土由来の土砂類の持ち込みが発生し難い構造であるため、集水管との接続部にある合成繊維管を目視点検することで、集水機能が維持されていることを定期的に確認できる。
- 以上より、地下水排水設備の**全ての構成部位を「予防保全」の対象と位置付け管理することが可能**となる。

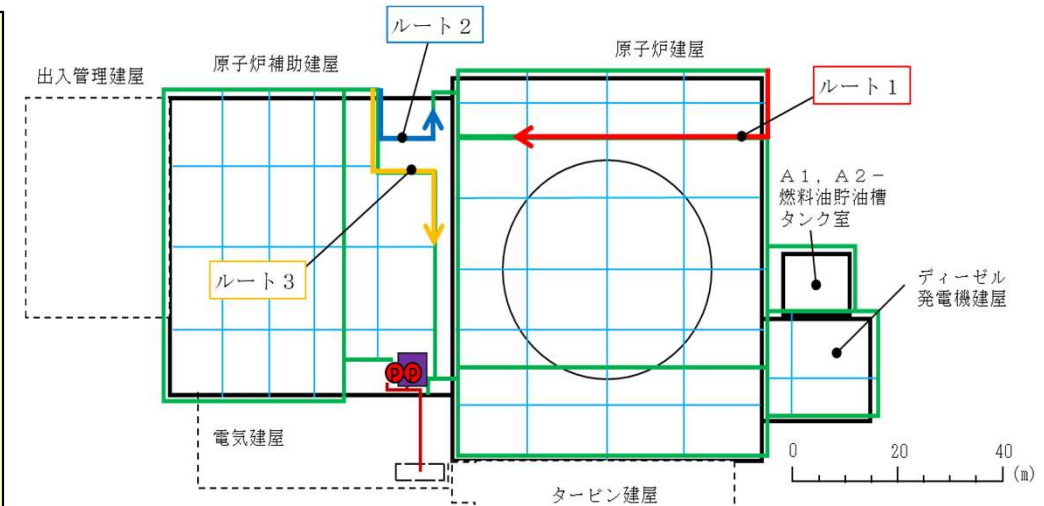


添付5-2図 点検口の設置候補箇所

(2) 既設の地下水排水設備に対する要件の適用検討 (5/5)

《モックアップ試験条項》

- 点検口の設置により集水管の全域を内部点検及び管内清掃が可能かを確認するため、集水管敷設ルートを選択した。選択した集水管内ルートを添付5-3図に示す。
- 集水管の曲がり部や管路の長さは管内清掃装置を挿入する際の抵抗となることから、計画するアクセス開口の位置や集水管の高低差も考慮し、管路の抵抗が大きくなると考えられる集水管ルートを選定した。選定した集水管内ルートを添付5-3図に示す。
- ルート1は曲がり数が多く管路の総延長が最大となるルート、ルート2及びルート3はコの字形状とクランク形状であり曲がりのパターンが異なるルートとして選定した。添付5-4図の試験装置を用いて管内清掃装置の実機適用性を確認した結果、モックアップ検証で設定した全てのルートで模擬集水管の全範囲に亘る内部確認及び清掃、管内清掃装置の回収が可能であることを確認できたため、実機に適用した場合においても管内清掃装置による点検及び清掃が確実に実施できる見込みを得た。



添付5-3図 モックアップ試験装置の集水管想定範囲



添付5-4(1)図 モックアップ試験装置の全景（ルート1）



添付5-4(4)図 管内清掃装置進行時の様子

余 白

(3) 運用管理における配慮事項 (1/2)

