

資料 1 - 2

泊発電所 3 号炉審査資料	
資料番号	DB04 r. 3. 10
提出年月日	令和5年2月14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4条 地震による損傷の防止

令和 5 年 2 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

地下水排水設備について

目 次

1. はじめに	1
2. 施設等の設計地下水位の設定方針について	3
3. 地下水排水設備と設置許可基準規則の関連性	4
4. 地下水排水設備の設備要件	5
4.1 供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析	5
4.2 排水能力	19
4.3 試験又は検査	20
4.4 施設区分	20
5. 地下水排水設備（既設）に対する設備要件の適用検討	21
5.1 設計上の配慮事項の適用	21
5.2 湧水ピットポンプの排水能力	24
5.3 試験又は検査の実施例	24
5.4 施設区分で定まる要求事項の適用	25
6. 運用管理・保守管理上の方針	26
6.1 運用管理の方針	26
6.2 保守管理の方針	27
7. まとめ	28
添付資料 1 既設の地下水排水設備の概要	
添付資料 2 原子炉建屋等の主要建屋の設置断面図	
添付資料 3 防潮堤を設置した先行炉との比較	
添付資料 4 重要度分類上の位置付けの整理	
添付資料 5 集水管及びサブドレンの信頼性確保にかかわる検討	
添付資料 6 地下水排水機能喪失後の猶予時間について	

1. はじめに

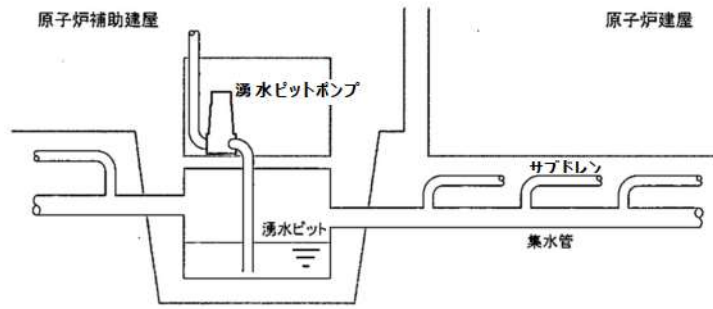
泊発電所3号炉では発電所建設時、敷地の岩盤状況等を踏まえ、旧汀線より海側においては朔望平均満潮位 H. W. L. (既工認時 T. P. 0. 26m) に設計地下水位を設定し、耐震設計の条件とした。旧汀線より山側においては、土地造成前の地下水位観測記録 (1998年1月～1999年12月) の最大値 (T. P. 2. 82m) を基に、建屋基礎掘削による地下水位の低下を考慮し、屋外重要土木構造物は T. P. 2. 8m に設計地下水位を設定し、原子炉建屋等は地下水位を考慮しないことを、耐震設計の条件とした。

原子炉建屋等の建屋基礎直下及びその周囲には、地下水排水設備 (別紙 11-1 図) を設置していた (添付資料 1)。

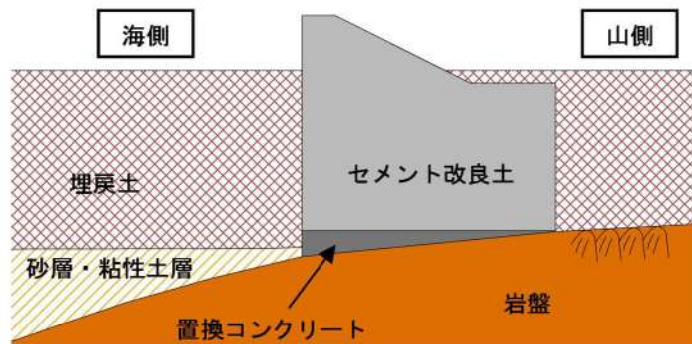
今後、岩着構造の防潮堤設置 (別紙 11-2 図) に伴い、地下水の流れが遮断されるため、地下水が山から海へ向かう従来の流動場が変化する可能性がある。したがって、泊発電所3号炉における施設等 (別紙 11-1 表) の耐震設計においては、地下水の流動場の変化を確認した上で、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」 (以下「設置許可基準規則」という。) に対する基準適合性を確認する必要がある。その際、敷地に滞水する地下水の排水機能が、防潮堤の設置が考慮されていない建設時と比べて重要になるものの、地下水の排水機能に対しては規則や指針、規格基準類において、具体的な信頼性確保の考え方が定められていない。そのため、泊発電所3号炉と同様に津波防護施設として岩着構造の防潮堤等を設置した先行他社では、地下水の排水機能を担う地下水位低下設備の設置目的として、「地下水位低下設備に期待して耐震評価を行う施設」、「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」及び「地下水位低下設備の機能に期待する期間」を特定した上で、地下水位低下設備にどの程度の信頼性が必要であるか、基準適合性の観点から事業者が達成すべき性能を分析して各社ごとに設備仕様を定めており、泊発電所3号炉においても地下水の排水機能を担う設備に対して同様の検討を行うこととする。

次項以降では、泊発電所3号炉の施設等の耐震設計で用いる設計地下水位の設定方針 (別紙-10「設計地下水位の設定方針について」に詳述) において、原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋及び A 1, A 2 - 燃料油貯油槽タンク室 (以下「原子炉建屋等の主要建屋」という。) における設計地下水位を建屋基礎底面下に設定することを踏まえ、防潮堤の設置以降に地下水位を建屋基礎底面下に保持するために地下水の集水及び排水機能を担う設備 (以下「地下水排水設備」という。) に課すべき設備要件を検討した結果を取り纏めた。また、既存の地下水排水設備 (以下「地下水排水設備 (既設)」 という。) の設備仕様と、新たに定めた地下水排水設備の設備要件を比較し、基準適合性を確保するために必要な対策を抽出した結果、それらの対策には成立性があり地下水排水設備 (既設) によって基準適合性を確保できる見通しを得た。

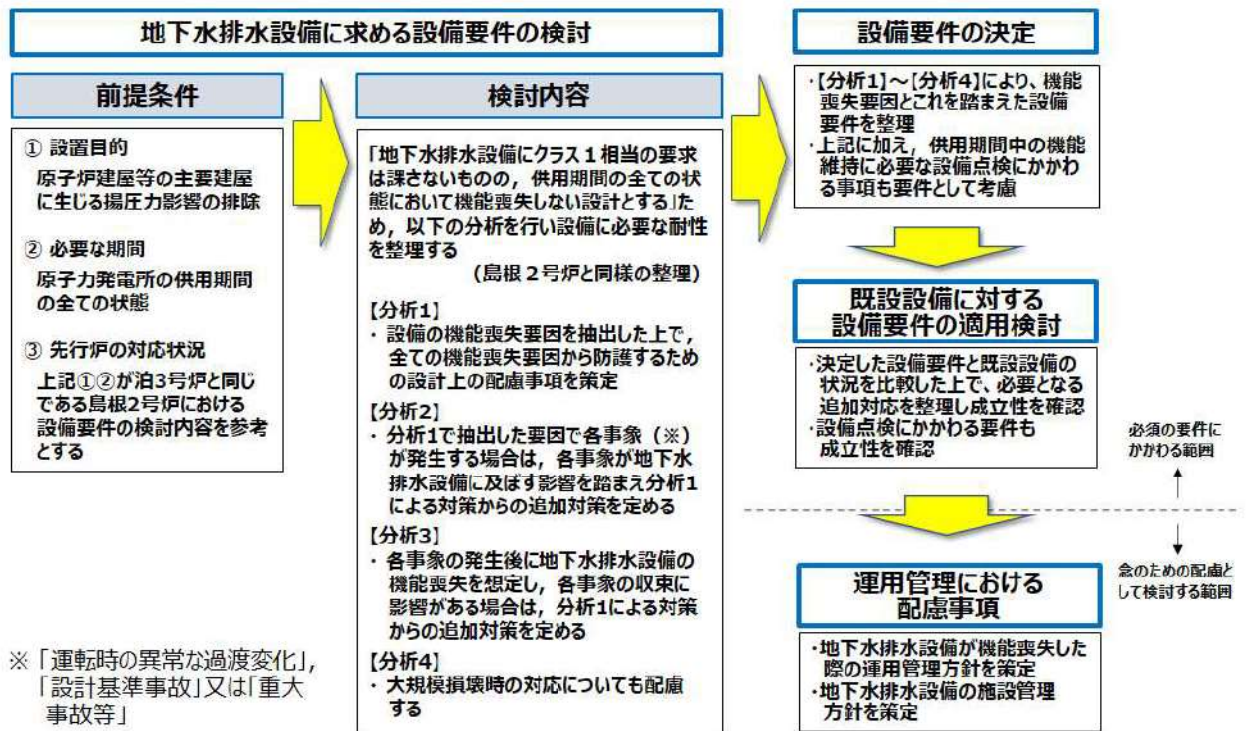
別紙 11-3 図には、4 項で地下水排水設備の設備要件を検討し、5 項で既設設備への適用を確認した結果を踏まえ、6 項で運用管理における配慮事項を策定するまでの論旨展開を示す。



別紙 11-1 図 地下水排水設備（既設）の概念図



別紙 11-2 図 岩着構造の防潮堤概要図



別紙 11-3 図 設備要件の検討から運用管理における配慮事項に至る論旨展開

2. 施設等の設計地下水位の設定方針について

別紙-10「設計地下水位の設定方針について」では、施設等の設計地下水位の設定方針を別紙 11-1 表のとおりとしている。

別紙 11-1 表 施設等の設計地下水位の設定方針

設備分類	設備名称	設計地下水位の設定方針
基礎地盤・周辺斜面 (安定性評価)	基礎地盤	地表面に設定
	周辺斜面 (保管場所・アクセスルートにおいて安定性評価を実施する斜面も含む)	
建物・構築物	原子炉建屋	地下水排水設備の機能に期待して、設計地下水位を設定 (建屋基礎底面下に設計地下水位を設定)
	原子炉補助建屋	
	ディーゼル発電機建屋	
	A 1, A 2 - 燃料油貯油槽タンク室	
	B 1, B 2 - 燃料油貯油槽タンク室	
屋外重要 土木構造物	取水路	地表面に設定
	取水ピットスクリーン室	
	取水ピットポンプ室	
	原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ室	
	原子炉補機冷却海水管ダクト	
	B 1, B 2 - ディーゼル発電機燃料油貯油槽 トレンチ	
	防波堤	
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		
1, 2号炉取水ピットスクリーン室防水壁		
重大事故等 対処施設	緊急時対策所 (指揮所, 待機所)	自然水位※2に基づき設定
	代替非常用発電機	
保管場所・ アクセスルート (段差評価等が対象で あり周辺斜面は除く)	保管場所 (T.P.10.0m盤より高標高)	地表面に設定
	アクセスルート (T.P.10.0m盤より高標高)	
	保管場所 (T.P.10.0m盤)	
	アクセスルート (T.P.10.0m盤)	

※1 津波防護施設は今後、変更となる可能性がある。

※2 解析条件を保守的に設定した三次元浸透流解析の予測解析水位

別紙 11-1 表では原子炉建屋等の主要建屋における設計地下水位の設定方針を「地下水排水設備の機能に期待して、設計地下水位を設定」としている。1項で述べたように、原子炉建屋等の主要建屋基礎下には建設時から地下水排水設備 (既設) が設置されているものの、これまでは地下水排水設備 (既設) の機能に期待せずとも、敷地の地下水は地下部で外海に流れ込む前提としており、原子炉建屋等の主要建屋の施設設計では地下水位を考慮していなかった。しかし、防潮堤の設置後には、外海への地下水の流れが遮断されることを考慮し、建屋基礎底面下の地下水を排水する機能に期待して設計地下水位の設定が必要となるため、4項において地下水排水設備に課すべき設備要件を明らかにする。

3. 地下水排水設備と設置許可基準規則の関連性

別紙-10「設計地下水位の設定方針について」では原子炉建屋等の主要建屋の設計の基本方針を「地下水排水設備の機能に期待し、建屋基礎底面下に地下水位を保持することで、揚圧力を考慮せず設計する方針とする。」としている。

ここで、泊発電所3号炉の原子炉建屋等の主要建屋は、主に岩盤や他構造物に囲まれており液状化影響は生じないことから、上記の基本方針は地下水排水設備に期待する機能として、「揚圧力影響の排除」に限定した記載としている（添付資料2）。

揚圧力影響は建屋の耐震評価で考慮すべき評価条件であるため、泊発電所3号炉では揚圧力影響の排除に期待する目的で設置される地下水排水設備を、設置許可基準規則第4条への適合のために必要な設備と位置付ける。また、設置許可基準規則第39条は第4条と同様の要求であり、第4条への適合をもって第39条への適合性を確認する。

さらに、1項で述べたように、泊発電所3号炉では防潮堤設置後の基準適合性を確保するため、地下水排水設備（既設）に信頼性向上対策を施す計画としており、この場合には第9条（溢水）においても、新たに追加された地下水排水設備の機能を踏まえた基準適合性の確認が必要となる。具体的な地下水排水設備と第9条の関連性としては、既存の湧水ピットが多数の溢水防護対象設備を内包する原子炉補助建屋の最下部に設置されていることから、湧水ピットの水位が上昇し湧水ピット天板に設置された湧水ピットポンプグラウンドの摺動部等を介して原子炉補助建屋内へ地下水が流入しないよう、地下水排水設備によって湧水ピット水位を一定の範囲に保持する機能に期待している。なお、原子炉建屋等の主要建屋側面についても、地下水排水設備によって建屋周囲の地下水位の上昇が抑制され、建屋内への地下水の流入は生じないと考えられるが、建屋側面には壁、扉、堰等による止水対策を施しており、地下水排水設備の機能に期待しない場合においても、建屋側面から地下水が建屋内へ流入することはない設計としている。

以上より、泊発電所3号炉では基準適合のために地下水排水設備の機能が必要となる条項として、第4条（第39条）、第9条が該当する結果となった。

次項以降では、第4条（第39条）への基準適合の観点で地下水排水設備に課すべき設備要件を定めることとする。また、当該設備要件を地下水排水設備（既設）に反映する場合の第9条への基準適合性については、設置許可基準規則第9条「溢水による損傷の防止等」に関する適合状況説明資料で別途説明する。

4. 地下水排水設備の設備要件

4.1 供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析

本項では、地下水排水設備の供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析を行う。まず、分析項目を決めるために必要な前提条件を整理した上で、整理結果を踏まえた分析を実施する。さらに、分析結果から地下水排水設備に課すべき設備要件を定める。

(1) 前提条件

a. 地下水排水設備の目的及び機能

- 地下水排水設備の機能は、原子炉建屋等の主要建屋に適用する設計の前提が確保されるよう、「地下水位を建屋基礎底面下に保持する」ことである。
- 地下水排水設備が機能することにより、原子炉建屋等の主要建屋の基礎底面下に地下水位が保持され、建屋に生じる揚圧力影響が排除される。この地下水排水設備の機能を考慮した設計地下水位を設定し、原子炉建屋等の主要建屋の耐震性が損なわれないよう設計する。

b. 機能維持を要求する期間

原子炉建屋等の主要建屋には、多数の重要安全施設や重大事故等対処施設が設置されており、各々がその機能を必要とされる通常運転時から重大事故等時まで、原子力発電所の供用期間の全ての状態において機能維持が必要である。

具体的には、原子力発電所の以下の状態において、地下水排水設備の機能を維持する必要がある。

- 通常運転時（起動時，停止時含む）
- 運転時の異常な過渡変化時
- 設計基準事故時
- 重大事故等時

また、プラント供用期間中において発生を想定する大規模損壊についても、その発生要因とプラントの損壊状況を踏まえ、地下水排水設備の設計を行う上で配慮する。

c. 先行炉の対応状況

泊発電所3号炉と同様に地下水の流れを遮断する防潮堤等を設置した女川原子力発電所2号炉及び島根原子力発電所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、女川原子力発電所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、島根原子力発電所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。(添付資料3)

