

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	資料1
提出年月日	令和4年10月24日

泊発電所3号炉 地下水排水設備について

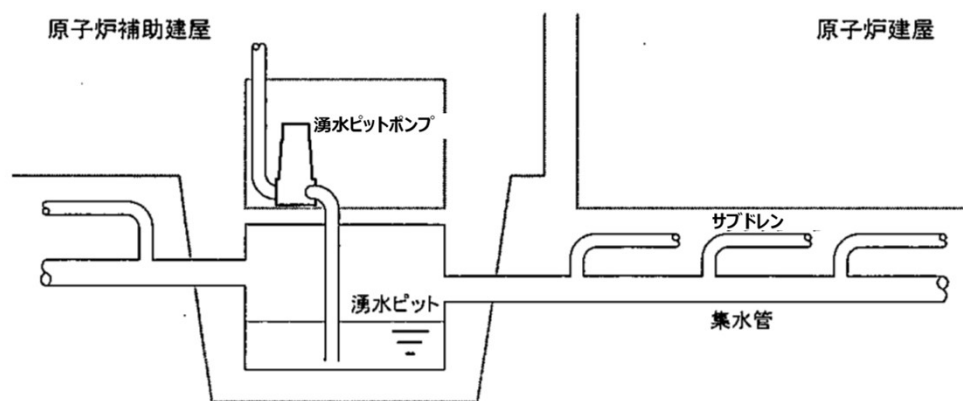
令和4年10月24日
北海道電力株式会社

1.	はじめに	P. 4
2.	設計地下水水位の設定方針	P. 6
3.	地下水排水設備の信頼性向上	P. 8
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	P. 9
4. 2	排水能力	P.27
4. 3	試験又は検査	P.28
5.	設備要件を踏まえた信頼性向上対策	
5. 1	設計上の配慮事項の適用	P.29
5. 2	湧水ピットポンプの排水能力	P.32
5. 3	試験又は検査の実施例	P.33
6.	施設区分	
6. 1	耐震重要度について	P.34
6. 2	安全重要度について	P.35
6. 3	施設区分で定まる要求事項	P.36
7.	運用管理・保守管理上の方針	
7. 1	運用管理及び保守管理に係る位置付け	P.38
7. 2	復旧対応の具体的な例	P.41
8.	防潮堤を設置した先行炉との比較	P.42

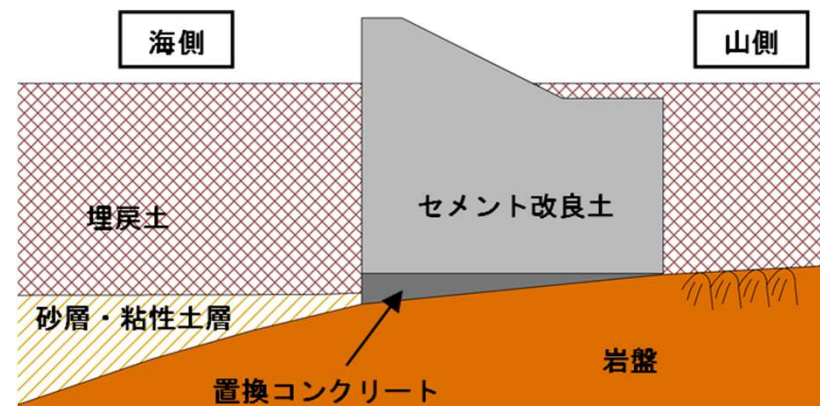
添付資料1	既設の地下水排水設備の概要	P.45
添付資料2	原子炉建屋等の主要建屋の設置断面図	P.52
添付資料3	地下水排水機能喪失から設計条件逸脱までの猶予時間	P.55
添付資料4	地下水の排水経路について	P.60
添付資料5	現行の重要度分類上の位置付けの整理	P.65
添付資料6	集水管およびサブドレンの信頼性確保に係る検討	P.73

1. はじめに

- 泊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(1-1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(1-2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。従って、泊3号炉における施設等(2-1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。



1-1図 地下水排水設備の概念図



1-2図 岩着構造の防潮堤概要図

1. はじめに

○次項以降では、泊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※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A1、A2－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、既存の地下水排水設備(以下、「地下水排水設備(既設)」という。)に施す信頼性向上対策を取り纏めた。

※ 設置許可基準規則第4条「地震による損傷の防止」に関する適合状況説明資料 別紙-10「設計地下水位の設定方針について」に詳述。当該別紙について、以下「別紙-10」という。

2. 設計地下水位の設定方針

2. 設計地下水位の設定方針(1/2)

○別紙-10では、泊3号炉における施設等の設計の基本方針を下記とした上で、施設等の設計地下水位の設定方針を別紙2-1表の通りとしている。

- ・原子炉建屋等の主要建屋は、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。
- ・原子炉建屋等の主要建屋以外の施設等については、地下水排水設備の機能に期待せず、防潮堤設置後の地下水位を三次元浸透流解析による予測解析にて確認し、設計地下水位を改めて設定した上で、揚圧力及び液状化影響を考慮した場合においても、当該施設の機能が損なわれないように設計する方針とする。

2-1表 施設等の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	
	A1,A2-燃料油貯油槽タンク室	
	B1,B2-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ナ室	
	原子炉補機冷却海水管ダクト	
	B1,B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ	
津波防護施設※1	防潮堤	地表面に設定
	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

2. 設計地下水位の設定方針

2. 設計地下水位の設定方針(2/2)

- 2-1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。
- 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、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項以降(p.9～)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した上で必要な対策を定める。

3. 地下水排水設備と設置許可基準規則の関連性

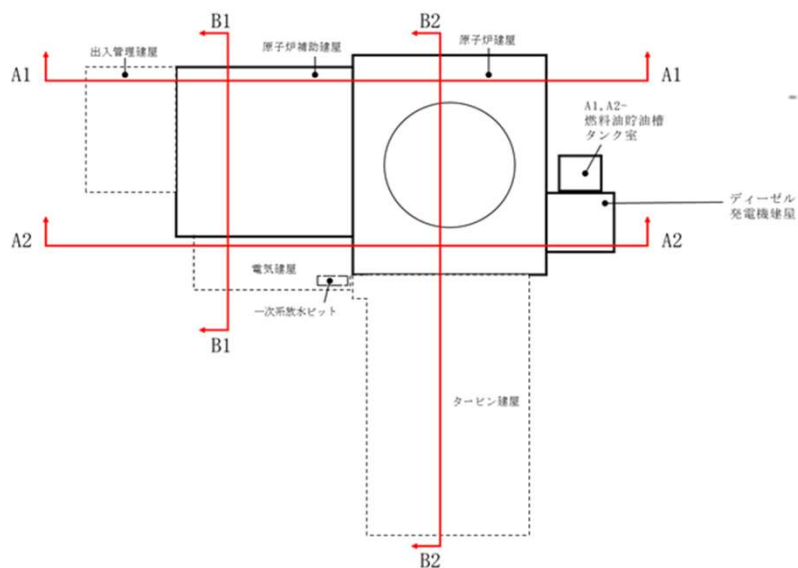
○2項(p.6)で記載したように、別紙-10では原子炉建屋等の主要建屋の設計の基本方針を「地下水排水設備の機能に期待し、建屋基礎底面下に地下水水位を保持することで、**揚圧力を考慮せず設計**する方針とする。」としている。

○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)

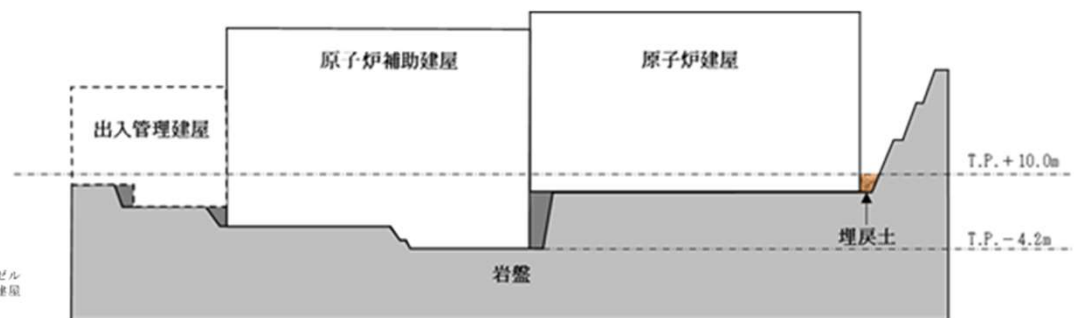
揚圧力影響は建屋の耐震評価で考慮すべき評価条件であるため、泊3号炉では揚圧力影響の排除に期待する目的で設置される地下水排水設備を、設置許可基準規則第4条への適合のために必要な設備と位置付ける。また、設置許可基準規則第39条は第4条と同様の要求であり、第4条への適合をもって第39条への適合性を確認する。