《島根2号炉の地下水位低下設備との比較》

- 泊3号炉の地下水排水設備に対しては、島根2号炉と同様に「**地下水排水設備に安全重要度クラス1相当の要求は課さないものの、供用期間の全ての状態において機能喪失しない設計とする**」ことを基本方針とし、設備に課すべき設備要件を検討した。
- 検討結果として整理した設備要件を既設の地下水排水設備に適用すると共に、集水管へのアクセス開口の設置等の保守管理上の配慮も行うことで、**供用期間の全ての状態において地下水排水設備が機能喪失しない設計が可能であることを確認した。**
- 一方、表6に示す泊3号炉と島根2号炉の比較結果では、地下水排水設備の機能喪失時に建屋の設計条件を逸脱するまでの時間について、建屋基礎底面の直下の集水管で地下水を集水する泊3号炉と、敷地深部に新規に敷設される集水管で地下水を集水する島根2号炉を比べると、**泊3号炉で建屋の設計条件を逸脱するまでの時間が約3時間と短いことが確認された。**
- 前述のとおり、泊3号炉では供用期間の全ての状態において地下水排水設備が機能喪失しない設計が可能であるものの、**万が一、地下水排水設備の機能が喪失した際、その機能の復旧作業に費やすことができる時間が短いことを踏まえ、運用の追加によって更なる信頼性向上を図ることとした。**

表6 泊3号炉と島根2号炉の比較 (添付6-1表 先行炉との比較より抜粋)

比較項目	島根原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉
設計上の要求	<ul style="list-style-type: none"> ・Ss機能維持 ・揚水井戸を除く多重化、外部事象への配慮、非常用電源確保等 	<ul style="list-style-type: none"> ・Ss機能維持 ・湧水ビットを除く多重化、外部事象への配慮、非常用電源確保等
保守管理性	<p>新設揚水井戸の集水管は直管のみで構成されており、設備構成部位の全てが保守管理性に優れる</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・点検用アクセス開口の設置により原子炉建屋等の主要建屋基礎下の集水管全てを点検可能とする ・サブドレンは合成繊維管であり直接的な目視点検は集水管との接続部に限られるが、岩盤からサブドレンに流入する湧水は清浄であり、埋戻土由来の土砂類の持ち込みが否定できない集水管に比べて設置レベルが高いことを踏まえると、流路を全閉塞するような堆積物が生じることが考え難い ・以上より、地下水排水設備の全ての構成部位が保守管理性を満足している
機能喪失時に建屋の設計条件を逸脱するまでの時間	24時間以上	約3時間

島根2号炉と同等の信頼性を確保できている項目

運用の追加によって、島根2号炉と同等の信頼性を確保する項目

(3) 運用管理における配慮事項 (2/2)

- 泊3号炉では、供用期間の全ての状態において地下水排水設備が機能喪失しない設計とするものの、**万が一、地下水排水設備の機能が喪失した際、その機能の復旧作業に費やすことができる時間が約3時間と短いため**、運用の追加によって更なる信頼性向上を図ることとした。
- 具体的には、地下水排水設備の運用管理にかかわる事項として、期待する地下水の排水機能が維持されていないと判断した際には可搬型水中ポンプ（別紙11-12表）による機能復旧の体制等を整備し、機能回復が出来ない場合にはプラントの運転を停止することについて保安規定の添付及びQMS 2次文書に定める。

別紙11-12表 可搬型水中ポンプの配備数

項目		配備数
可搬型水中ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ・揚水ポンプ ・発電機等 	一式

③ まとめ

- 泊3号炉では、先行審査事例を確認の上、地下水排水設備に対してどの程度の信頼性が必要であるか分析を行って設備要件を定めることとし、「地下水排水設備に安全重要度クラス1相当の要求は課さないものの、供用期間の全ての状態において機能喪失しない設計とする」ことを、地下水位上昇への対応の基本方針とした。（島根2号炉の審査実績を参考とした）
- 基本方針に従い必要な設備要件を整理するため、標準的な地下水排水設備の構成要素を設定した上で、各構成要素に適用が必要な設備要件を定めた。
- 設備要件として抽出した全ての設計上の配慮事項について、既設の地下水排水設備に適用が可能であることを確認した。
- 以上により、供用期間の全ての状態において地下水排水設備が機能喪失しない設計を満足するものの、万が一、地下水排水設備の機能が喪失した際には、可搬型水中ポンプを用いた運用の追加によって更なる信頼性向上を図ることとした。
- 詳細設計段階では、必要な排水能力を確認した上でポンプ容量を設定する等、地下水排水設備の具体的な仕様をお示した上で、設備の基準適合性について説明する。