また、女川原子力発電所2号炉、島根原子力発電所2号炉の両炉において、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、「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」、「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」及び「地下水位低下設備の機能に期待する期間」を考慮し、地下水位低下設備にどの程度の信頼性が 필요한かを分析して設備要件(設備仕様)を定めている。

そのため、泊発電所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、泊発電所3号炉の地下水排水設備には島根原子力発電所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。

(2) 分析項目

(1)の前提条件を踏まえ、供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析を行う。

【分析1：想定する機能喪失要因の抽出】

地下水排水設備の機能を供用期間の全ての状態において維持するため、(1)の前提条件を考慮の上、対処すべき機能喪失要因を網羅的に抽出し、必要な対策について整理する。

- ▶ 地下水排水設備の機能ごとに、想定される単一の機器故障を考慮する。
- ▶ 地下水排水設備の機能ごとに、設置許可基準規則第3条から第13条までにおいて考慮することが要求される事象を抽出し、上記の機器故障と合わせて「想定する機能喪失要因」とする。
- ▶ なお、設置許可基準規則第14条から第36条までに対しては、別紙11-2表のとおり、地下水排水設備に対する機能について影響するものではないので機能喪失要因の対象とはならない。
- ▶ 標準的な地下水排水設備の構成部位を設定(別紙11-3表)した上で、地下水排水設備の構成部位が想定する機能喪失要因により機能喪失するかを分析(別紙11-4表)する。
- ▶ 分析結果を踏まえ、地下水排水設備の機能維持の観点から必要な対策について整理する。

【分析 2：想定する機能喪失要因で生じる各事象の抽出】

- ▶ 分析 1 から抽出された，地下水排水設備の機能喪失要因となる事象が発生した場合に，同時に「運転時の異常な過渡変化」，「設計基準事故」又は「重大事故等」（以下「各事象」という。）が発生するかについて分析（別紙 11-5 表）する。
- ▶ 分析結果を踏まえ，地下水排水設備の機能維持の対策に加え，追加の対策が必要であるかについて整理する。

【分析 3：各事象と排水機能喪失の重畳に伴う影響確認】

- ▶ 各事象の発生後に，何らかの原因により地下水排水設備が機能喪失した場合を想定し，運転時の異常な過渡変化等の事象収束に対して影響があるかを分析（別紙 11-6 表）する。
- ▶ 分析結果を踏まえ，地下水排水設備の機能維持の対策に加え，追加の対策が必要であるかについて整理する。

【分析 4：大規模損壊の考慮】

- ▶ プラント供用期間中において発生を想定する大規模損壊時の対応についても，地下水排水設備の設計を行う上で配慮する。

(3) 想定する機能喪失要因の抽出（分析 1）

a. 関係する条文の抽出

地下水排水設備の各構成部位が機能喪失する可能性のある事象として，機器の故障に加え，設置許可基準規則第 3 条から第 13 条までの要求事項を踏まえ，地震（第 4 条），津波（第 5 条），外部事象（地震，津波以外）（第 6 条），内部火災（第 8 条），内部溢水（第 9 条）及び誤操作の防止（第 10 条）が考えられるため要因として抽出した（別紙 11-2 表）。

これ以外の設置許可基準規則における設計基準対象施設に対する要求は，個別設備に対する設計要求である等の理由から地下水排水設備の各構成部位が機能喪失する可能性のある事象から除外した。

別紙 11-2 表 地下水排水設備の機能喪失要因と設置許可基準規則との関係

設置許可基準規則の要求事項		分析対象	対象外とした理由		備考
地盤	地震		● 本文の要求事項への適合に際し、地下水排水設備に期待していないことから、分析の対象外	● 対象外とした理由	
第3条	地震	-	-	-	-
第4条	地震	○	-	-	-
第5条	津波	○	-	-	-
第6条	風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山、生物学的事象、森林火災(外部火災)	○	-	-	泊発電所3号炉で想定する外部事象として抽出した事象
第7条	不法な侵入	-	● 本文は、個別設備の設置要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-	-
第8条	内部火災	○	-	-	-
第9条	内部溢水	○	-	-	-
第10条	誤操作の防止	○	-	-	-
第11条	安全避難通路等	-	● 本文は、個別設備の設置要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-	-
第12条	安全施設	-	● 本文は、安全施設への要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外(添付資料4)	-	-
第13条	運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止	-	● 本文は、運転時の異常な過渡変化に対する要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-	-
第14条	全交流動力電源喪失対策設備	-	-	-	-
第15条	炉心等	-	-	-	-
第16条	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	-	-	-	-
第17条	原子炉冷却材圧力バウンダリ	-	-	-	-
第18条	蒸気タービン	-	-	-	-
第19条	非常用炉心冷却設備	-	-	-	-
第20条	一次冷却材の減少分を補給する設備	-	-	-	-
第21条	残留熱を除去することができる設備	-	-	-	-
第22条	最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備	-	-	-	-
第23条	計測制御系統施設	-	-	-	-
第24条	安全保護回路	-	-	-	-
第25条	反応度制御系統及び原子炉停止系統	-	-	-	-
第26条	原子炉制御室等	-	-	-	-
第27条	放射性廃棄物の処理施設	-	-	-	-
第28条	放射性廃棄物の貯蔵施設	-	-	-	-
第29条	工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護	-	-	-	-
第30条	放射線からの放射線業務従事者の防護	-	-	-	-
第31条	監視設備	-	-	-	-
第32条	原子炉格納施設	-	-	-	-
第33条	保安電源設備	-	-	-	-
第34条	緊急時対策所	-	-	-	-
第35条	通信連絡設備	-	-	-	-
第36条	補助ボイラー	-	-	-	-

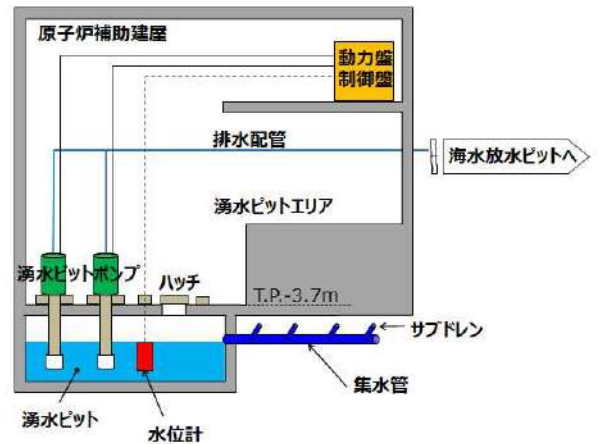
b. 各構成部位の機能喪失要因の分析

標準的な地下水排水設備の構成部位として、地下水排水設備（既設）の構成部位を参考に、別紙 11-3 表のとおり設定する。その上で、地下水排水設備の各構成部位が、抽出した機能喪失要因により機能喪失するかについて分析する。

分析の前提条件と分析結果は下記のとおり。

別紙 11-3 表 地下水排水設備の構成部位

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	集水管 サブドレン
支持機能	ピット ピットエリア	湧水ピット 湧水ピット エリア
排水機能	排水配管	排水配管
	排水ポンプ	湧水 ピットポンプ
監視・ 制御機能	動力盤 制御盤	動力盤 制御盤
	水位計	水位計
電源機能	電源	電源



<分析 1 の前提条件>

- ▶ 機能喪失有無の判定においては、地下水排水設備に必要な設計上の配慮事項を抽出する観点から、全ての構成部位について、機能喪失要因に対する設計上の配慮が講じられていない状態を前提とする。
- ▶ 外部事象に対する分析では、地下水排水設備の構成部位の全てが、地下水排水設備（既設）と同様に屋内設置されている状態を前提とする。

<分析結果>

- ▶ 分析の結果、地下水排水設備の各構成部位に対する機能喪失要因として別紙 11-4 表のとおりの結果を得た。
- ▶ これらの機能喪失要因を踏まえ、地下水排水設備の設計上の信頼性を向上させる観点から、別紙 11-7 表のとおり設計上の配慮を行う。

別紙 11-4 表 地下水排水設備の機能喪失要因と設置許可基準規則との関係

機能	構成部位	機器故障及び設置許可基準規則の要求を踏まえた機能喪失要因														
		機器故障 (故障モード)	地震 (4条)	津波 (5条)	風(台風) (6条)	竜巻 (6条)	凍結 (6条)	降水 (6条)	積雪 (6条)	落雷 (6条)	火山 (6条)	生物学的 事象 (6条)	森林火災 (外部火災) (6条)	内部火災 (8条)	内部溢水 (9条)	誤操作防止 (10条)
集水機能	集水管類	○*2 耐震性無し	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			○*2 耐震性無し	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
支持機能	ピット・ ピットエリア	○*3 耐震性無し	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			○*3 耐震性無し	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
排水機能	排水配管	× リーク・ 閉塞	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			× 連続運転 失敗・ 起動失敗	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
監視・制御 機能	制御盤 動力盤	× 不動作・ 誤動作	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			× 不動作・ 誤動作	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
電源機能	水位計	× 電源*1 (ダイゼン 発電機)	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			× 起動失敗	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

* 1 : 外部電源はSs未満の地震により機能喪失する可能性があるため、機能喪失状態を前提とする

* 2 : 集水管類は岩盤内部に設置しており、管内への土砂供給が非常に少なく、原子炉建屋基礎下の集水管全てを点検可能とするためのアクセス開口を設置すること、管内に僅かな土砂の堆積があった場合でも定期的な清掃作業の実施により除去可能であり、供用期間における閉塞を防止できることから「○」としている (添付資料 5 参照)

* 3 : ピットは集水管類からの土砂供給が非常に少なく、ピット内に僅かな土砂の堆積があった場合でも定期的な清掃作業の実施により除去可能であり、供用期間における閉塞を防止できることから「○」としている

* 4 : 分析 1 では誤操作による機能喪失は機器の故障に含めた取扱いとします

凡例 ○ : 事象に対し設備が影響を受けない

× : 事象に対し設備が影響を受ける可能性あり

— : 評価対象外

(4) 想定する機能喪失要因で生じる各事象の抽出（分析2）

地下水排水設備の機能喪失要因により、同時に各事象が発生するかについて分析を行い、事象収束にあたり追加の対策が必要かについて確認する。分析の前提条件と分析結果は以下のとおり。

<分析2の前提条件>

- ▶ 地下水排水設備の機能喪失要因として、分析1により抽出された項目を前提とし、ここでの分析を行う。
- ▶ 地下水排水設備の全ての構成部位について、機能喪失要因に対する設計上の配慮が講じられていない状態を前提とする。
- ▶ 電源に関して、内部事象と外部事象に対する防護対策が施されている非常用DGの共通要因による機能喪失は考慮しない。また、非常用DGの状態について、プラント運転中は2系列が待機状態にあることとする。
- ▶ 外部電源は基準地震動未満の地震により機能喪失する可能性があるため、機能喪失状態を前提とする。さらに、プラント停止中は非常用DG本体又は海水系片系が点検のために待機除外である状態を想定する。また、プラント停止中の非常用DGに対しては、起動失敗等の機器の故障を考慮する。

<分析結果>

- ▶ 別紙11-5表（1/3）に示すとおり、地下水排水設備が機能喪失する事象発生時には、当該事象により敷地外の送変電設備が損傷し、「運転時の異常な過渡変化（外部電源喪失）」が発生する可能性がある。
- ▶ これを防止するために、地下水排水設備には、外部電源喪失に配慮した設計が必要となる。
- ▶ また、各事象が収束した以降も収束状態を維持する観点から、原子炉建屋等の主要建屋の基礎底面下に地下水位を保持し、建屋に生じる揚圧力影響を排除することで、建屋の耐震性の継続的な確保が必要である。
- ▶ このため、地下水排水設備の各機能喪失要因に対する設計上の配慮を行うことで、「地下水排水設備の機能喪失により地下水位が上昇した状態で基準地震動規模の地震が発生する」という状況を回避でき、建屋の耐震性が確保されることとなる。
- ▶ 上記の配慮を行うことで、通常運転中の安全施設（異常発生防止系及び異常影響緩和系）への影響を防止することができている。
- ▶ 別紙11-5表（3/3）に示すとおり、地下水排水設備が機能喪失する事象発生時には、同時に「全交流動力電源喪失（停止時）」が発生する。
- ▶ このことから、地下水排水設備の機能喪失要因に配慮した対策及び非常用電源に関する信頼性向上の観点で代替電源設備からも電源供給可能な設計とすることにより、地下水排水設備の信頼性を向上させることができる。

別紙 11-5 表 地下水排水設備の機能喪失と同時に発生の可能性がある事象の分析 (1/3)

		運転時の異常な過渡変化															
		原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	出力運転中の制御棒の異常な引き抜き	制御棒の落下及び不整合	原子炉冷却材中のほう素の異常な希釈	原子炉冷却材流量の偏り	原子炉冷却材流量の減少	原子炉冷却材の停止ループの誤起動	主給水流量の喪失	蒸気負荷の異常な増加	2次冷却系の異常な減圧	蒸気発生器への過剰給水	蒸気発生器の負荷の喪失	原子炉冷却材系の異常な減圧	出力運転中の非常用心動機	外部電源喪失	
地下水排水設備の機能喪失要因	機器故障	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
	地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	*1
	内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
	内部溢水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	*1
		地下水排水設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない															
		地下水排水設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない															
		地下水排水設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない															
		地下水排水設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない															

凡例△：地下水排水設備の機能喪失は起きない。 ×：地下水排水設備の機能喪失あり、かつ、過渡事象が起きる。
 *1：外部電源は発電所外の設備も含まれており、地下水排水設備の機能喪失要因に対して耐性の確認・確保が困難であるため、全ての機能喪失要因に対して発生すると整理した。

別紙 11-5 表 地下水排水設備の機能喪失と同時に発生の可能性がある事象の分析 (2/3)

		設計基準事故													
		原子炉冷却材喪失	原子炉冷却材流量の喪失	原子炉冷却材ポンプの軸着	主給水管破断	主蒸気管破断	制御棒飛び出し	放射性気体廃棄物処理施設の破損	蒸気発生器伝熱管破損	燃料集合体の落下	可燃性ガスの発生				
地下水排水設備の機能喪失要因	機器故障	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	内部溢水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		地下水排水設備は機能喪失するが、上記の設計基準事故は発生しない													
		地下水排水設備は機能喪失するが、上記の設計基準事故は発生しない													
		地下水排水設備は機能喪失するが、上記の設計基準事故は発生しない													
		地下水排水設備は機能喪失するが、上記の設計基準事故は発生しない													

凡例△：地下水排水設備の機能喪失は起きない。 ×：地下水排水設備の機能喪失あり、かつ、設計基準事故が起きる。

別紙 11-5 表 地下水排水設備の機能喪失と同時に発生の可能性がある事象の分析 (3/3)

		重大事故等																			
		2次冷却系からの熱機能喪失	全交流動力源喪失	原子炉補機冷却機能喪失	原子炉格納容器の熱機能喪失	原子炉停止機能喪失	ECCS注水機能喪失	ECCS再循環機能喪失	格納容器バイパス	蒸気圧力・温度静的負荷過剰(格納容器過圧破損)	蒸気圧力・温度静的負荷過剰(格納容器過温破損)	高圧放出/格納容器直接加熱	原子炉圧力容器外の溶融燃料/冷却材相互作用	水素燃焼	溶融炉心・クォーター相互作用	想定事故1	想定事故2	崩壊熱除去機能喪失(余熱除去系の故障による停止時冷却機能喪失)	原子炉冷却材の流出	反応度の誤入	全交流動力源喪失(停止時)
機器故障	地下水排水設備の機能喪失要因	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
		地下水排水設備は機能喪失するが、地下水排水設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																			
地震	地下水排水設備の機能喪失要因	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		地下水排水設備は機能喪失するが、地下水排水設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																			
内部火災	地下水排水設備の機能喪失要因	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		地下水排水設備は機能喪失するが、地下水排水設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																			
内部溢水	地下水排水設備の機能喪失要因	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		地下水排水設備は機能喪失するが、地下水排水設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																			