※ 地下水排水設備に対し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評価を行っている第9条「溢水による損傷の防止」の基準適合性と地下水排水設備の関連性については、設置許可基準規則第9条「溢水による損傷の防止」に関する適合状況説明資料で別途説明する

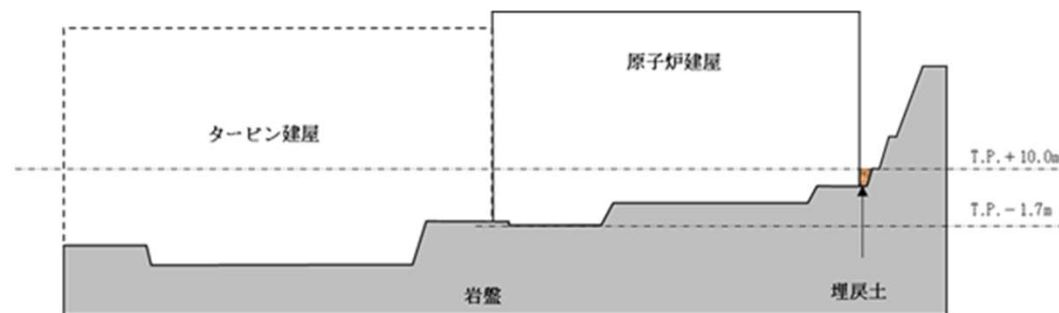


3-1図 断面指示図

(A2-A2断面, B1-B1断面は添付資料2を参照)



3-2図 A1-A1断面図



3-3図 B2-B2断面図

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(1/18)

○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うえで、整理結果を踏まえた分析を実施する。
- ・ 更に、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

①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。

②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。

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(2/18)

③機能喪失時の影響

- 地下水排水設備の機能喪失を想定した場合、泊3号炉では比較的短時間で原子炉建屋等の主要建屋周囲の地下水位が上昇し、建屋の設計条件を逸脱する。(添付資料3)
- 更に、地下水位が上昇して建屋の設計条件を逸脱した状態で基準地震動に相当する規模の地震が発生すると、原子炉建屋等の主要建屋の耐震性に影響が及ぶ可能性がある。
- 以上を踏まえ、ある一定の期間において地下水の排水機能が喪失する状態を許容した上で、補修作業や代替措置によって地下水の排水機能を復旧又は維持することは選択肢として考慮せずに、地下水排水設備の設備要件を定める。

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(3/18)

(2) 分析項目(1/2)

(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(分析1~4)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、前提条件として整理した機能喪失時の影響も考慮のうえ、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、4-1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(4-2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(4-3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(4-4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。

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(4/18)

(2) 分析項目(2/2)

【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(4-5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。

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(5/18)

【分析1】

(3) 想定する機能喪失要因の抽出(分析1)(1/3)

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(4-1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機能喪失する可能性のある事象から除外した。

4-1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
第3条 地盤	—	● 本条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	—
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	—	● 本条文は、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	—	● 本条文は、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	—	● 本条文は、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5)	—
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	—	● 本条文は、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	—	● 本条文は、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	—	—	

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(6/18)

【分析1】

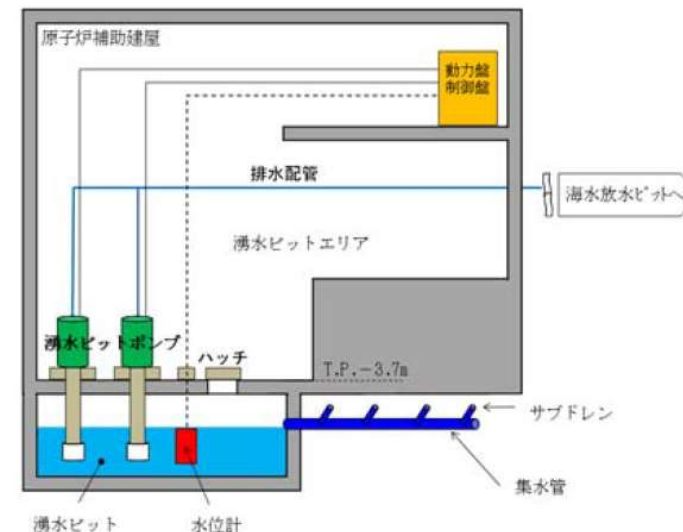
(3) 想定する機能喪失要因の抽出(分析1)(2/3)

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、4-2表のとおり設定する。

4-2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



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(7/18)

【分析1】

(3) 想定する機能喪失要因の抽出(分析1)(3/3)

○標準的な地下水排水設備の構成部位を設定した上で、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。

<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となる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、**地下水排水設備の全ての構成部位が屋外に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4-3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、4-6表(p.25)のとおり設計上の配慮を行う。

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(8/18)

【分析1】

4-3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	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
		耐震無し															
支持機能	ピット・ ピットエリア	○*3	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
		耐震無し															
排水機能	排水配管	×	×	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
		リーク・ 閉塞	耐震無し				飛来物の影 響の可能性 有り	間欠通水 のため凍結 の可能性有 り									
	排水ポンプ	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	
		継続運転 失敗・ 起動失敗	耐震無し		台風による 二次的影響 の可能性有 り	飛来物の影 響の可能性 有り	制御系の低 温により機 能喪失の可 能性有り	電気系統の 漏水による 機能喪失の 可能性有り	電気系統の 漏水による 機能喪失の 可能性有り	落雷による 機能喪失の 可能性有り	火山灰の影 響により機 能喪失の可 能性有り	小動物の侵 入による機 能喪失の可 能性有り	航空機と軽 油タンクの 重量火災に よる機能喪 失の可能性 有り	地絡・短絡 等を起因と する火災に よる機能喪 失の可能性 有り	溢水の影 響により機 能喪失の可 能性有り		
監視・ 制御機能	制御盤 動力盤	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	-
		不動作・ 誤動作	耐震無し		台風による 二次的影響 の可能性有 り	飛来物の影 響の可能性 有り	制御系の低 温により機 能喪失の可 能性有り	電気系統の 漏水による 機能喪失の 可能性有り	積雪荷重で の損傷の可 能性有り	落雷による 機能喪失の 可能性有り	火山灰の影 響により機 能喪失の可 能性有り	小動物の侵 入による機 能喪失の可 能性有り	航空機と軽 油タンクの 重量火災に よる機能喪 失の可能性 有り	地絡・短絡 等を起因と する火災に よる機能喪 失の可能性 有り	溢水の影 響により機 能喪失の可 能性有り	誤操作によ る機能喪失 の可能性有 り*4	
	水位計	×	×	○	○	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○
不動作・ 誤動作	耐震無し				飛来物の影 響の可能性 有り				落雷による 機能喪失の 可能性有り								
電源機能	電源*1 (非常用DG)	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		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いため、短時間で閉塞する可能性は十分に小さい

*3：ピットは集水管類からの土砂供給が非常に少ないため、短時間で閉塞する可能性は十分に小さい

*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り扱いとする

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. 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(9/18)

【分析2】

(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>

- ・ 4-4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、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る。
- ・ 4-4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。

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(10/18)

【分析2】

4-4表 地下水排水設備の機能喪失と同時に発生する可能性のある事象の分析(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部分喪失	原子炉冷却材系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	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炉心冷却系の誤起動	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												
	地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
		地下水排水設備が機能喪失するが、地震加速度大によるトリップ信号発信及び制御棒挿入により、上記の過渡事象は発生しない												
	風(台風)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
		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												
	竜巻	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
		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												
	凍結	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
		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												
	降水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
		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												
	降雪	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
		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												
	落雷	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
		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												
火山	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	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													
生物学的影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	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													
森林火災(外部火災)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	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													
内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	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													
内部溢水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	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あり、ただし、過渡事象は起きない。 ×：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。