凡例△：地下水排水設備の機能喪失あり，ただし，重大事故は起きない。 ×：地下水排水設備の機能喪失あり，かつ，重大事故が起きる。
*：待機中の非常用 DG が起動失敗等の機器の故障により機能喪失すること

(5) 各事象と排水機能喪失の重畳に伴う影響確認（分析3）

各事象が発生した状態で、地下水排水設備が機能喪失した場合を想定し、事象収束にあたり追加の対策が必要かについて確認する。分析の前提条件と分析結果は以下のとおり。

<分析3の前提条件>

- 各事象の発生後に地下水排水設備が機能喪失する状態及び地下水排水設備の機能喪失後に、さらに、基準地震動規模の地震が発生する状態に対し分析する。
- 地下水排水設備の全ての構成部位について、機能喪失要因に対する設計上の配慮が講じられていない状態を前提とする。

<分析結果>

- 別紙11-6表に示すとおり、地下水排水設備は、事象収束に必要な緩和機能を有していないため、事象の収束に直接は影響しない。
- しかしながら、地下水排水設備の機能喪失により地下水位が上昇している状態で、同時に基準地震動規模の地震の発生を想定した場合には、原子炉建屋等の主要建屋が地下水による揚圧力影響を受けた状態で地震力が作用するため、建屋の耐震性に影響が及ぶ可能性があることから、事象の収束に対する影響の懸念がある。
- このため、地下水排水設備の各機能喪失要因に対する設計上の配慮を行うことで、「地下水排水設備の機能喪失により地下水位が上昇した状態で基準地震動規模の地震が発生する」という状況を回避でき、建屋の耐震性が確保されることとなる。

別紙 11-6 表 「運転時の異常な過渡変化」, 「設計基準事故」又は「重大事故等」が発生した状態で
地下水排水設備が機能喪失した場合の影響 (1/2)

運転時の異常な過渡変化													
原子炉起動時における制御棒の異常引き抜き	出力運転中の制御棒の異常引き抜き	制御棒の落下及び不整合	原子炉中の冷却材のほう素の異常な希釈	原子炉冷却材の流量喪失	原子炉冷却材停止プログラムの誤起動	主給水量喪失	蒸気負荷の異常な増加	2次冷却系の異常な減圧	蒸気発生器への過剰給水	負荷の喪失	原子炉冷却材系の異常な減圧	出力運転中の炉冷却系の誤起動	外部電源喪失
○ (影響なし)													
地下水排水設備は、事象収束に必要な緩和機能を有していないため、事象の収束に影響しない													
× (影響あり)													
建屋の耐震性に影響があることから、事象の収束に対する影響の懸念あり													

設計基準事故									
原子炉冷却材喪失	原子炉冷却材流量喪失	原子炉冷却ポンプの軸着	主給水管断	主蒸気管断	制御棒飛び出し	放射性気体廃棄物処理施設の破損	蒸気発生器伝熱管破損	燃料集合体の落下	可燃性ガスの発生
○ (影響なし)									
地下水排水設備は、事象収束に必要な緩和機能を有していないため、事象の収束に影響しない									
× (影響あり)									
建屋の耐震性に影響があることから、事象の収束に対する影響の懸念あり									

別紙 11-6 表 「運転時の異常な過渡変化」, 「設計基準事故」又は「重大事故等」が発生した状態で
地下水排水設備が機能喪失した場合の影響 (2/2)

重大事故等																			
2次冷却系の熱除去機能喪失	全交流電源喪失	原子炉補冷却機却能喪失	原子炉格納熱除去機能喪失	原子炉停止機能喪失	ECCS注水機能喪失	ECCS再循環機能喪失	格納器バイパス	蒸汽圧力・温度による静的負荷(格納器破損)	蒸汽圧力・温度による静的負荷(格納器破損)	高圧溶融物放出/格納器気密直接加熱	原子炉压力容器外融料/冷却材相互作用	水素燃焼	溶解炉心・クロー相互作用	想定事故 1	想定事故 2	崩壊熱除去機能喪失(余熱除去故障による停止時冷却機喪失)	原子炉冷却材流出	反応度の投入	全交流電源喪失
地下水排水設備の機能喪失のみの場合	○ (影響なし)																		
	地下水排水設備は、事象収束に必要な緩和機能を有していないため、事象の収束に影響しない																		
地下水排水設備が地下水位が上昇した状態で地震が発生する場合	× (影響あり)																		
	建屋の耐震性に影響があることから、事象の収束に対する影響の懸念あり																		

(6) 分析結果を踏まえた信頼性向上のための配慮事項

分析 1 から分析 3 までの整理を踏まえ、原子力発電所の供用期間の全ての状態において、地下水排水設備を機能維持する観点から、地下水排水設備の設計にかかわる信頼性向上のための配慮事項は以下のとおりとなった。

なお、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。

分析 1 の結果から、地下水排水設備に対して配慮すべき機能喪失要因が抽出されており、これに対する個々の配慮事項を別紙 11-7 表のとおり整理した。

別紙 11-7 表 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

分析2の結果からは分析1と同様の対策(別紙 11-7 表)が必要という結果を得た。また、これに加えて、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。

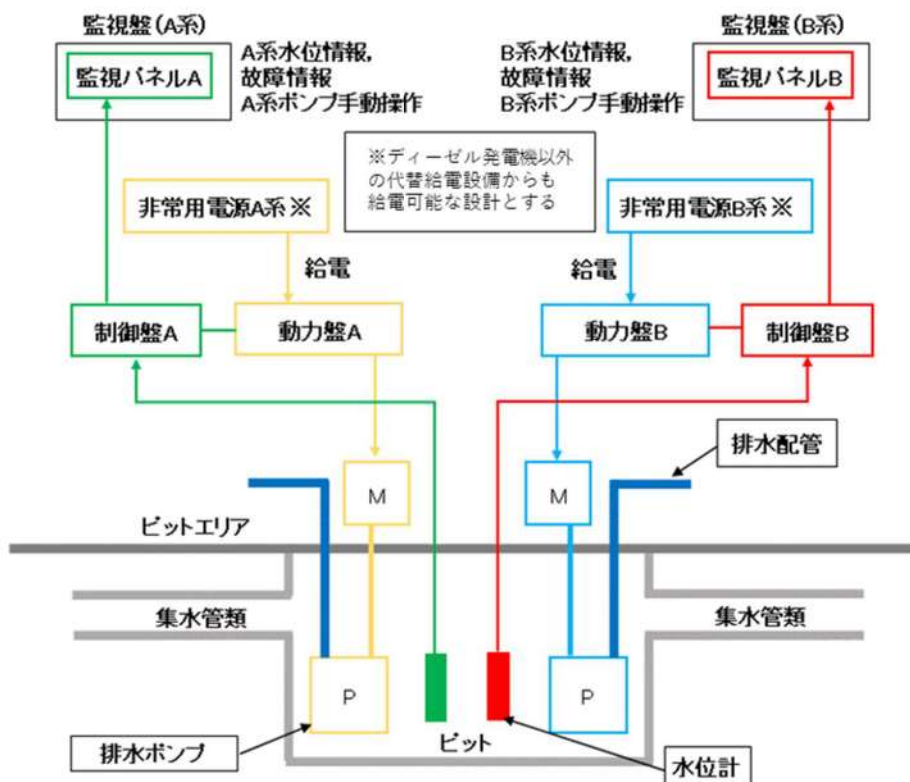
分析3の結果からは、分析1と同様の対策(別紙 11-7 表)が必要という結果を得た。

以上のとおり、分析1から分析3の結果を踏まえ、地下水排水設備の信頼性向上の観点から対策を講じることとする。

なお、分析4については、分析1から分析3での対策により、設計上の配慮を行うことができる。

(7) 監視・制御機能及び電源接続の系統構成

別紙 11-7 表に示す地下水排水設備に対する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を別紙 11-4 図に示す。排水ポンプ，水位計，現場における監視・制御系，中央制御室の監視盤及び非常用電源からの電源供給については信頼性の向上を考慮した設計とする。



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

4.2 排水能力

地下水排水設備の排水能力は，工事計画認可段階（以下「詳細設計段階」という。）で防潮堤設置後の三次元浸透流解析の予測解析モデルにて予測解析を実施し，地下水排水設備に集水される湧水量を予測した結果を踏まえ，必要な排水能力を確認した上でポンプ容量を設定する。予測解析モデルについては，ポンプ容量の設定に用いる解析モデルとして保守的なモデルとなっていることを確認する（別紙-10「設計地下水水位の設定方針について」参照）。また，詳細設計段階で行うポンプ容量の設定においては，過去に降水等によって湧水ピットへの集水量が一時的に増加した実績も考慮する。

4.3 試験又は検査

前述のとおり、地下水排水設備は原子力発電所の供用期間の全ての状態において機能維持が必要である。そのため、プラント運転中に設備の健全性を確認するため、地下水の排水機能を維持したまま、試験又は検査ができることが求められる。また、6項で示すように地下水排水設備は「予防保全」の対象であり、設備点検後にも地下水の排水機能を維持した状態で、試験又は検査が必要となる。これらの試験又は検査については、排水機能を維持している設備に影響を与えないように、独立して実施できることを設備要件とする。

4.4 施設区分

(1) 耐震重要度について

設計基準対象施設の耐震重要度は、設置許可基準規則上、その重要度に応じたクラス分類（S，B，C），また、それらに該当する施設が示されており、地下水排水設備はSクラス設備及びBクラス設備のいずれにも該当しないため、耐震重要度はCクラスに分類される（添付資料4）。

(2) 安全重要度について

3項で述べたとおり、地下水排水設備は設置許可基準規則第4条（第39条）への適合に当たり、原子炉建屋等の設計の前提条件となる地下水位を建屋基礎底面下に保持するために必要であることから、地下水排水設備を設計基準対象施設と位置付ける。地下水排水設備は重大事故等に対処するための機能は有していないため、重大事故等対処施設には位置付けない。

地下水排水設備は設置許可基準規則第2条に示されている「安全機能」を直接果たす構築物、系統及び機器ではなく、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（以下「重要度分類指針」という。）の「Ⅲ．安全機能の重要度分類」に定められた「安全機能を有する構築物、系統及び機器」のいずれにも分類されていない（添付資料4）ものの、岩着構造の防潮堤を設置する影響を考慮し、地下水排水設備にどの程度の信頼性が必要であるか4.1項で分析した結果から得られた設計上の配慮事項を満足する仕様とする。

5. 地下水排水設備（既設）に対する設備要件の適用検討

5.1 設計上の配慮事項の適用

ここでは、4項で整理した地下水排水設備の設備要件を、地下水排水設備（既設）に適用する場合に必要な信頼性向上対策を整理した結果を示す。

別紙11-8表では、4項で抽出した個々の機能喪失要因に対する配慮事項（別紙11-7表）と地下水排水設備（既設）の設備仕様を比較し、基準適合性を確保するために必要な対策を抽出した結果及び対策の成立性を確認した結果を示す。

別紙 11-8 表 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

機能	構成部位	建設時点の設備仕様 (右記の配慮事項に対応する項目を記載)	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)
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
支持機能	湧水ピット ピットエリア	耐震 A クラスの間接支持機能確保	Ss 機能維持することにより支持機能を確保 (耐震 S クラスの間接支持機能確保)	× (耐震性を有する 原子炉補助建屋の 躯体の一部として 設置されている)	—
排水機能	排水配管	S1 機能維持 / ポンプ出口で合流し単一配管	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
	湧水ピット ポンプ	S1 機能維持 / 多重化	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	S1 機能維持 / 多重化	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
	制御盤	S1 機能維持			
	水位計	S1 機能維持	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	多重化による機能維持	× (建設時から多重 化されている)	—
	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
(対策前後の設備概要図)			—	—	

- *1 耐震重要度は耐震 C クラスであり建設時も同じ。(4.4 項参照) 詳細設計段階における Ss 機能維持の確認方法を別紙 11-9 表に示す。
- *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。(添付資料 5 参照)
- *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。

別紙 11-9 表 地下水排水設備の各構成部位における
Ss 機能維持の確認方法と設計方法

機能	構成部位	Ss 機能維持の確認方法	
		分類	具体的な方法
集水機能	集水管 サブドレン	解析 及び評価	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動に対し地下水の集水機能を維持する設計とする。 (地盤安定性評価において算出される当該部位の岩盤の局所安全率の結果から得られる岩盤のせん断破壊の状況については、2023年5月を目途に許可段階で説明する)
支持機能	湧水ピット 湧水ピット エリア	解析	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動に対し地下水の排水機能、監視・制御機能の支持機能を維持する設計とする。
排水機能	排水配管	解析	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動に対して湧水ピットポンプで汲み上げた地下水の排水経路を維持する設計とする。 支持金物は基準地震動に対し機能（配管の支持機能）を維持する設計とする。
	湧水ピット ポンプ	解析	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動に対し機能（地下水の排水機能）を維持する設計とする。 支持金物は、基準地震動に対し機能（湧水ピットポンプの支持機能）を維持する設計とする。
監視・ 制御機能	動力盤 制御盤	解析及び 加振試験	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動に対し機能（湧水ピットポンプの制御機能）を維持する設計とする。
	水位計	解析及び 加振試験	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動に対し機能（ピット内に継続的に流入する地下水位監視機能、湧水ピットポンプの起動停止の制御機能）を維持する設計とする。 支持金物は基準地震動に対し機能（水位計の支持機能）を維持する設計とする。

5.2 湧水ピットポンプの排水能力

4.2項で述べたとおり，地下水排水設備の排水能力は，詳細設計段階で三次元浸透流解析の予測解析を実施し，必要な排水能力を確認した上でポンプ容量を設定する。また，防潮堤が設置される過程及び設置後において，湧水量を継続的に測定し，上記方針で設定したポンプ容量が，十分な排水能力の裕度を確保できているか確認を行う。

なお，別紙11-10表に示すように，設置許可段階で「設計地下水位の設定方針」の策定を目的に行った暫定の予測解析で用いた解析モデルを流用し，想定湧水量を導出した結果と，既存の湧水ピットポンプ排水能力の比較では，湧水ピットポンプが十分な排水能力の裕度を有する結果となっている。

別紙 11-10 表 浸透流解析に基づく暫定の想定湧水量と湧水ピットポンプ排水能力

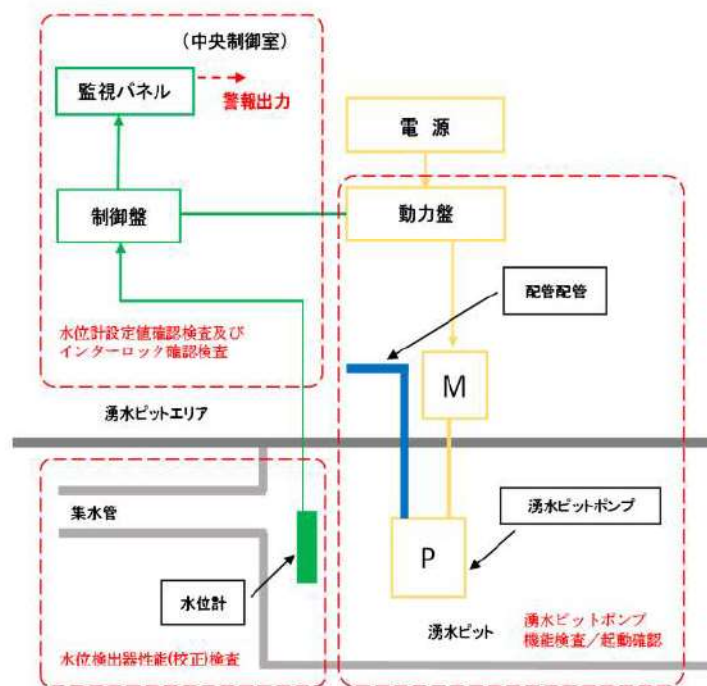
想定湧水量（暫定の解析結果）	湧水ピットポンプ能力
172.1 m ³ /日	600 m ³ /日（1台当たり） （湧水ピットポンプは2台設置）

5.3 試験又は検査の実施例

地下水排水設備（既設）に対する設計上の配慮事項の適用により多重化した系統及び機器にあつては，各々が独立した試験又は検査が実施可能となる。以下，別紙11-11表に試験又は検査の例を，別紙11-5図には検査項目と範囲を示す。

別紙 11-11 表 地下水排水設備にかかわる試験又は検査の例

項目	内容	頻度
水位検出器性能(校正)検査	水位検出器の校正を行い，適切な値が伝送されることを確認する。	定期事業者検査ごと
水位計設定値確認検査及びインターロック確認検査	水位計設定値が適切な値であること，インターロックが作動することを確認する。	定期事業者検査ごと
湧水ピットポンプ機能検査	インターロックの入力信号によりポンプが起動・停止することを確認する。	定期事業者検査ごと
湧水ピットポンプ起動確認	湧水ピットポンプが起動することを確認する。	1回/月
湧水ピット点検	ひび割れ等の変状が発生していないことを確認する。	1回/年
集水管類点検	集水管にカメラ等を挿入し，通水面積が保持されていることを確認する。（添付資料5）	別途，保全計画にて定める



別紙 11-5 図 地下水排水設備の試験又は検査項目と範囲

5.4 施設区分で定まる要求事項の適用

(1) 耐震重要度

地下水排水設備は耐震Cクラスであるものの、別紙 11-7 表で示した設計上の配慮事項を踏まえ Ss 機能維持を満足する設計とする。

(2) 安全重要度について

地下水排水設備は重要度分類指針に定められた「安全機能を有する構築物、系統及び機器」のいずれにも分類されていないことから、重要度分類指針から適用すべき要求事項はない。しかし、地下水排水設備は原子炉建屋等の主要建屋の耐震性を確保するために必要な設備であり、同建屋内に設置されている重要安全施設や重大事故等対処施設の機能遂行に直接必要はないが、その信頼性を維持し、又は担保するために必要な設備であるため、別紙 11-7 表で示した設計上の配慮事項を満足する設計とする。

6. 運用管理・保守管理上の方針

地下水排水設備の運用管理，保守管理にかかわる事項を以下のとおり保安規定の添付及びQMS（品質管理システム）2次文書に定める。

6.1 運用管理の方針

(1) 可搬型水中ポンプの配備について

今後，4項で定めた設備要件を地下水排水設備（既設）に適用し，地下水の集水及び排水機能を担う設備とする場合，5項で述べたように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，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発電所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原子力発電所2号炉を比べると，泊発電所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。（添付資料3，6）

前述のとおり，設備要件を既設の地下水排水設備に適用することで，機能喪失しない設計は実現できているものの，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。

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，可搬型水中ポンプ（別紙11-12表）による機能復旧等について(2)項のとおり保安規定の添付及びQMS2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	・揚水ポンプ ・発電機 等 一式

(2) 文書に定める事項

a. 保安規定の添付

- 地下水排水設備が機能喪失した場合に復旧作業を行うための資機材として可搬型水中ポンプを可搬型重大事故等対処設備保管場所に配備すること
- 地下水排水設備の復旧作業に的確かつ柔軟に対処できるように，手順及び必要な体制を整備すること
- プラント運転中，主要建屋の耐震性を維持できる時間内に可搬型水中ポンプ等による排水を確保できなかった場合にはプラントを停止すること

b. QMS 2次文書

① 地下水排水設備の運転管理

- 地下水排水設備の定期的な確認と具体的確認項目，確認の頻度
- 地下水排水設備が動作不能となった場合の体制，可搬型水中ポンプによる機動的な対応による復旧を行うための手順
- 可搬型水中ポンプによる排水に関する教育訓練

② ピット水位上昇時の対応

- 水位高警報の発報以降に中央制御室の水位計でピット水位の挙動を確認し，引き続き水位上昇傾向が確認された場合に可搬型水中ポンプによる排水作業に着手すること

6.2 保守管理の方針

(1) 文書に定める事項

a. QMS 2次文書

- 5.4(2)項で述べたように，地下水排水設備は原子炉建屋等の主要建屋の耐震性を確保するために必要な設備であり，同建屋内に設置されている重要安全施設や重大事故等対処施設の機能遂行に直接必要はないが，その信頼性を維持し，又は担保するために必要な設備であることを踏まえ，安全施設と同様に「予防保全」の対象と位置付け管理すること
- 地下水排水設備一列の機器故障時には，もう一列で排水を維持しつつ，バックアップとして可搬型水中ポンプ等を確保した上で，故障の原因調査を行い補修すること

(2) 既設集水管の保守管理について

- 今後，基準適合性を確保するために必要な対策を地下水排水設備（既設）に施し，地下水の集水及び排水機能を担う設備とする場合，上記方針の適用により既設集水管も「予防保全」の対象となるが，現時点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るため，全ての集水管を内部点検することが出来ない。
- そのため，原子炉建屋等の主要建屋周囲の埋戻土部に，集水管に直接アクセス可能な点検口を複数箇所設けることで，全ての集水管を定期的に内部点検し，必要に応じて水流や吸引等による管内清掃を行う。
- 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ること，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，サブドレンは

設置レベルが 150mm 高い（添付資料 1）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は考え難い。

- 地下水排水設備（既設）の集水管及びサブドレンの信頼性確保にかかわる検討については，添付資料 5 に詳細を示す。

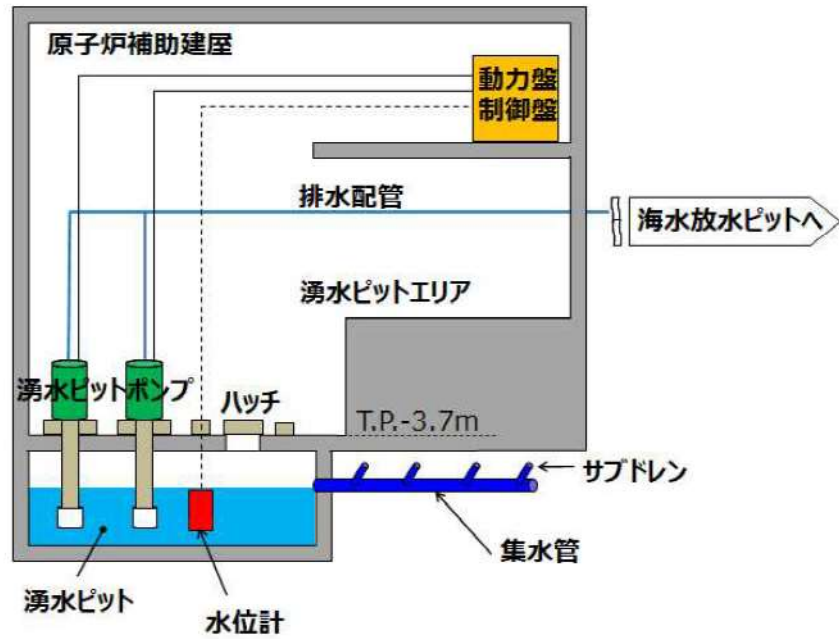
7. まとめ

- 泊発電所 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した上で，設備の基準適合性について説明する。

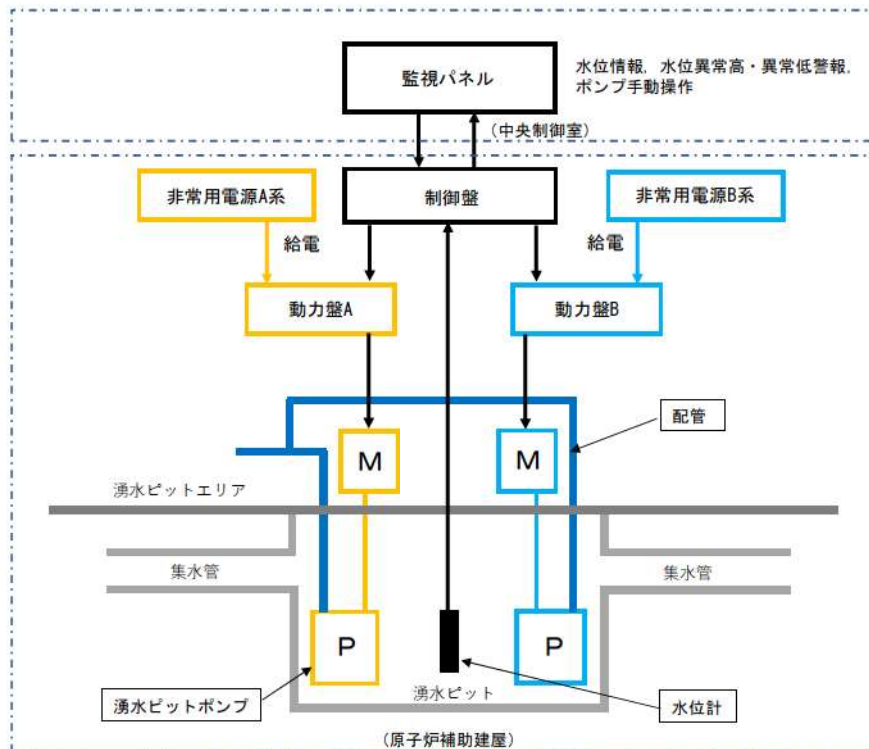
既設の地下水排水設備の概要

既設の地下水排水設備は、集水機能（集水管及びサブドレン）、支持機能（湧水ピット及び湧水ピットエリア）、排水機能（湧水ピットポンプ及び排水配管）、監視制御機能（制御盤及び水位計）及び電源機能（電源）を有する設備である。原子炉建屋等の主要建屋の直下及びその周囲に敷設された集水管（硬質ポリ塩化ビニル製有孔管：φ200mm）とサブドレン（ポリプロピレン樹脂製合成繊維管：φ100mm）を介して地下水を湧水ピットに集水し、湧水ピットポンプ・配管を介して、外海に繋がる放水路へ導く構造となっている。湧水ピット水位が、通常運転範囲の水位を超える T.P. -4.85m 以上に上昇すると、水位センサーが検知して湧水ピットポンプを起動し、T.P. -5.35m まで湧水ピット水位を低下させる。湧水ピットポンプ等の機電設備は、保守点検のルールを定めて運用しており、定期的な巡視・点検を行っている。また、泊発電所 3 号炉の建設時、地下水排水設備は基準地震動による地震力に対し耐震性を確保する設計ではなく、地震後は速やかに状況を確認し必要に応じて設備点検することとしている。

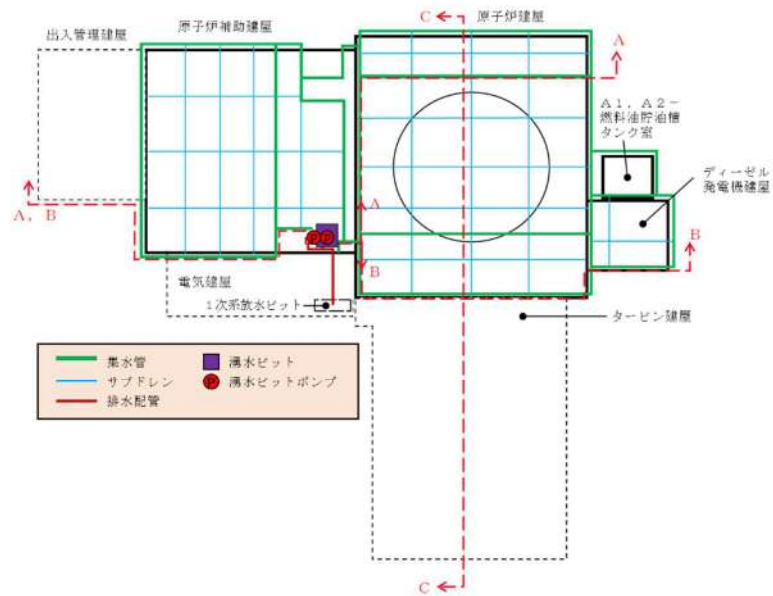
地下水排水設備の設備構成イメージを添付 1-1 図に、電源系、監視・制御系の系統構成概要を添付 1-2 図に、配置を添付 1-3 図に、集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベルを添付 1-4 図に、敷設断面図を添付 1-5 図に、敷設状況写真を添付 1-6 図に、湧水ピット断面図を添付 1-7 図に示す。



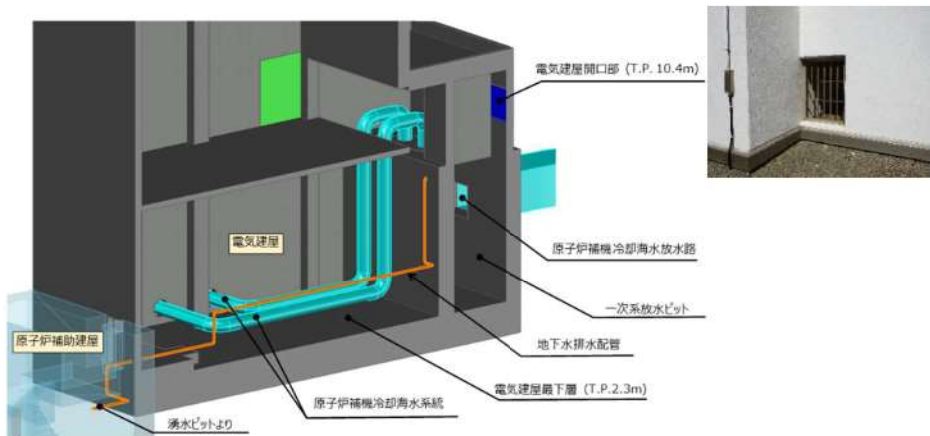
添付 1-1 図 設備構成イメージ



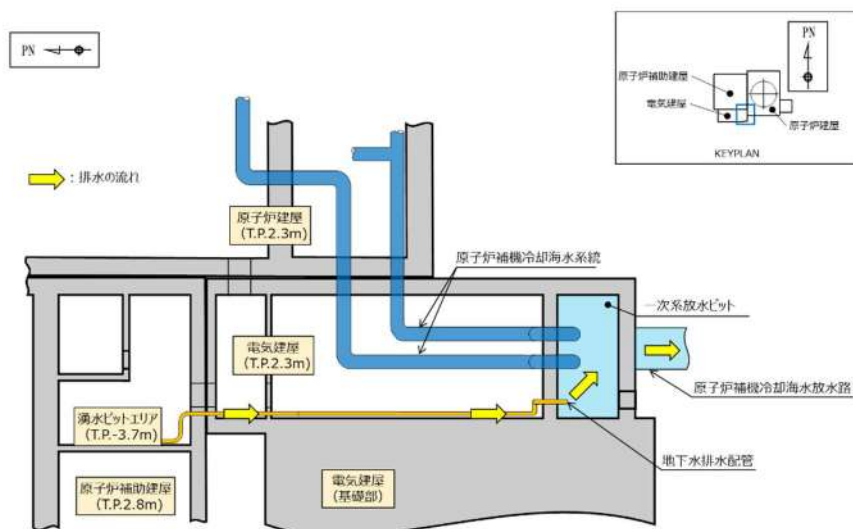
添付 1-2 図 電源系，監視・制御系の系統構成概要



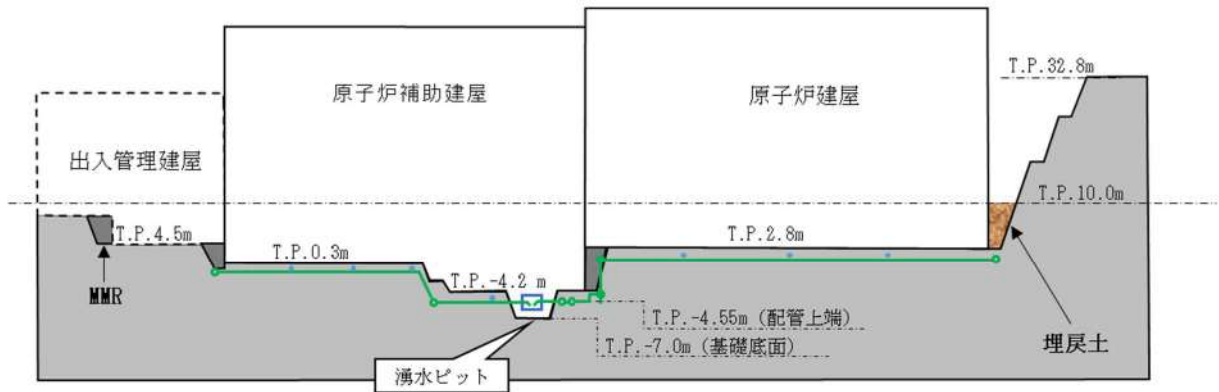
添付 1-3 (1) 図 地下水排水設備の配置



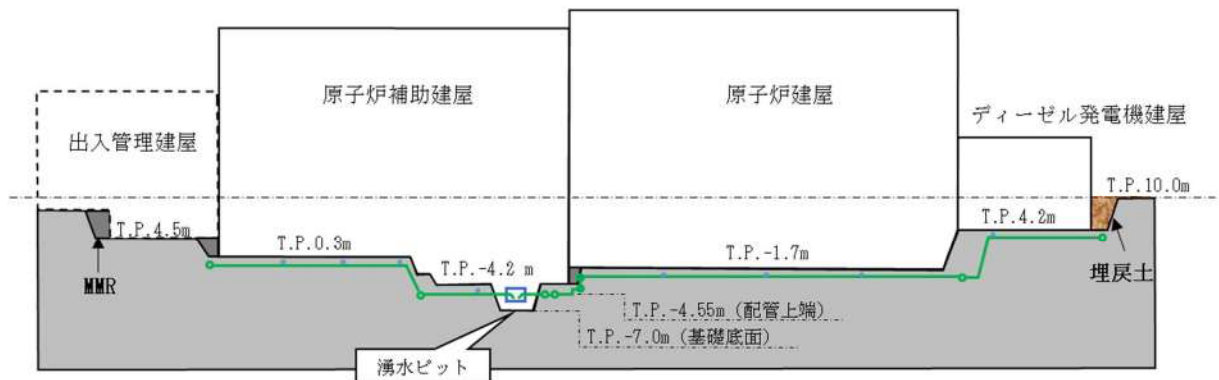
添付 1-3 (2) 図 地下水排水設備の配置 (電気建屋内の排水配管①)