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(11/18)

【分析2】

4-4表 地下水排水設備の機能喪失と同時に発生の可能性のある事象の分析(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固着	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	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		地下水排水設備の機能喪失により上記の設計基準事故が発生することはない									
	地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		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									
	風(台風)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		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									
	竜巻	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		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									
	凍結	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		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									
	降水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		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									
	降雪	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		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									
	落雷	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		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									
	火山	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
		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									
生物学的影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	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										
森林火災(外部火災)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	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										
内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	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										
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										

凡例△：地下水排水設備の機能喪失あり、ただし、設計基準事故は起きない。 ×：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。

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(12/18)

【分析2】

4-4表 地下水排水設備の機能喪失と同時に発生の可能性のある事象の分析(3/3)

		重大事故等																				
		2次冷却系からの除熱機能喪失	全交流動力源喪失	原子炉補機冷却機能喪失	原子炉格納容器の除熱機能喪失	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	雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧破損)	雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過温破損)	高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	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・コンクリート相互作用	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	反応度の誤投入	全交流動力源喪失(停止時)	
地下水排水設備の機能喪失要因	機器故障	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	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																					
	風(台風)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	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																					
	竜巻	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	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																					
	凍結	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	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																					
	降水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	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																					
	降雪	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	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																					
	落雷	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	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																					
	火山	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
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																						
生物学的影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
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																						
森林火災(外部火災)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
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で発生

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(13/18)

【分析3】

(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>

- ・ 4-5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。

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(14/18)

【分析3】

4-5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部分喪失	原子炉冷却材系の停止ループの誤起動	主給水流量喪失	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	出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	外部電源喪失
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													
地下水排水設備が機能喪失し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													
	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固着	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													
地下水排水設備が機能喪失し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													

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(15/18)

【分析3】

4-5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次冷却系からの除熱機能喪失	全交流動力電源喪失	原子炉補機冷却機能喪失	原子炉格納容器の除熱機能喪失	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	雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧破損)	雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過温破損)	高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	原子炉压力容器外の溶融燃料/冷却材相互作用	水素燃焼	溶融炉心・コンクリート相互作用	想定事故1	想定事故2	崩壊熱除去機能喪失(余熱除去系による停止時冷却機能喪失)	原子炉材の流出	反応度の投入
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																		
地下水排水設備が機能喪失し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																		

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(16/18)

(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4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係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、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4-6表のとおり整理した。
- ◆ 分析2の結果からは分析1と同様の対策(4-6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(4-6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。
- ◆ また、上記のような信頼性向上の観点からの対策を行ってもなお、機器故障により地下水排水設備1系列が動作不能となる状態も考え、可搬型水中ポンプを用いた機動的な措置について手順等の整備を行う。
(7項(p.38~)参照)

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(17/18)

4-6表 機能喪失要因とこれを踏まえた設計上の配慮事項

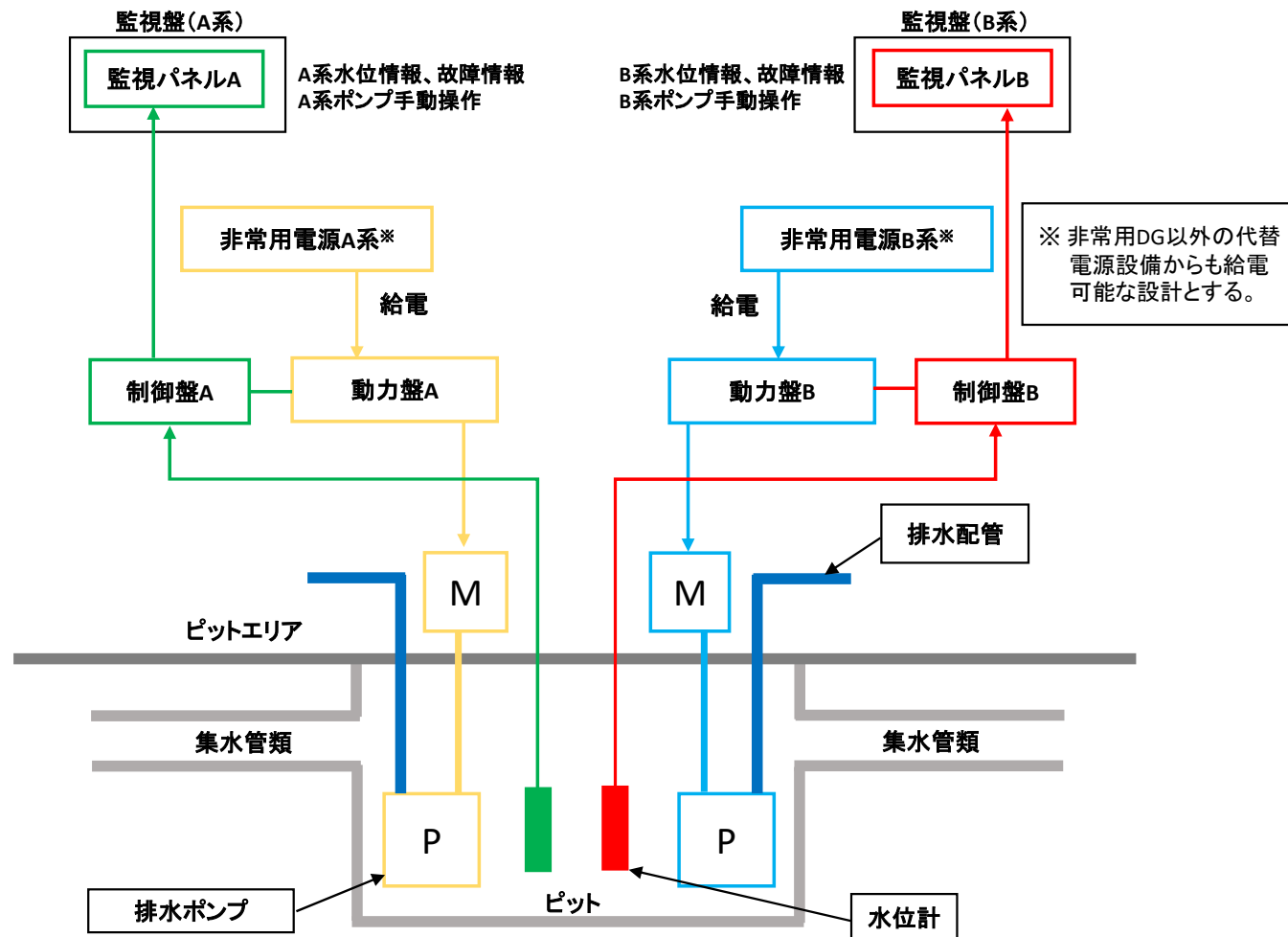
機能	構成部位	機能喪失要因	配慮事項
集水機能	集水管類	地震	• Ss 機能維持することにより集水機能を確保
支持機能	ピット・ピットエリア	地震	• Ss 機能維持することにより支持機能を確保
排水機能	排水配管	機器故障 (リーク・閉塞)	• 配管の多重化による機能維持
		地震	• Ss 機能維持することにより排水機能を確保
		竜巻	• 飛来物対策により排水機能を維持
		凍結	• 凍結対策により機器類の機能を維持
	排水ポンプ	機器故障 (継続運転失敗・起動失敗)	• 機器類の多重化による機能維持
		地震	• Ss 機能維持することにより機器類の機能を確保
		台風、竜巻	• 飛来物対策により機器類の機能を維持
		凍結	• 凍結対策により機器類の機能を維持
		降水	• 降水対策により機器類の機能を維持
		積雪	• 積雪対策により機器類の機能を維持
		落雷	• 落雷対策により機器類の機能を維持
		火山	• 火山灰対策により機器類の機能を維持
		生物学的事象	• 小動物の侵入対策により機器類の機能を維持
		森林火災 (外部火災)	• 外部火災対策により機器類の機能を維持
内部火災 内部溢水	• 共通要因故障に配慮した配置		
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を図ることとし、片系が機能喪失した場合には設定水位に到達時にもう片系の水位計の検知によりバックアップ
		地震	• Ss 機能維持することにより監視・制御機能を確保
		竜巻	• 飛来物対策により監視・制御機能を維持
		落雷	• 落雷対策により監視・制御機能を維持
	火山	• 火山灰対策により監視・制御機能を維持	
電源機能	電源 (非常用 DG)	機器故障 (起動失敗)	• 多重化による機能維持