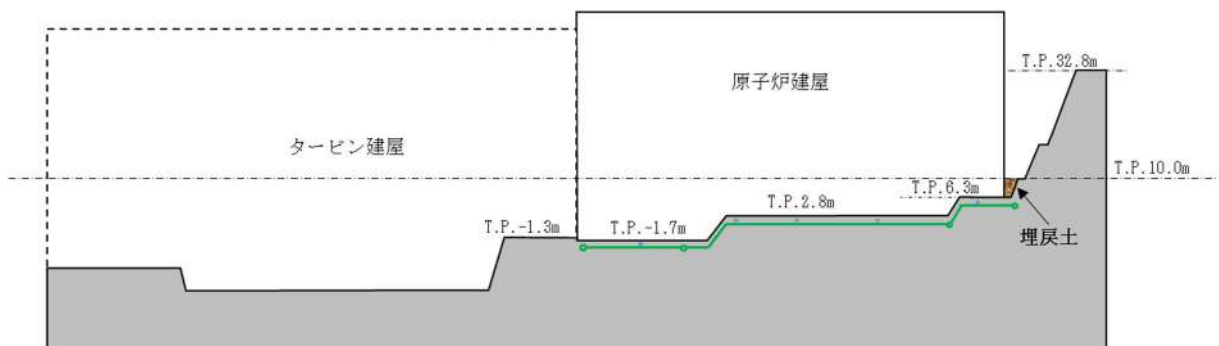
添付 1-3 (3) 図 地下水排水設備の配置 (電気建屋内の排水配管②)



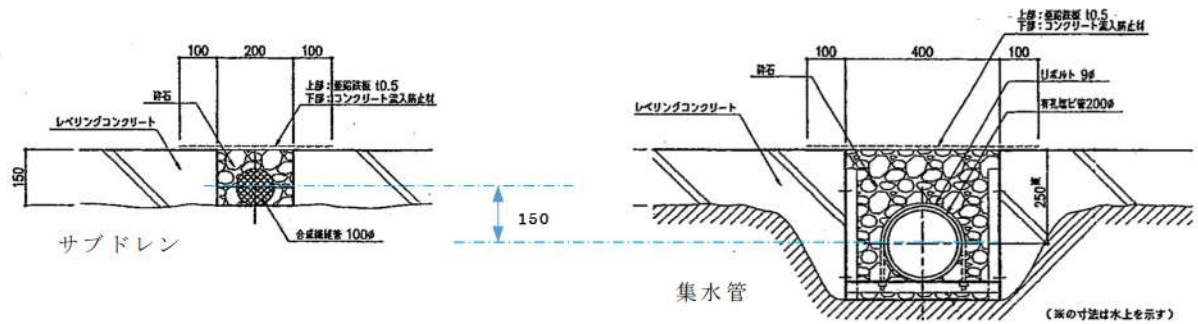
添付 1-4(1)図 集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベル
(添付 1-3(1)図の A - A)



添付 1-4(2)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
(添付 1-3(1)図の B - B)



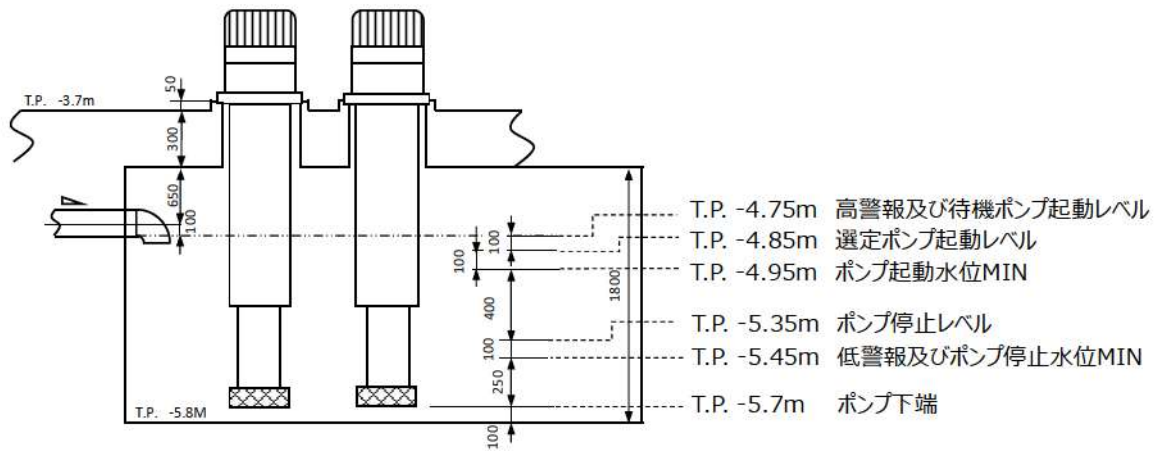
添付 1-4(3)図 集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベル
(添付 1-3(1)図の C - C)



添付 1-5 図 集水管及びサブドレンの敷設断面図



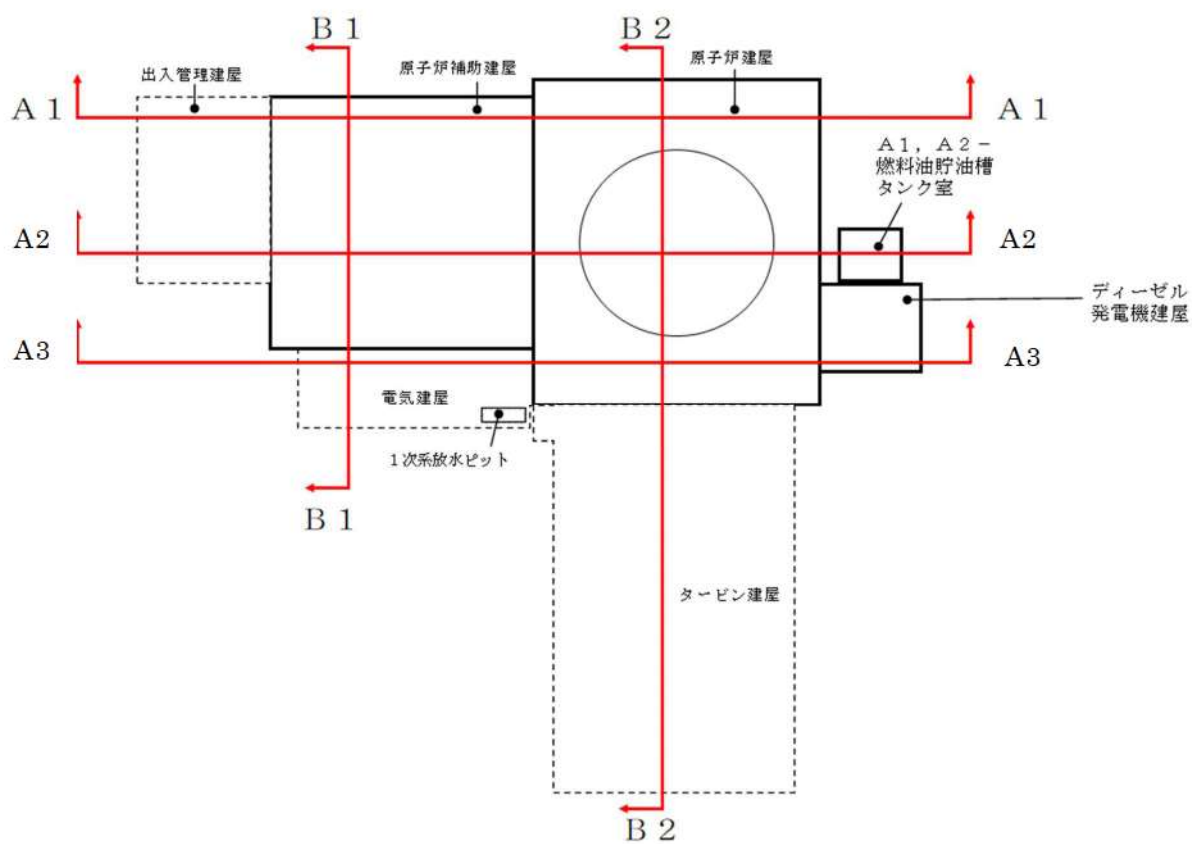
添付 1-6 図 集水管及びサブドレンの敷設状況写真 (泊発電所 3 号炉建設時)



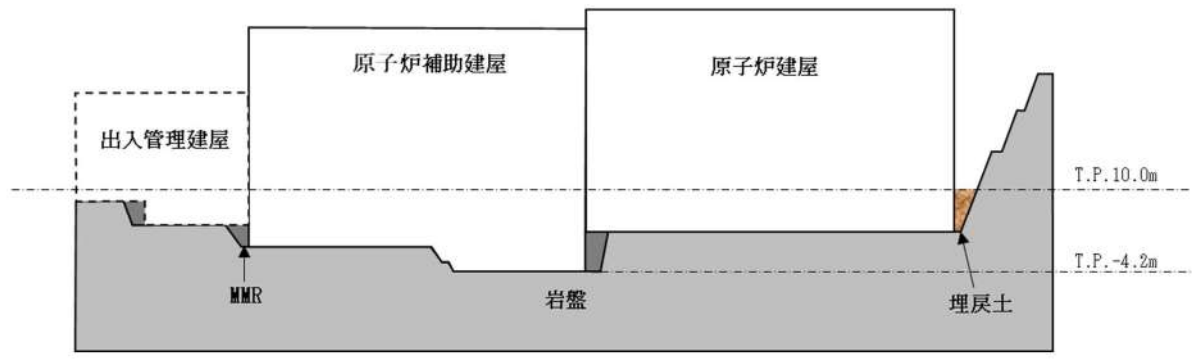
添付 1-7 図 湧水ピット断面図

原子炉建屋等の主要建屋の設置断面図

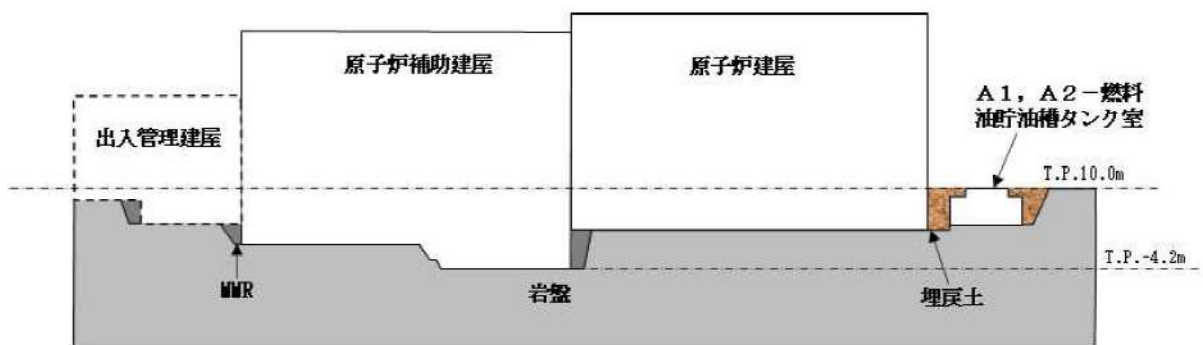
泊発電所 3 号炉の原子炉建屋等の主要建屋は、建設時に岩盤を掘削し設置されており、建屋地下部の側方は主に岩盤や他構造物に囲まれている。添付 2-1 図の断面指示図による各断面図を、添付 2-2 図～添付 2-6 図に示す。



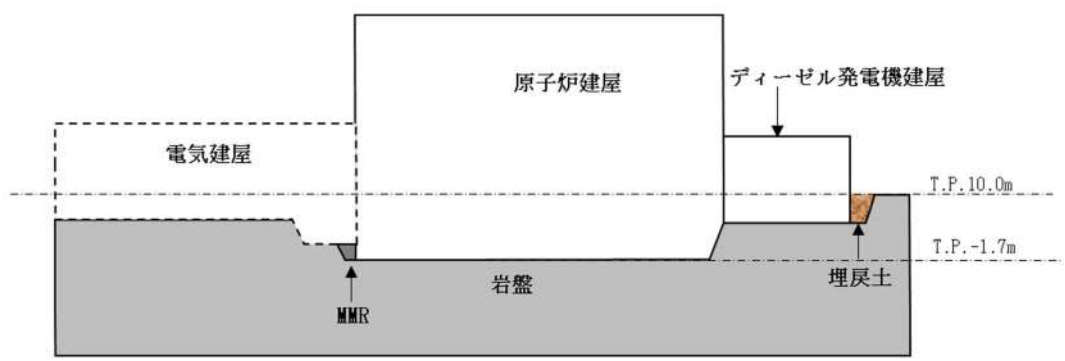
添付 2-1 図 断面指示図



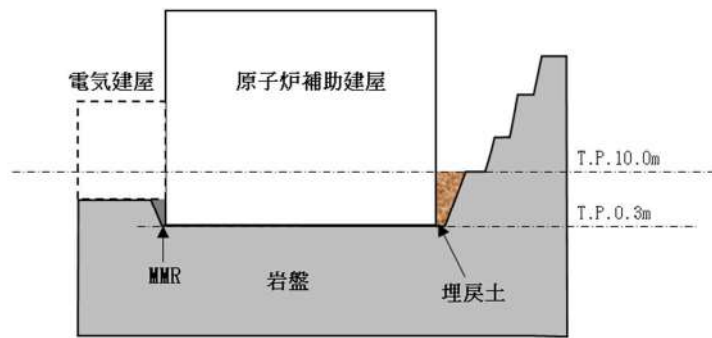
添付 2-2 図 A 1 - A 1 断面図



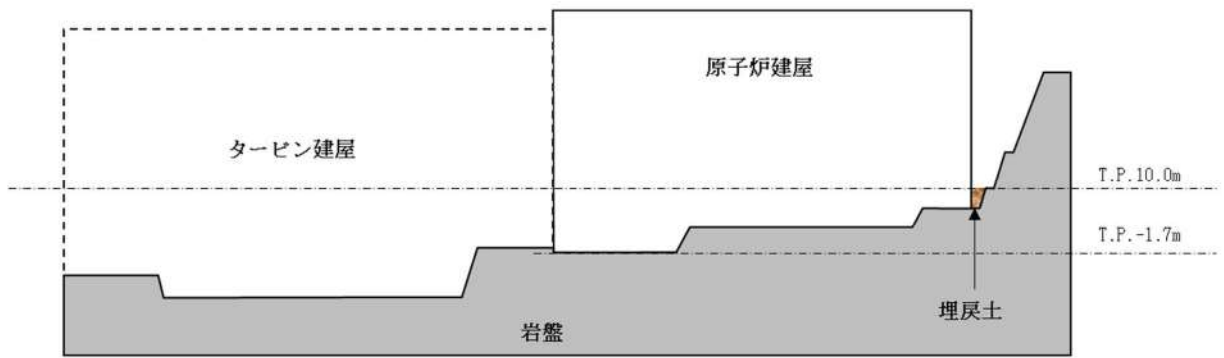
添付 2-3 図 A 2 - A 2 断面図



添付 2-4 図 A 3 - A 3 断面図



添付 2-5 図 B 1 - B 1 断面図



添付 2-6 図 B 2 - B 2 断面図

防潮堤を設置した先行炉との比較

津波防護を目的に岩着構造の防潮堤等を設置した先行炉のうち、女川原子力発電所 2 号炉，島根原子力発電所 2 号炉では，敷地の地下水を排水する設備を新たに設け信頼性向上を図っている。