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(18/18)

(7) 監視・制御機能及び電源接続の系統構成

○4-6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4-1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。



4-1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. 地下水排水設備の設備要件

4.2 排水能力

- 地下水排水設備の排水能力は、設計及び工事計画認可段階(以下、「設工認段階」という。)で防潮堤設置後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-10参照)。
- また、設工認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. 地下水排水設備の設備要件

4.3 試験又は検査

- 前述(p.9)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、7項(p.38)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。

5. 設備要件を踏まえた信頼性向上対策

5.1 設計上の配慮事項の適用(1/3)

- 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。
- 5-1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(4-6表)と地下水排水設備(既設)の設備仕様を比較した結果として、信頼性向上のために地下水排水設備(既設)に改造が必要な構成部位と対策内容を整理した。
- なお、排水配管は現状その一部が電気建屋に敷設されており、湧水ピットに集水した地下水を電気建屋内の一次系放水ピットに排水し、海に繋がる放水路へ導く構造となっている。(添付資料4)
- 今後、新たに策定される基準地震動に対して、電気建屋内の排水配管や一次系放水ピットの耐震性を確保することが困難な場合には、耐震性を有する排水配管を新規設置する等の対策を施し、地震時及び地震後においても地下水の排水機能を損なうことがない設計とする。

5.1 設計上の配慮事項の適用(2/3)

5-1表 地下水排水設備(既設)の信頼性確保に必要な対策

機能	構成部位	配慮事項	設備概要 (信頼性向上対策の適用後)	設備概要 (既設)
集水機能	集水管 サブドレン	Ss 機能維持	<p>【信頼性確保に必要な対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> 下図で示される全範囲を Ss 機能維持し、原子炉補助建屋内に設置。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水排水設備 (既設) は Ss 機能維持、多重性の配慮次項を満足していない。
支持機能	湧水ピット 湧水ピットエリア	Ss 機能維持	<ul style="list-style-type: none"> (Ss 機能維持の確認方法は別紙 11-9 表参照) 排水配管、動力盤、制御盤、水位計を多重化・ 	<ul style="list-style-type: none"> 下図を含む地下水排水設備 (既設) の設備概要は添付資料 1 参照
排水機能	排水配管	多重化		
	湧水ピットポンプ			
監視・制御機能	動力盤 制御盤	Ss 機能維持 屋内配置		
	水位計			
電源機能	電源 (非常用DG)	多重化	<ul style="list-style-type: none"> 代替非常用発電機等からも電源供給可能とする (上図※) 	<ul style="list-style-type: none"> 多重性を有する非常用DGを設置

5.1 設計上の配慮事項の適用(3/3)

5-2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・ 机上評価	<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。
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・ 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・ 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. 設備要件を踏まえた信頼性向上対策

5.2 湧水ピットポンプの排水能力

○4項述べたとおり、地下水排水設備の排水能力は、設工認段階で予測解析を実施し、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、5-3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。

5-3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）

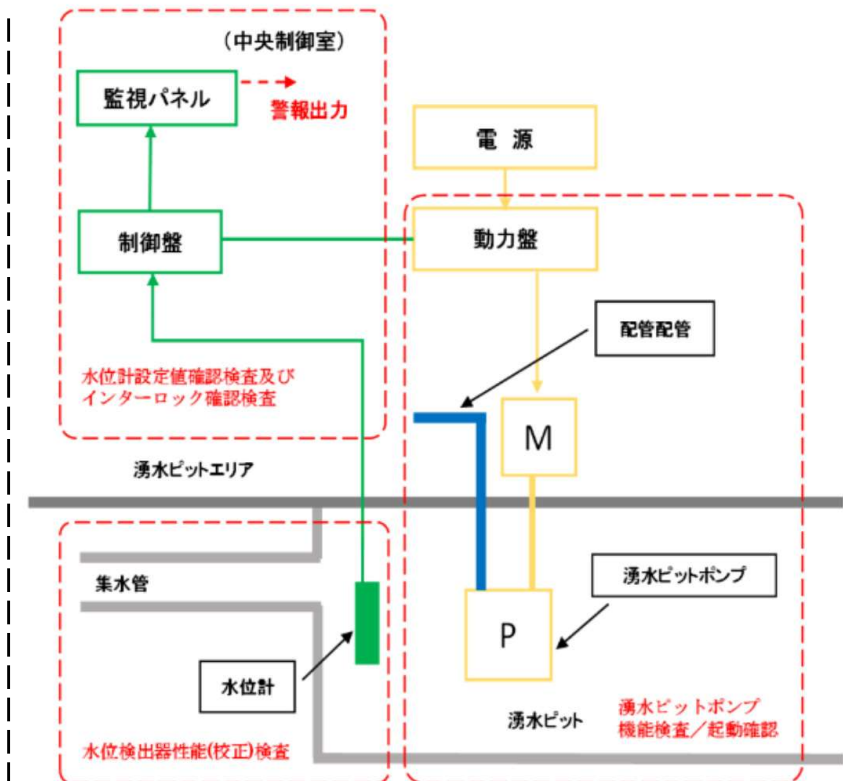
5. 設備要件を踏まえた信頼性向上対策

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である。5-4表に試験又は検査の例を、5-1図には検査項目と範囲を示す。
- 今後、5-1表で示した信頼性向上対策を地下水排水設備(既設)に施し、プラント運転中及び設備点検後に試験又は検査を実施することで、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を維持する設計とする。

5-4表 地下水排水設備に係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6)	別途、保全計画にて定める



5-1図 地下水排水設備の試験又は検査項目と範囲

6. 施設区分

6.1 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クラスに分類できる。(添付資料5)

6. 施設区分

6.2 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。
- また、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、系統および機器ではなく、「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、系統および機器」の何れにも分類されていない。(添付資料5)
- 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、地下水排水設備の設計上の考慮事項の程度を確認する。
- 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、系統および機器を「当該系」、当該系が機能を果たすのに必要な構築物、系統および機器を「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(以下、「間接関連系」という。)に分類している。
- 間接関連系について、重要度分類指針の「Ⅳ. 分類の適用の原則」には「間接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」とされているため、地下水排水設備は、原子炉建屋等の主要建屋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間接間連系と同位の設備として扱い、安全重要度はクラス2相当と位置付ける。

6. 施設区分

6.3 施設区分で定まる要求事項(1/2)

○施設区分の確認結果(耐震Cクラス/クラス2相当)から、地下水排水設備に課せられる要求事項を確認し、4項で検討した設備要件と比較する。

(1) 耐震性

- 地下水排水設備が耐震Cクラスに分類されるのに対し、4-6表で示したとおり、地下水排水設備はSs機能維持を設備要件としており、4項で定めた設備要件は施設区分から定まる要求事項を満足している。

(2) 設計上の考慮

- 重要度分類指針の「解説V. 安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する設計上の考慮について」で示されるクラス2の設備に対する設計上の考慮と、4項の4-6表で定めた設備要件を比較した結果、設備要件は地下水排水設備の施設区分から求められる設計上の考慮を満足していることを、以下のとおり確認した。

①信頼性に対する設計上の考慮

- ◆ 重要度分類指針では、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計、単一故障の考慮、外部電源喪失時の機能維持の要求を適用する対象は、MS-1の系統並びにPS-1の一部及びMS-2の一部とされている。具体的には、PS-1のうち原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離弁、MS-2のうち事故時のプラント状態の把握機能が示されているが、地下水排水設備の担う建屋の耐震性を維持する機能は、これらと同位に位置付けられる機能ではない。
- ◆ しかし、4項で策定した設備要件では、地下水排水設備が多数の重要安全施設や重大事故等対処施設を内包する建屋の機能維持に必要なことを踏まえ、多重性や単一故障、非常用電源との接続も考慮して設備要件を定めている。

6. 施設区分

6.3 施設区分で定まる要求事項(2/2)