添付 3-1 表では，泊発電所 3 号炉で信頼性向上対策を施した状態を想定した地下水排水設備と先行炉で地下水を排水する機能に期待する設備を，設備仕様，設置環境，湧水量等の観点で比較した結果を示す。

比較結果より，泊発電所 3 号炉の地下水排水設備に対して信頼性向上対策を施し，集水機能維持のために集水管の点検口を設けて保守管理性を確保することにより，泊発電所 3 号炉の地下水排水設備は，比較項目のうち「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」，「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」及び「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」が一致する島根原子力発電所 2 号炉と同等の信頼性を確保できていることを確認した。

添付 3-1 表 先行炉との比較 ※1

比較項目	泊発電所3号炉 (信頼性向上対策を施す場合)	女川原子力発電所2号炉	島根原子力発電所2号炉
地表から原子炉建屋基礎下までの深さ	原子炉建屋：約10m 原子炉補助建屋：約15m	約30m	約20m
原子炉建屋基礎地盤のせん断波速度	平均2.1km/s	平均約1.4km/s	平均1.64km/s
集水ピットの配置	原子炉補助建屋内に湧水ピットを設置	・建屋基礎下より深部に揚水井戸を設置(既設) ・既設より深部に揚水井戸を設置(新設)	・建屋基礎下より深部に揚水井戸を設置(既設) ・既設より深部に揚水井戸を設置(新設)
地下水排水設備/地下水水位低下設備の機能に期待して耐震評価を行う施設	☆ 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)	◇ 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) □ 液化化影響を受ける「敷地広範囲」のアクセスルート, 屋外重要土木構築物等	◎ 建物, 構築物(原子炉建屋, タービン建物, 廃棄物処理建物, 制御室建物, 排気筒)
地下水排水設備/地下水水位低下設備に期待して耐震評価を行う施設	「☆」に生じる揚圧力影響 ※2	「◇」と「□」の一部に生じる揚圧力影響及び液化化影響	「◎」に生じる揚圧力影響
地下水排水設備/地下水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	原子力発電所の供用期間の全ての状態
設計地下水水位	・地下水排水設備の機能に期待する原子炉建屋等の主要建屋は, 建屋基礎底面に設計地下水水位を設定 ・上記以外の施設等については, 地表面又は自然水位に基づき設計地下水水位を設定	・地下水水位低下設備(新設)の機能に期待する施設等については, その機能を考慮した設計地下水水位を設定 ・上記以外の施設等については, 地表面又は自然水位より保守的に設計地下水水位を設定	・地下水水位低下設備の機能に期待する建物, 構築物は基礎底面に設計地下水水位を設定 ・上記以外の施設等については, 地表面又は自然水位より保守的に設計地下水水位を設定
湧水量 (防潮堤等の設置前)	40~200m ³ /日 (実績) 年平均だと約80m ³ /日	500~2,000m ³ /日	約1,000m ³ /日
耐震重要度	耐震Cクラス	耐震Cクラス	耐震Cクラス
安全重要度	(設計基準対象施設)	(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 ・湧水ピットを除く多重化, 外部事象への配慮, 非常用電源確保等	・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
機能喪失時に建屋の設計条件を逸脱するまでの時間	約3時間	約24時間	24時間以上
保守管理性	・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線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は考え難い	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
地下水排水機能/地下水水位低下設備のイメージ図 (既設)			
地下水排水機能/地下水水位低下設備のイメージ図 (対策後)			

※1 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 主要建屋は岩盤を掘削して設置していることから, その側方は基本的に岩盤又は建屋が存在しており, 一部, 施工上の取り合いにより埋戻土が存在するものその範囲は僅かなことから, 液化化による影響は極めて小さいと考えられる。上記の考え方は, 「別紙-9 地盤の液化化の評価方針について」における液化化対象施設の抽出の考え方と同様である。また, 主要建屋の地震応答解析では, 解放基盤表面で設定した基準地震動をそのまま建屋モデルに直接入力する等, 入力地震動の算定(地盤応答解析)において埋戻土の影響は考慮していないことから, 詳細設計における建屋評価においても液化化による影響はないものと考ええる。なお, 主要建屋の揚圧力影響を低減させる目的で設置する地下水排水設備の効果により, 主要建屋周辺における地下水水位は建屋基礎底面に維持されることから, この観点においても主要建屋周辺の埋戻土の液化化は発生しないと考えられる。

重要度分類上の位置付けの整理

1. 設置許可基準規則における耐震重要度分類

耐震重要度分類指針の観点から地下水排水設備に関する信頼性向上について以下のとおり整理を行った。

設置許可基準規則における耐震重要度分類の考え方を添付 4-1 表に示す。

- ・ 設計基準対象施設の耐震重要度は、設置許可基準規則上、その重要度に応じたクラス分類（S、B、C）、また、それらに該当する施設が示されており、地下水排水設備は、Sクラス設備及びBクラス設備のいずれにも該当しないため、Cクラスに分類できる。
- ・ 本編 4 項に示した地下水排水設備の設備要件にかかわる分析結果を踏まえ、原子炉建屋基礎等の間接支持構造物としての機能を確保する観点から、地下水排水設備の耐震性については、間接支持構造物に要求される耐震性（Ss 機能維持）を考慮する。
- ・ 以上より、地下水排水設備の耐震重要度分類については、耐震Cクラスに分類し、基準地震動に対して機能維持させる設計とする。

添付 4-1 表 設置許可基準規則における耐震重要度分類の考え方

耐震クラス	定義	対象とする施設の例	該当
S	地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいもの	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器、配管系 ・ 使用済燃料を貯蔵するための施設 ・ 原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設 ・ 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設等 	×
B	安全性能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設 ・ 放射性廃棄物を内蔵している施設（ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和 53 年通商産業省令第 77 号）第 2 条第 2 項第 6 号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。）等 	×
C	Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設	—	○

2. 設置許可基準規則における安全機能

設置許可基準規則第2条の観点から、地下水排水設備について以下のとおり整理を行った。

- ・地下水排水設備は、設置許可基準規則第2条に示されている安全機能を直接果たす構築物、系統及び機器ではない。

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準
に関する規則における定義

第二条

五「安全機能」とは、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能であって、次に掲げるものをいう。

- イ その機能の喪失により発電用原子炉施設に運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、これにより公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがある機能
- ロ 発電用原子炉施設の運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の拡大を防止し、又は速やかにその事故を収束させることにより、公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止し、及び放射性物質が発電用原子炉を設置する工場又は事業所（以下「工場等」という。）外へ放出されることを抑制し、又は防止する機能

3. 安全機能の重要度分類

地下水排水設備が有する機能に着目し、設備の位置付けについての観点から発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（以下「重要度分類指針」という。）に基づく整理を行った。

- ・地下水排水設備が有する機能について安全機能の重要度分類指針における位置付けを確認した結果、以降に示すとおり、「安全機能を有する構築物、系統及び機器」のいずれにも分類されていないことを確認した。

(1) 安全機能の区分

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、それが果たす安全機能の性質に応じて、次の2種に分類される。

- ①その機能の喪失により、原子炉施設を異常状態に陥れ、もって一般公衆ないし従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの（異常発生防止系、以下「PS」という。）。
- ②原子炉施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって一般公衆ないし従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの（異常影響緩和系、以下「MS」という。）。

(2) 重要度分類

重要度分類指針では、PS及びMSのそれぞれに属する構築物、系統及び機器を、その有する安全機能の重要度に応じ、それぞれクラス1、クラス2及びクラス3に分類している。安全上の機能別重要度分類を添付4-2表に示す。

添付4-2表 安全上の機能別重要度分類

重要度による分類	機能による分類	安全機能を有する構築物、系統及び機器		安全機能を有しない構築物、系統及び機器
		異常の発生防止の機能を有するもの(PS)	異常の影響緩和の機能を有するもの(MS)	
安全に関連する構築物、系統及び機器	クラス1	PS-1	MS-1	—
	クラス2	PS-2	MS-2	
	クラス3	PS-3	MS-3	
安全に関連しない構築物、系統及び機器		—	—	安全機能以外の機能のみを行うもの

(3) 地下水排水設備の重要度分類上の位置付け

重要度分類指針の分類に基づき、地下水排水設備の位置付けを整理した結果、「安全機能を有する構築物、系統及び機器」のいずれにも分類されていない。

安全上の機能別重要度分類にかかわる定義及び機能と地下水排水設備の位置付けを添付 4-3 表～添付 4-5 表に示す。

添付 4-3 表 安全上の機能別重要度分類にかかわる定義及び機能と地下水排水設備の位置付け

分類		定義	機能	地下水排水設備の位置付け
クラス 1	PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって、(a)炉心の著しい損傷、又は(b)燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器	(1)原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	該当しない
			(2)過剰反応度の印加防止機能	該当しない
			(3)炉心形状の維持機能	該当しない
	MS-1	(1)異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	(1)原子炉の緊急停止機能	該当しない
			(2)未臨界維持機能	該当しない
			(3)原子炉冷却材圧力バウンダリの加圧防止機能	該当しない
			(4)原子炉停止後の除熱機能	該当しない
			(5)炉心冷却機能	該当しない
			(6)放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮へい及び放出低減機能	該当しない
	安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	(1)工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	該当しない	
(2)安全上特に重要な関連機能		該当しない		

添付 4-4 表 安全上の機能別重要度分類にかかわる定義及び機能と
地下水排水設備の位置付け

分類	定義	機能	地下水排水設備の位置付け	
クラス 2	PS-2 (1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	(1) 原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。）	該当しない	
		(2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	該当しない	
		(3) 燃料を安全に取り扱う機能	該当しない	
	(2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器	(1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止り機能	該当しない	
	MS-2	(1) PS-2 の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	(1) 燃料プール水の補給機能	該当しない
			(2) 放射性物質放出の防止機能	該当しない
		(2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	(1) 事故時のプラント状態の把握機能	該当しない
(2) 異常状態の緩和機能			該当しない	
		(3) 制御室外からの安全停止機能	該当しない	

添付 4-5 表 安全上の機能別重要度分類にかかわる定義及び機能と
地下水排水設備の位置付け

分類	定義	機能	地下水排水設備の位置付け	
クラス 3	PS-3 (1) 異常状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	(1) 原子炉冷却材保持機能 (PS-1, PS-2 以外のもの。)	該当しない	
		(2) 原子炉冷却材の循環機能	該当しない	
		(3) 放射性物質の貯蔵機能	該当しない	
		(4) 電源供給機能 (非常用を除く。)	該当しない	
		(5) プラント計測・制御機能 (安全保護機能を除く。)	該当しない	
		(6) プラント運転補助機能	該当しない	
	(2) 原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	(1) 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能	該当しない	
		(2) 原子炉冷却材の浄化機能	該当しない	
	MS-3	(1) 運転時の異常な過度変化があっても、MS-1, MS-2 とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	(1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	該当しない
			(2) 出力上昇の抑制機能	該当しない
(3) 原子炉冷却材の補給機能			該当しない	
(2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器		緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	該当しない	

(4) 安全重要度の程度について

上述のとおり，地下水排水設備は設置許可基準規則第2条に示されている「安全機能」を直接果たす構築物，系統及び機器ではなく，重要度分類指針に定められた「安全機能を有する構築物，系統及び機器」のいずれにも分類されていない。

しかしながら，原子炉建屋等の主要建屋に多数の重要安全施設や重大事故等対処施設が設置されており，各々がその機能を必要とされる通常運転時から重大事故等時まで，原子力発電所の供用期間の全ての状態において，地下水排水設備の機能維持が必要であることを踏まえ，重要度分類指針を参照し，地下水排水設備の重要度の程度を確認する。

重要度分類指針の「IV. 分類の適用の原則」では，所要の安全機能を直接果たす構築物，系統及び機器を「当該系」，当該系が機能を果たすのに必要な構築物，系統及び機器を「関連系」とし，関連系については「当該系の機能遂行に直接必要となる関連系」と「当該系の機能遂行に直接必要はないが，その信頼性を維持し，又は担保するために必要な関連系」に分類した上で，後者の関連系は「当該系より下位の重要度を有するものとみなす」とされている。

ここで，地下水排水設備は，原子炉建屋等の主要建屋の耐震性を確保するために必要な設備であり，同建屋内に設置されている重要安全施設や重大事故等対処施設の機能遂行に直接必要はないが，その信頼性を維持し，又は担保するために必要な設備である。

以上を踏まえ，地下水排水設備は重要度分類指針にある「当該系の機能遂行に直接必要はないが，その信頼性を維持し，又は担保するために必要な関連系」と同位の設備と位置付ける。

集水管及びサブドレンの信頼性確保にかかわる検討

1. はじめに

集水機能を担う集水管（硬質ポリ塩化ビニル製有孔管：φ200mm）及びサブドレン（ポリプロピレン樹脂製合成繊維管：φ100mm）は、通水面積の減少等による機能喪失リスクを考慮する必要がある。そのため、集水管及びサブドレンの設置状況や保守管理性を踏まえ、機能喪失に至る可能性のある事象を挙げ、それらに対する対応の考え方を添付 5-1 表に整理した。

添付 5-1 表 集水機能の喪失要因と対応の考え方（1/2）

機能喪失への影響が想定される事象	設計・保守管理における対応の考え方と取扱い
<p>経年劣化や地震により損傷し、断面形状を保持できなくなる。</p>	<p>《耐久性》</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 集水管、サブドレン共に紫外線や高熱環境にない建屋基礎下において、劣化しない材料を選定している。 ● また、両者共に疎水性の材料特性を有しており、腐食性の水質を示す泊発電所の地下水によって劣化することはない（3項参照）。 <p>《耐震性》</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 泊発電所 3 号炉に敷設されている集水管及びサブドレンの製品は、土中深部に直接埋設し、管上土圧を受けた状態で継続使用前で設計・製造されている。 ● これに対し、原子炉建屋等の主要建屋に設置された集水管及びサブドレンは、岩盤と建屋基礎底面等に囲まれた範囲に設置されており、地震時（Ss）にも設置空間が保持され、地震時に作用する荷重は自重と管周囲に充填された碎石起因によるものに限られることから、地震時に損傷することはない。 ● 一方、埋戻土下に敷設された集水管については、地震時に管上の埋戻土によって生じる荷重も考慮し、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の変更を行う。 ● 具体的には、埋戻土下の集水管上部を有孔鋼板で覆う対策が考えられ、この対策により埋戻土下の集水管も、建屋基礎下の集水管と同様に、地震時に自重と碎石による荷重のみを考慮すればよい使用環境とする。また、埋戻土下の集水管を有孔鋼管に仕様変更し、集水管自体の強度を増す対策も考えられることから、施工性や対策後の保守管理性も考慮し、詳細設計段階で対策仕様を決定する。その際、地下水が腐食性を示す水質であることも考慮した設計とする（3項参照）。 ● 集水管及びサブドレンが設置される岩盤については、地盤安定性評価において算出される局所安全率の結果から得られる岩盤のせん断破壊の状況を踏まえても、集水機能を確保できることを確認する。

添付 5-1 表 集水機能の喪失要因と対応の考え方 (2/2)

機能喪失への影響が想定される事象	設計・保守管理における対応の考え方と取扱い
<p>集水管及びサブドレンの有効範囲以外からの雨水流入，その他想定以上の雨水流入により，集水能力が不足する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 泊発電所の敷地に降る雨は，構内排水路や敷地表面を介して，防潮堤下に設置する構内排水設備に導く設計としており，構内排水設備は設計基準降水量（57.5mm/h）に対して十分な保守性を有する排水機能を有しているため，長期間に渡って降水が敷地に滞留し続けることで，集水管及びサブドレンに流入する湧水（雨水）が著しく増加することはない。 ● 泊発電所 3 号炉において，過去の降雨時に湧水量が増加した最大実績値は約 200m³/日であり，これは集水管 1 本の許容流量（1,000m³/日以上）を十分に下回っている。 ● 今後，防潮堤が設置される過程及び設置以降において，湧水量を継続的に測定し，集水能力を超えていないことを確認する。
<p>土砂流入により通水面積が減少し，集水機能を喪失する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 湧水量に対し十分な余裕を有する断面となる管径を設定するとともに，定期的な点検，集水管については土砂排除等の清掃を実施する。（2 項 (1) (2) 参照） ● 集水管については，原子炉建屋等の主要建屋の基礎直下及びその周囲に敷設される範囲全域を目視点検及び清掃可能とするため，地上部からアクセス可能な開口を新たに設ける（2 項 (3) 参照）。 ● 集水管の有孔部から管内への土砂流入は微量であり，有孔部に対し管径が十分大きく，土砂堆積による通水断面の減少は非常に緩慢に進行することから，十分な余裕を有する断面をもつことで，短期間で機能喪失には至らない。 ● サブドレンは集水管に比べて設置レベルが 150mm 高いことに加え，埋戻土下部には敷設されないことを踏まえると，サブドレンが全閉塞するような土砂堆積が生じることは考え難い（添付資料 1 参照）。
<p>地下水に含まれる不純物の析出により通水面積が減少し，集水機能を喪失する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 主要建屋周囲の地下水位観測孔から採水した地下水を水質分析した結果によると，地下水は清浄（電気伝導率：約 50～500 mS/m）であり，腐食性を示す水質であるため，各種スケールが大量に生成される水質ではないことを確認している。（3 項参照）
<p>点検口設置工事等による目詰まりにより集水・排水機能を喪失する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 施工時の規制を行う（施工方法の検討）。

以上より，土砂流入をはじめとして，機能喪失への影響が想定される事象は，設計（耐久性・耐震性の確保）並びに保守管理により対処し集水管及びサブドレンの機能を維持することが可能である。

2. 集水管の保守管理手法

前項に示す機能喪失事象の整理により，集水管の保守管理の重要性が抽出されたことから，集水管の敷設状況等を踏まえた保守管理手法を検討した。

(1) 内部点検及び管内清掃

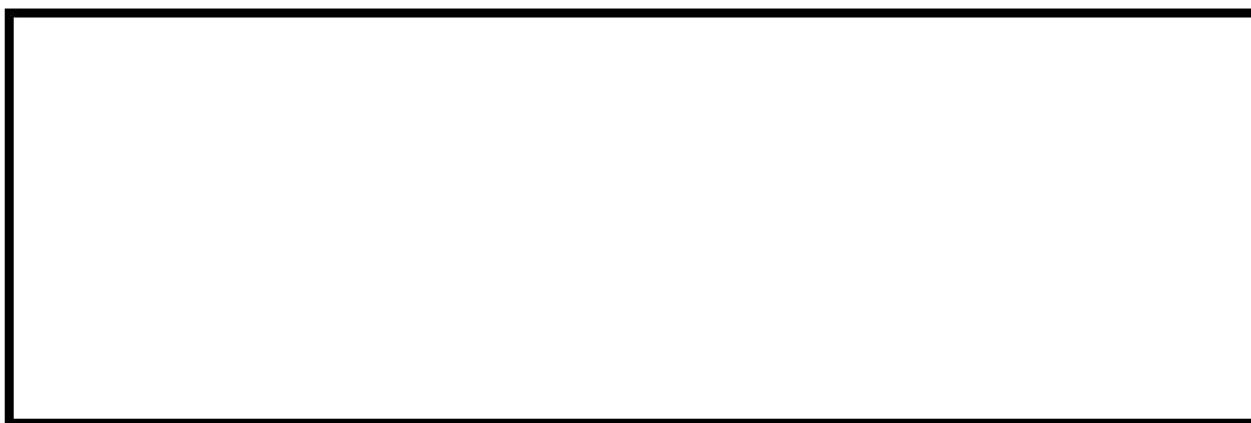
現在，泊発電所3号炉では集水管の内部点検と管内清掃を実施する装置として，農業用の暗渠管向けに開発された管内清掃装置の採用を検討している。装置の概略を以下に示す。

①装置の構成

装置は高圧ポンプユニット，耐圧ホース（ホースリール），カメラ付噴射ノズルにて構成され，先端のノズル後方から噴射される高圧水によって装置の推進力を生むと同時に噴射された高圧水により管内清掃を行う構造である。

②カメラ付噴射ノズル

カメラ付噴射ノズルの首を振ることで進入方向を選択できることが特徴であり，曲がり易さを優先して噴射ノズルを設計している。



: 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。

添付 5-1 図 カメラ付噴射ノズル

③推進距離

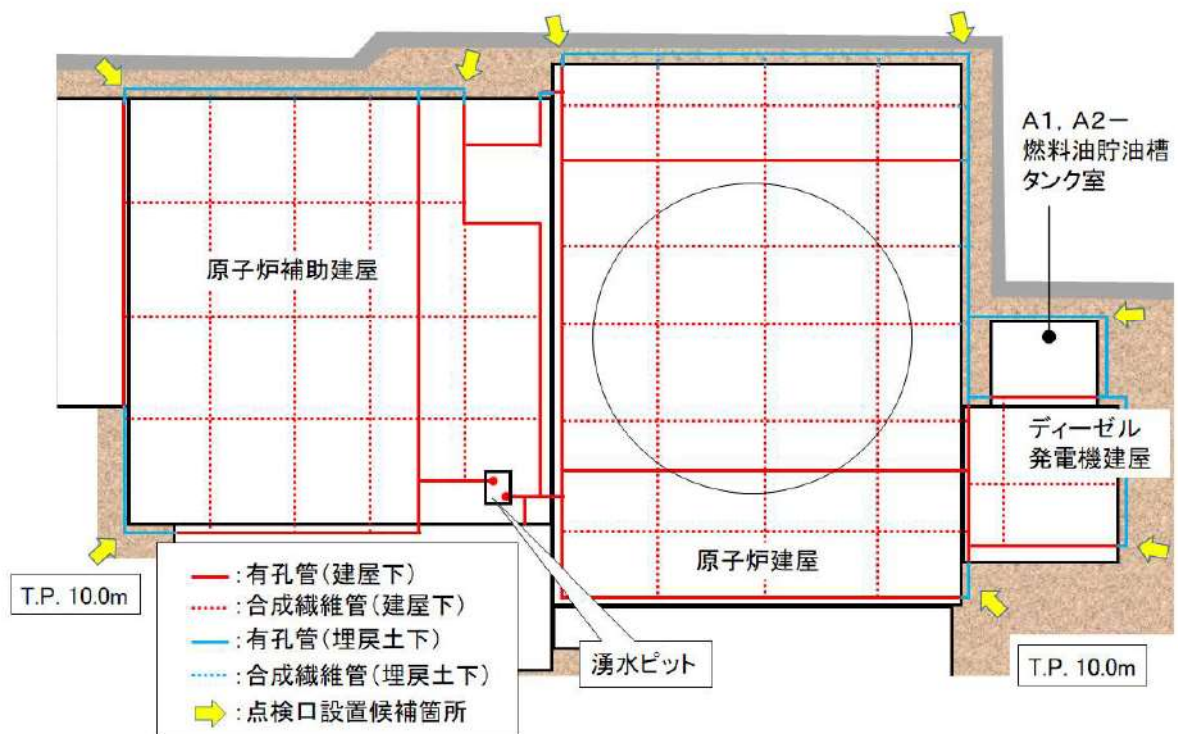
噴射ノズル外径との遊びが少ない場合（配管系φ100mm）に，直管に対して推進距離が300mまでの実績がある。遊びが少なければ噴射の反力が推進力として効率的に利用されるが，配管径が大きくなると遊びも大きくなるため挿入距離は変わる。

(2) 点検頻度

今後、定期検査ごとに管内清掃装置を用いた集水管内部点検を計画し、清掃の実績を踏まえて適宜点検頻度を検討する。

(3) 集水管の点検口

管内清掃装置による集水管の清掃を確実にするため、カメラ付噴射ノズルを挿入するためのアクセス開口（点検口）を複数設ける計画である。点検口は添付 5-2 図に示す埋戻土下部の集水管敷設範囲角部（曲り部）に設けることを検討している。

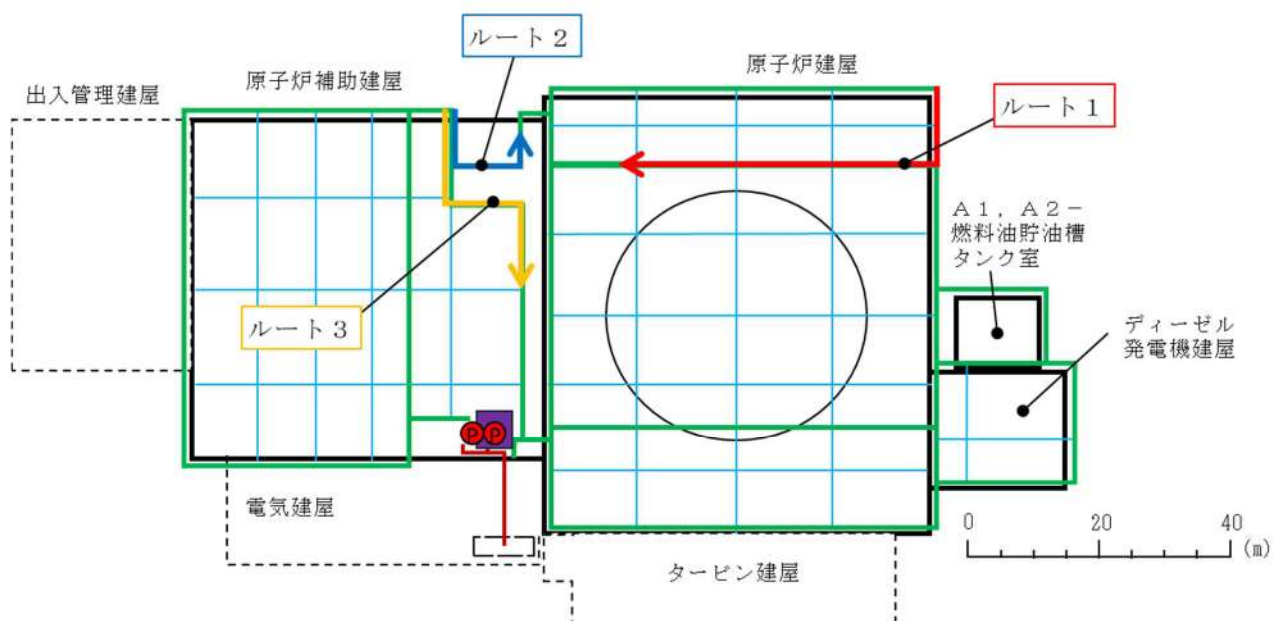


添付 5-2 図 点検口の設置候補箇所

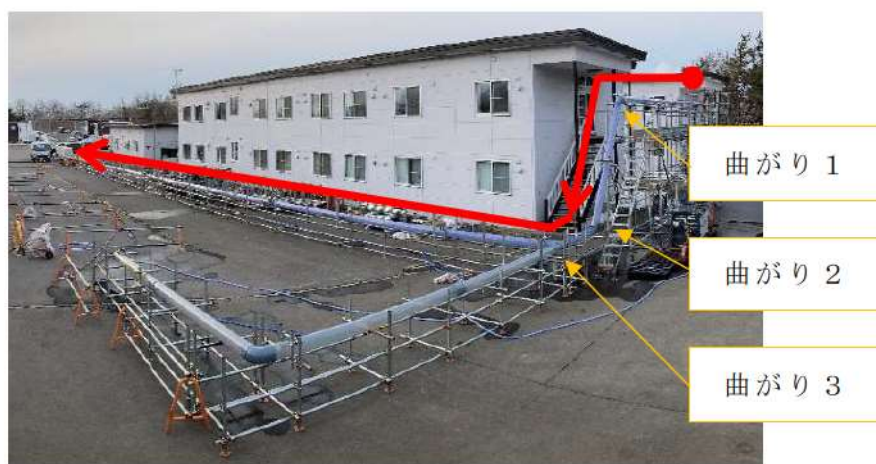
④モックアップによる検証

管内清掃装置を挿入するためのアクセス開口（点検口）から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、地下水の集水管敷設ルートを模擬したモックアップ検証を実施した。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。

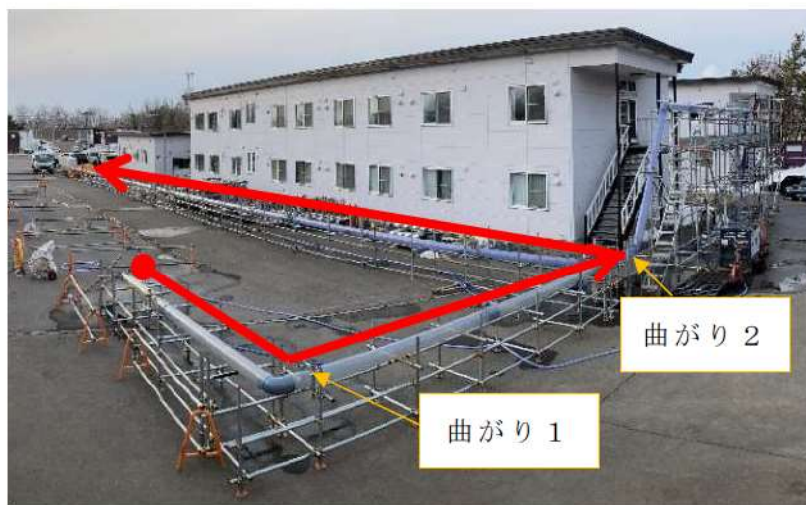


添付 5-3 図 モックアップ試験装置の集水管想定範囲



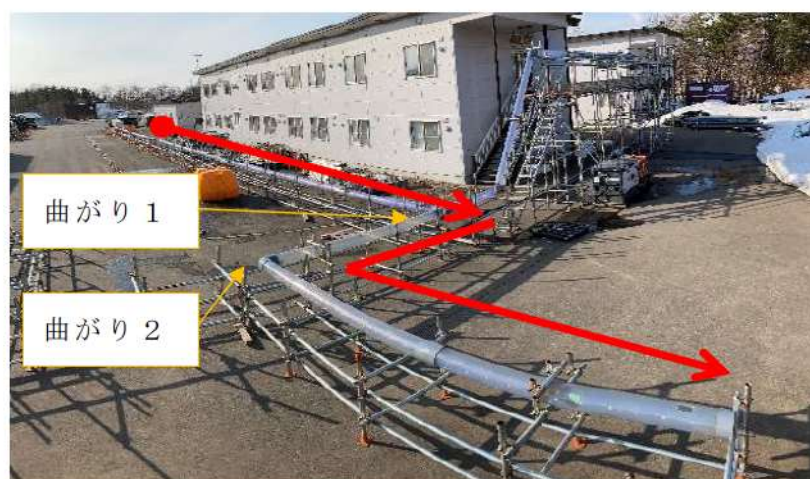
曲がり数：3，管路の長さ：約70m

添付 5-4(1) 図 モックアップ試験装置の全景（ルート1）



曲がり数：2，管路の長さ：約 70m

添付 5-4(2) 図 モックアップ試験装置の全景（ルート 2）



曲がり数：2，管路の長さ：約 70m

添付 5-4(3) 図 モックアップ試験装置の全景（ルート 3）



添付 5-4(4) 図 管内清掃装置進行時の様子

3. 地下水の水質分析結果

泊発電所3号炉周辺の地下水位観測孔から地下水を採取し、水質を確認した結果、地下水は清浄であり、腐食性を示す水質であるため、現時点において集水管及びサブドレン内に各種スケールが大量に生成される水質ではないことを確認している。