②自然現象に対する設計上の考慮

- ◆ 重要度分類指針では、地震以外の想定される自然現象に対する設計上の考慮の要求を適用する対象は、クラス1に加えクラス2のうち自然現象の影響を受けやすいもの等とされている。具体的には、自然現象の影響を受けやすいものとして、クラス2のうち補助建屋排気筒(PWR)のほか、関連系としてクラス2に相当する建物等が示されている。ここで、クラス2相当と整理した地下水排水設備は、重要度分類指針にある「関連系としてクラス2に相当する建物等」と同位の設計上の考慮を適用すべき設備と位置付ける。
- ◆ これに対し、4項では地下水排水設備に対する自然現象の影響に配慮した設備要件を定めており、重要度分類指針でクラス2に求められる設計上必要な考慮事項を満足している。

③電気系統に対する設計上の考慮

- ◆ 重要度分類指針では、非常用所内電源からも電力の供給が受けられることが要求される対象は、クラス1に加え、クラス2の一部とされている。具体的には、非常用所内電源への接続が求められるクラス2として、使用済燃料プール水の補給機能と異常時の対応上特に重要な機能とされ、後者の機能を有するものとして、事故時監視計器の一部、制御室外からの原子炉停止装置、PWRの加圧器逃がし弁(手動開閉機能)及び同元弁が示されている。ここで、地下水排水設備の担う建屋の耐震性を維持する機能は、重要度分類指針にある「異常時の対応上特に重要な機能」と同位の設計上の考慮を適用すべき設備と位置付ける。
- ◆ これに対し、地下水排水設備は非常用電源との接続も考慮した設計としており、重要度分類指針でクラス2に求められる設計上必要な考慮事項を満足している。

7. 運用管理・保守管理上の方針

7.1 運用管理及び保守管理に係る位置付け(1/3)

○地下水排水設備の運用管理、保守管理に係る事項をQMS文書に定める。具体的には、運用管理については、必要な手順を整備したうえで管理していく。また、保守管理については、予防保全対象として管理していく。

(1) 運用管理の方針(案)

- ・ QMS文書において、地下水排水設備が動作可能であることを定期的を確認することを定める。
- ・ QMS文書において地下水排水設備の運転管理方法を定める。

【具体的な対応】

- ・ 地下水排水設備の運用に係る体制、確認項目、対応等を整備する。
- ・ 地下水排水設備1系列が動作不能となった場合に、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を定める。

【可搬型水中ポンプの配備について】

- ・ 地下水排水設備は高い信頼性を確保する設計とするものの、それでもなお、地下水排水設備の故障により、地下水排水設備1系列が動作不能となった場合を想定し資機材として可搬型水中ポンプを配備する。
- ・ 地下水排水設備は、常時待機状態の緩和系とは異なり、比較的高い頻度での稼働が必要な設備である。こうした性質を勘案して、機器の故障が発生しても可搬型水中ポンプでの対応が可能となるよう必要台数を配備する。(7-1表参照)

7-1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

7. 運用管理・保守管理上の方針

7.1 運用管理及び保守管理に係る位置付け(2/3)

(2) 保守管理の方針(案)

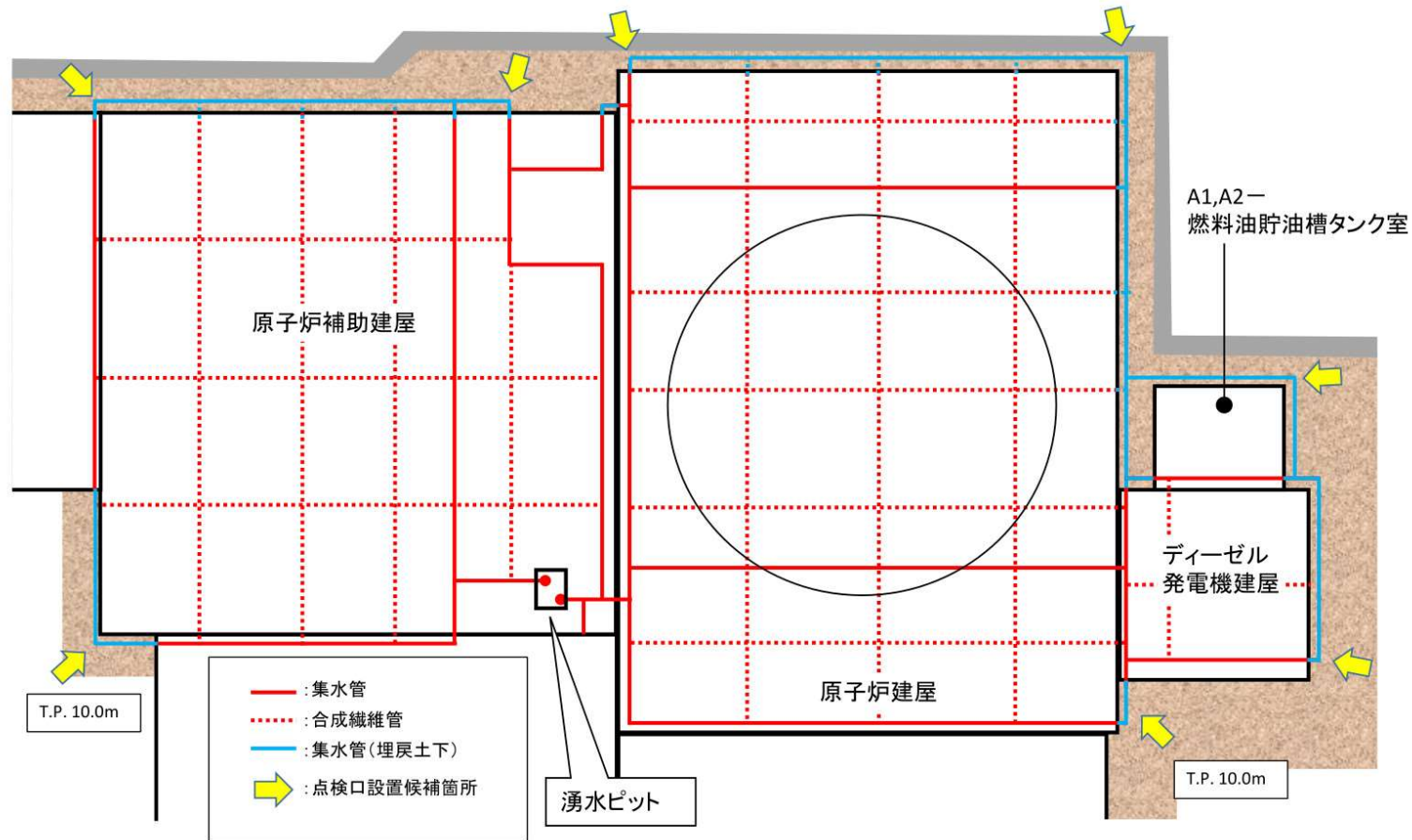
- ・ 保全計画の策定では、地下水排水設備をクラス2相当として保全重要度を設定し、その他クラス2設備と同様に「予防保全」の対象と位置付け管理していく。
- ・ 地下水排水設備が故障した場合に備え可搬型水中ポンプを確保した上で、機器故障時には原因調査を行い補修する。

【集水管の内部確認と清掃について】

- ・ 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。(7-1図参照)
- ・ 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。
- ・ 集水管及びサブドレンの信頼性確保に係る検討については、添付資料6に詳細を示す。

7. 運用管理・保守管理上の方針

7.1 運用管理及び保守管理に係る位置付け(3/3)



7-1図 点検口の設置候補箇所

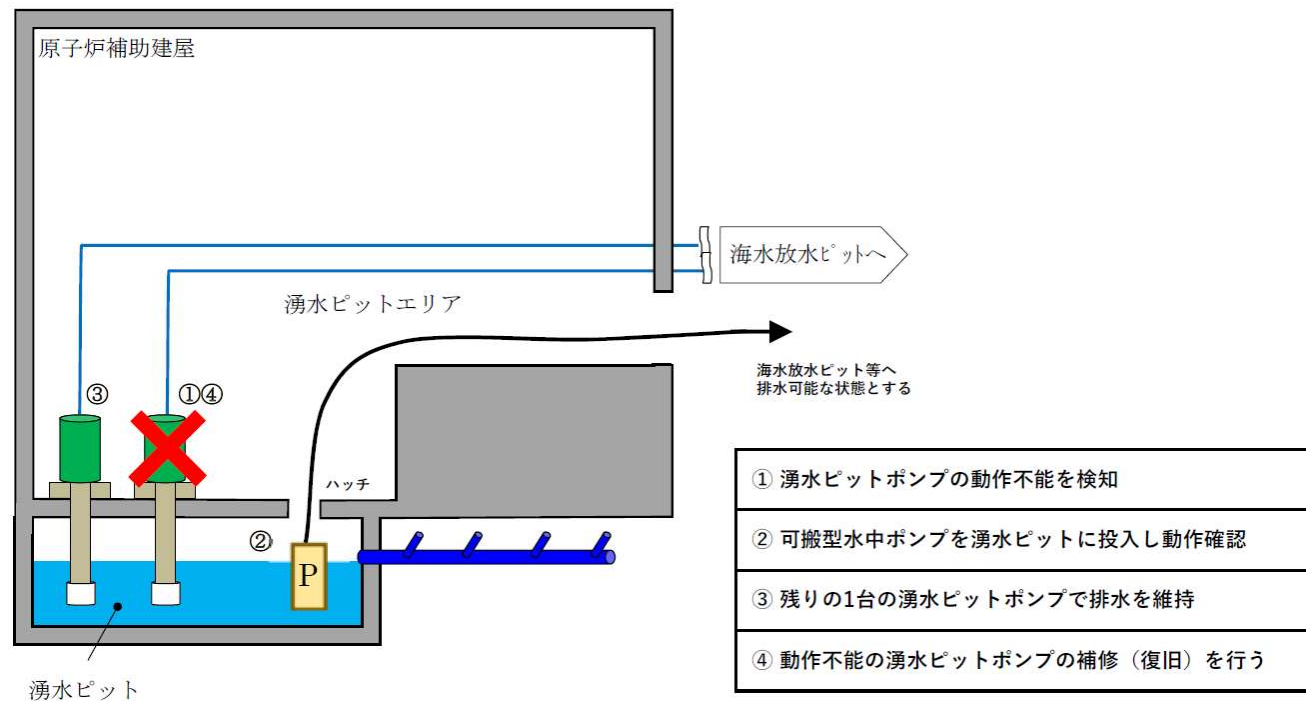
7. 運用管理・保守管理上の方針

7.2 復旧対応の具体的な例

○地下水排水設備1系列が動作不能となった場合における、復旧用可搬ポンプの運用例を4-5図に示す。

○地下水排水設備1系列が動作不能の場合は、7-1表で示した復旧用可搬ポンプを設置し、動作不能の1系列の機器補修を行う。その期間、地下水排水設備1系列が動作可能であれば、湧水ピットの水位を一定の範囲に保持することが可能である。

○上記により2系列動作可能な状態に復帰する。



7-2図 可搬型水中ポンプの運用例
(湧水ピットポンプが動作不能な場合)

8. 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。
- 8-1表では、泊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3号炉の地下水排水設備は、比較項目のうち「地下水の排水を期待する施設等」や「関連する設置許可基準規則の条項」が類似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。

8. 防潮堤を設置した先行炉との比較

8-1表 先行電力との比較

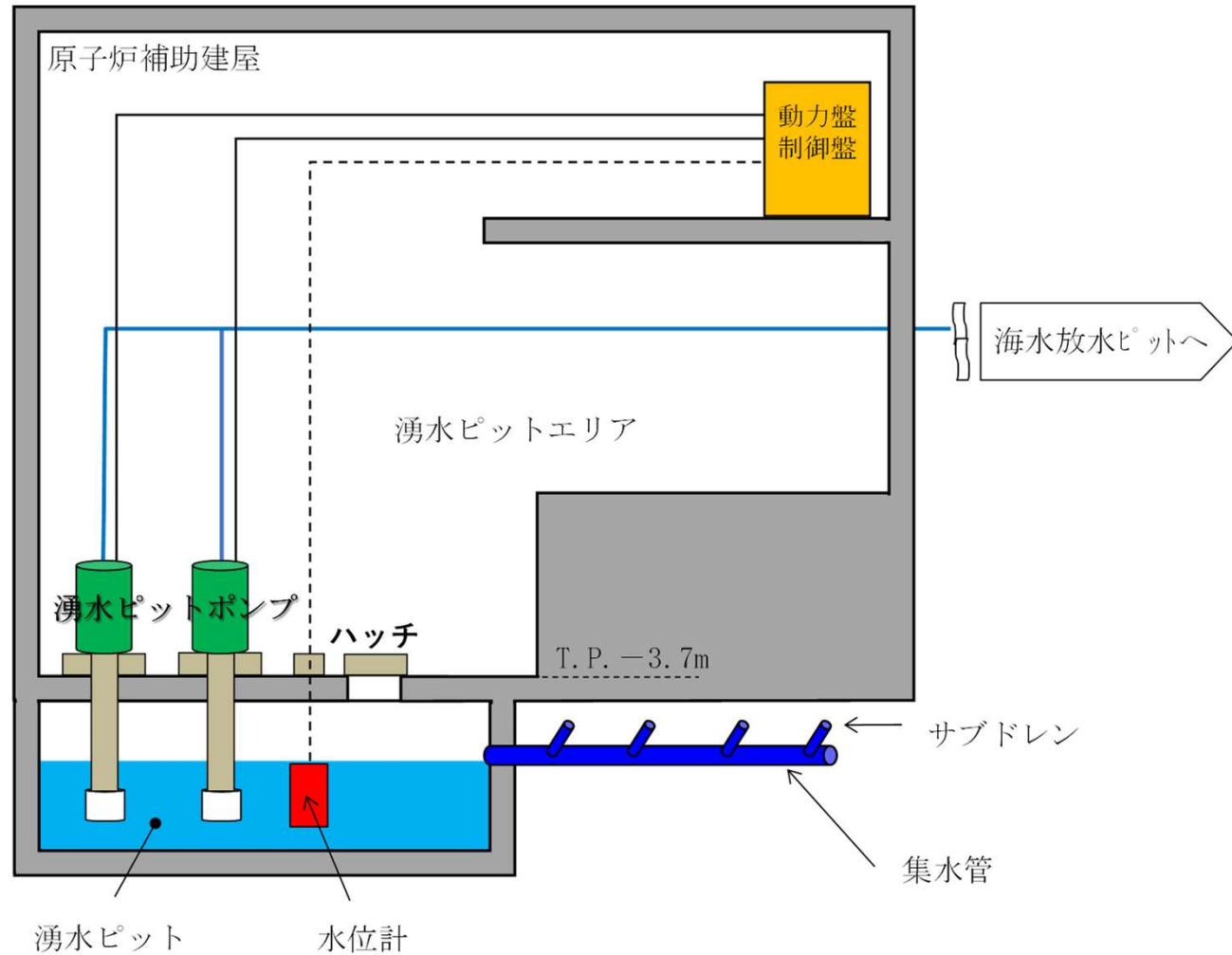
比較項目	泊発電所3号炉（信頼性向上対策の施工後）	女川原子力発電所2号炉（新設）	島根原子力発電所2号炉（新設）
地表面から原子炉建屋基礎下までの深さ	原子炉建屋：約10m 原子炉補助建屋：約15m	約30m	約20m
原子炉建屋基礎地盤のせん断波速度	平均2.1km/s	平均約1.4km/s	平均1.64km/s
集水ピットの配置	原子炉補助建屋内に湧水ピットを設置	建屋基礎下より深部に揚水井戸を設置（新設）	建屋基礎下より深部に揚水井戸を設置（新設）
地下水排水設備/地下水水位低下設備の機能に期待して耐震評価等を行う施設	原子炉建屋等の主要建屋（原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋及びA1,A2-燃料油貯油槽タンク室）	液状化影響を受ける「敷地広範囲」の施設等（屋外重要土木構造物等を含む）	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）
設計地下水水位	<ul style="list-style-type: none"> 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、建屋基礎底面下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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水水位低下設備の機能に期待する建物、構築物は基礎底面下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	<ul style="list-style-type: none"> Ss機能維持 多重化、外部事象への配慮、非常用電源確保等（クラス2相当の要求を満足する4項で定めた設備要件を適用） 	<ul style="list-style-type: none"> Ss機能維持 クラス1相当で設計 	<ul style="list-style-type: none"> Ss機能維持 多重化、外部事象への配慮、非常用電源確保等
機能喪失時の猶予時間	約1時間	約24時間	—
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範囲を点検可能とする（7項参照）	集水管は直管のみで構成されており、保守管理性に優れる	集水管は直管のみで構成されており、保守管理性に優れる
関連する設置許可基準規則の条項	4条、9条、39条	3条2項、4条、5条、38条2項、39条、40条、43条	3条2項、4条、38条2項、39条
地下水排水機能/地下水水位低下設備のイメージ図			