次項以降に、採水を行った地下水位観測孔や採水方法、確認項目ごとの水質分析結果を示す。

(1) 採水位置

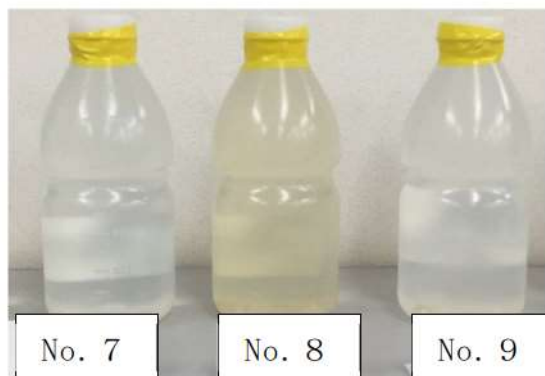
泊発電所3号炉の地下水位観測孔のうち、集水管及びサブドレンに近接している3箇所から地下水を採水し水質分析を実施した。



添付 5-5 図 採水位置図

(2) 採水方法

地下水位観測孔の地下水は、極力地山中の新鮮な地下水を汲み上げるため、採水する前日にあらかじめ孔内に溜まっている水を汲み上げておき、新たに流入してきた地下水を汲み上げるようにした。



添付5-6図 採水した試料

(3) 水質分析試験結果

地下水の水質分析結果を添付5-2表に示す。水質分析の試料となった地下水は清浄であり、腐食性を示す水質であるため、現時点において各種スケールが大量に生成される水質ではないことを確認した。No. 9の電気伝導率が大きい原因は、外海からの水しぶき等により敷地に飛散した塩分を含有しているためと推定される。

添付5-2表 地下水の水質分析結果（令和3年2月25日 採水）

項目	試料名	No. 7	No. 8	No. 9
pH	—	7.3	7.5	6.8
電気伝導率	mS/m	51.5	68.4	526
ランゲリア指数※	—	-0.86（腐食）	-0.64（腐食）	-0.91（腐食）

※ ランゲリア指数とは、水の実際のpHと理論的pH（pHs：水中の炭酸カルシウムが溶解も析出もしない平衡状態にある時のpH）との差のことであり、炭酸カルシウムスケール形成のされやすさの目安となる。ランゲリア指数が正の値で絶対値が大きいほど炭酸カルシウムの析出が起りやすく、ゼロであれば平衡状態にあり、負の値では炭酸カルシウムの被膜は形成されないことを示す。

なお、地下水位観測孔から採水し、ランゲリア指数を分析したのは添付5-2表で示した令和3年2月が初めてであったことから、一定時間経過後にも結果が著しく変化しないことを確認するため、令和4年2月に同じ箇所から採水した試料に対する水質分析結果は添付5-3表のとおりであり、令和3年2月の分析結果と同様に、ランゲリア指数は腐食性を示す結果となっている。

添付5-3表 地下水の水質分析結果（令和4年2月16日 採水）

項目	試料名	No. 7	No. 8	No. 9
pH	—	7.0	7.1	6.2
電気伝導率	mS/m	46.6	63.5	807
ランゲリア指数※	—	-1.38（腐食）	-1.01（腐食）	-1.58（腐食）

地下水排水機能喪失後の猶予時間について

1. はじめに

泊発電所 3 号炉の地下水排水設備に対しては、「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ている。

一方、添付資料 3 に示す泊発電所 3 号炉と島根原子力発電所 2 号炉の比較結果では、万が一の地下水排水設備の機能喪失時には、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発電所 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原子力発電所 2 号炉を比べると、泊発電所 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ている。

次項以降では、地下水排水設備（既設）の供用時に、地下水の排水機能を全喪失した想定で、排水機能に期待できない時間がどの程度継続すると原子炉建屋等の主要建屋の耐震性を損なう可能性があるかを「猶予時間」として算出した結果、約 3 時間となった根拠とその妥当性を示す。

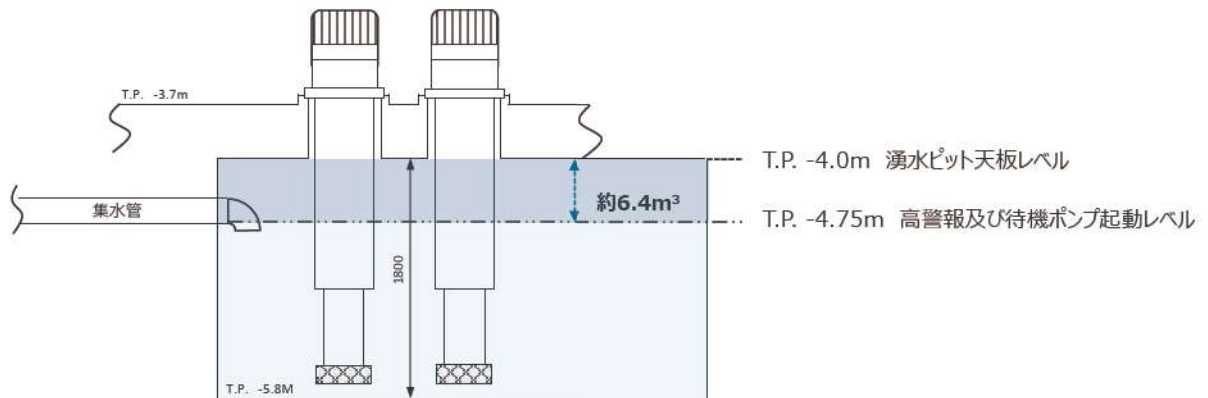
2. 猶予時間の算出

猶予時間の算出は、建屋の耐震性を維持できると想定される地下水位の上限を設定し、当該の地下水位より深部に設置される湧水ピットと集水管で地下水を貯留できる容量（下記 a.）を想定湧水量（下記 b.）で除して算出する。

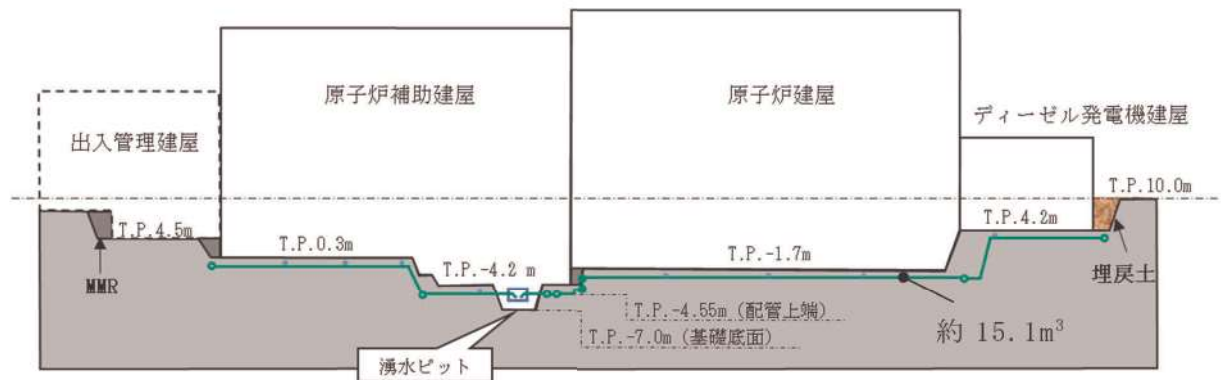
a. 湧水ピットと集水管による貯留可能量

貯留可能量は、地下水排水設備（既設）により地下水の排水機能が維持された状態において、想定される最も高い湧水ピット水位を初期水位とし、初期水位で地下水の排水機能を期待できなくなった以降の水位上昇時に、原子炉建屋等の主要建屋の耐震性を維持できると想定される地下水位より深部において、確実に貯留を見込める容量として算出する。

具体的には、初期水位として湧水ピット水位高警報の発報水位である T.P. -4.75m を想定し、原子炉補助建屋の基礎下端レベルである T.P. -4.2m までの範囲で確実に貯留を見込める容量に加え、建屋の耐震性を維持できると想定される地下水位（3. 項参照）として、T.P. 0m 付近までの範囲で貯留を見込める容量も考慮して算出した。これにより、湧水ピット内容量（約 6.4m³）と集水管内容積（約 15.1m³）の合計 21.5m³ を貯留可能量として設定した。



添付 6-1 図 貯留を考慮する範囲（湧水ピット）



添付 6-2 図 貯留を考慮する範囲（集水管）

b. 想定湧水量（暫定の解析結果）

想定湧水量は、設置許可段階で「設計地下水位の設定方針」の策定を目的に行った暫定の三次元浸透流解析の予測解析で用いた解析モデル（別紙-10「設計地下水位の設定方針について」に詳述）を流用して導出した結果である172.1m³/日を用いる。

添付6-1表に示すとおり、猶予時間の算出結果は約3時間となった。

添付 6-1 表 猶予時間の算出結果

a. 貯留可能量	b. 想定湧水量 (暫定の解析結果)	猶予時間 (a. / b.)
21.5 m ³	172.1 m ³ /日	2 時間 59 分

3. 建屋の耐震性を維持できると想定される地下水位について

原子炉建屋等の主要建屋の設計においては、地下水位による影響は考慮していないものの、仮に揚圧力が作用したとしても、ただちに耐震性が損なわれることはないと考えられる。ここでは、地下水位が上昇した場合の耐震性への影響について検討した。

仮に T.P. 0m まで地下水位が上昇すると想定した場合に揚圧力の影響を受ける範囲は、添付 6-3 図に示すとおり原子炉建屋及び原子炉補助建屋の基礎版の一部範囲と限定的であり、この場合に生じる揚圧力は建屋重量に対して非常に小さいものとなる。

各建屋重量と、T.P. 0m まで地下水位が上昇した場合に想定される揚圧力との割合を添付 6-2 表に示す。

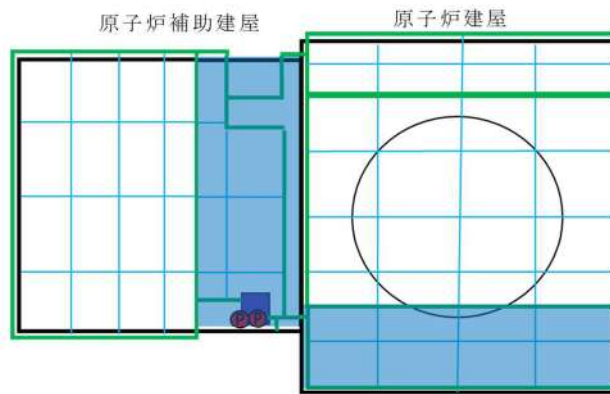
添付 6-2 表 建屋重量と揚圧力 (T.P. 0m 水位) の割合

	①建屋重量	②想定される揚圧力	割合 (②/①)
原子炉建屋	2,343,496 kN	20,382 kN	0.9 %
原子炉補助建屋	1,188,470 kN	58,604 kN	4.9 %

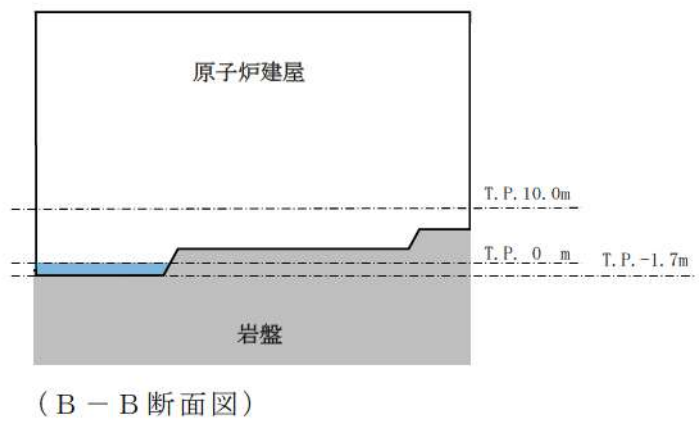
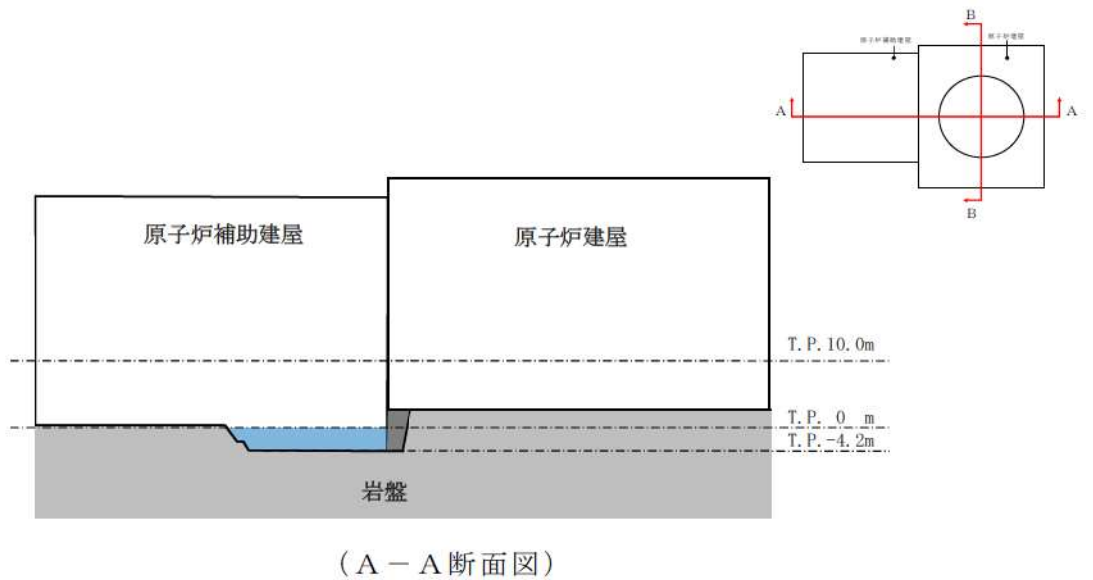
添付 6-2 表に示すとおり、建屋重量に対する揚圧力の割合は、原子炉補助建屋で 5%程度である。

一方、設計時における原子炉補助建屋基礎版の耐震裕度 (必要配筋量/設計配筋量) は、最大で 0.8 程度であることから、仮に T.P. 0m 水位での揚圧力が作用しても、耐震性への影響は小さいものと考えられる。

以上より、地下水位が T.P. 0m 付近まで上昇したとしても、建屋の耐震性は維持できると判断した。



添付 6-3 図 T.P. 0m 水位において揚圧力の影響を受ける範囲 (1/2)



添付 6-3 図 T.P. 0m 水位において揚圧力の影響を受ける範囲 (2/2)