※ 先行炉である女川、島根の情報に係る記載内容については、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

既設の地下水排水設備の概要

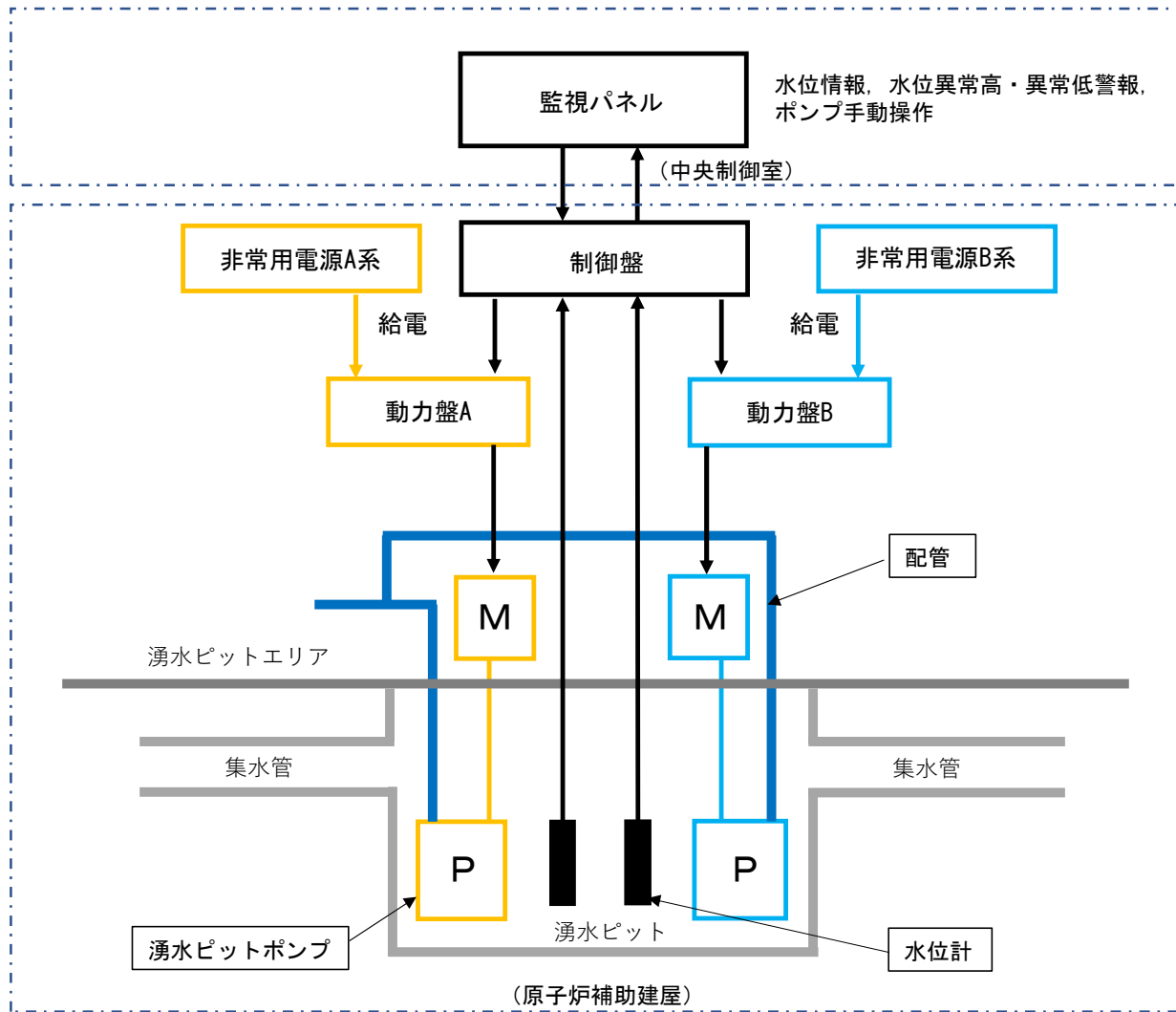
- 既設の地下水排水設備は、集水機能(集水管およびサブドレン)、支持機能(湧水ピットおよび湧水ピットエリア)、排水機能(湧水ピットポンプおよび排水配管)、監視制御機能(制御盤および水位計)および電源機能(電源)を有する設備である。原子炉建屋等の主要建屋の直下およびその周囲に敷設された集水管(硬質ポリ塩化ビニル製有孔管: ϕ 200mm)とサブドレン(ポリプロピレン樹脂製合成繊維管: ϕ 100mm)を介して地下水を湧水ピットに集水し、湧水ピットポンプ・配管を介して、海に繋がる放水路へ導く構造となっている。
- 湧水ピット水位が、通常運転範囲の水位を超えるT.P.-4.85m以上に上昇すると、水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、敷設状況断面図を添付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。

既設の地下水排水設備の概要



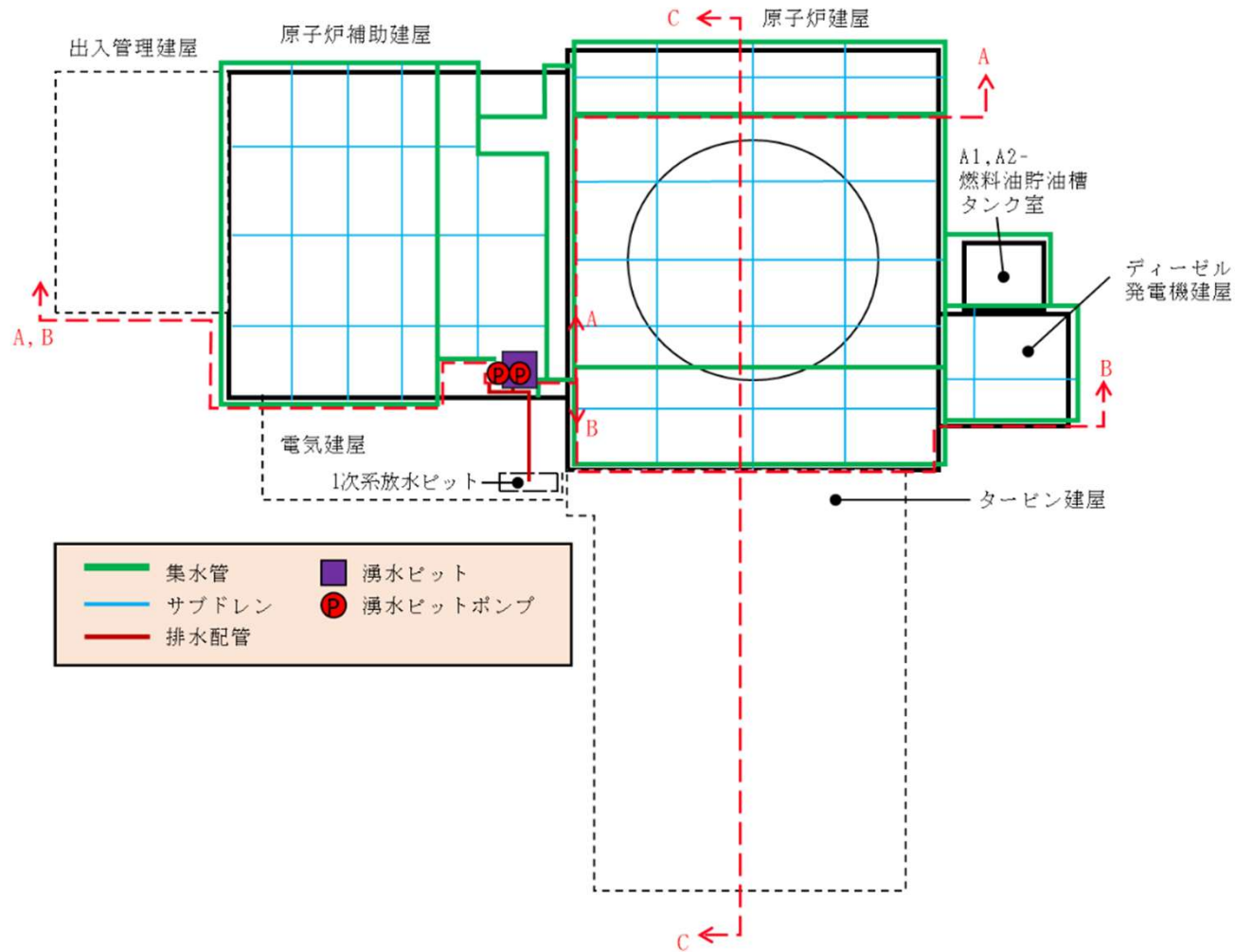
添付1-1図 設備構成イメージ

既設の地下水排水設備の概要



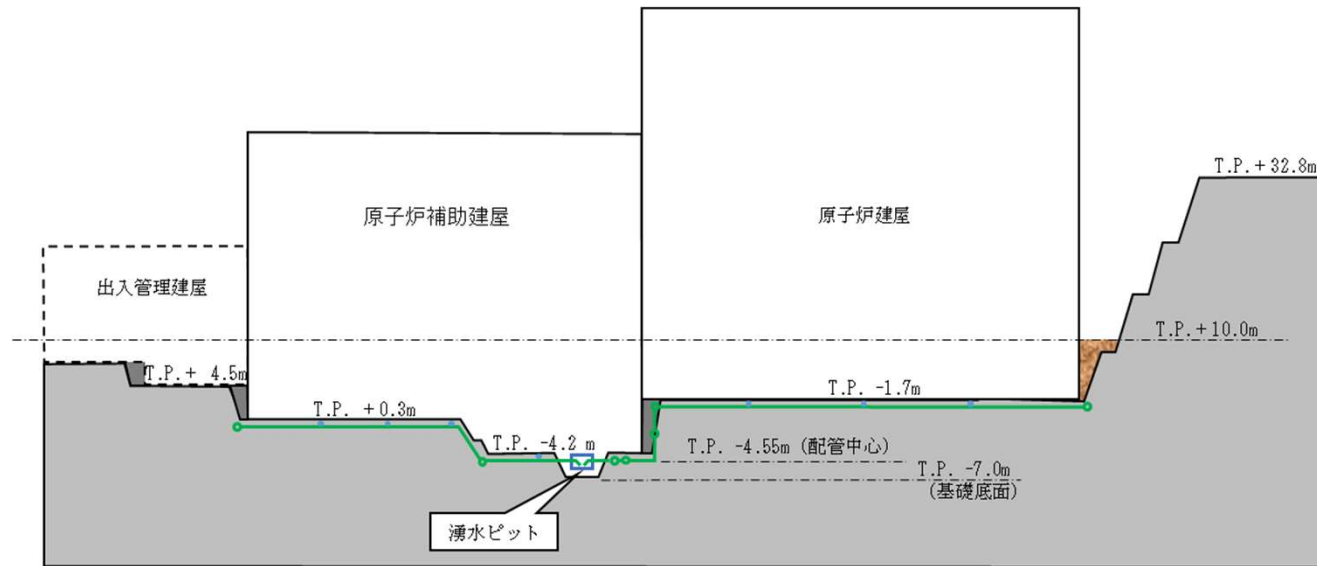
添付1-2図 電源系,監視・制御系の系統構成概要

既設の地下水排水設備の概要

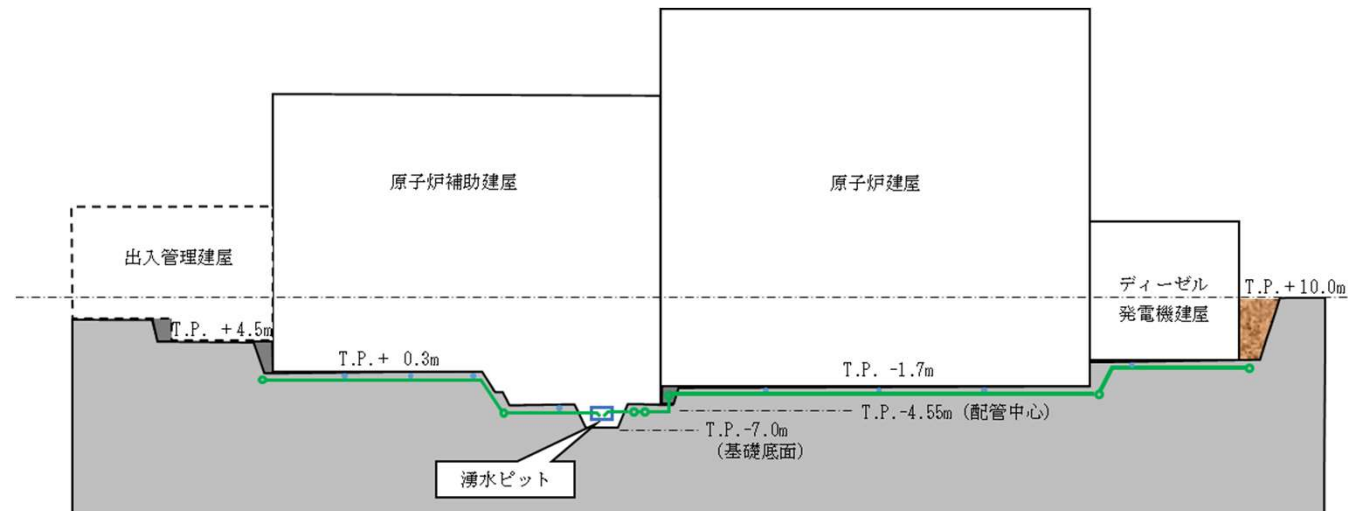


添付1-3図 地下水排水設備の配置

既設の地下水排水設備の概要

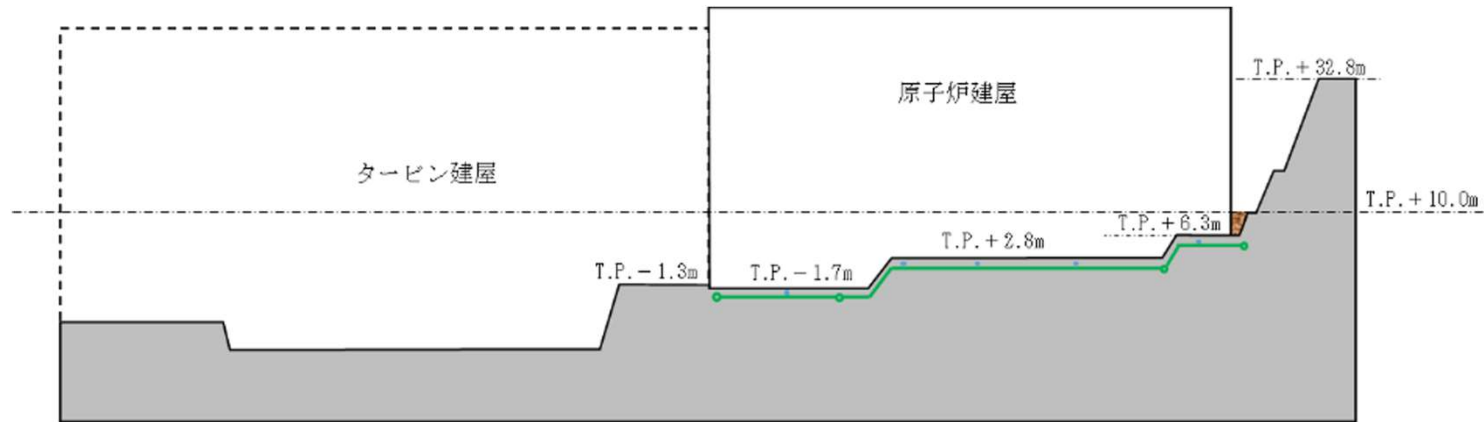


添付1-4 (1) 図 集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベル
(添付1-3図のA-A)

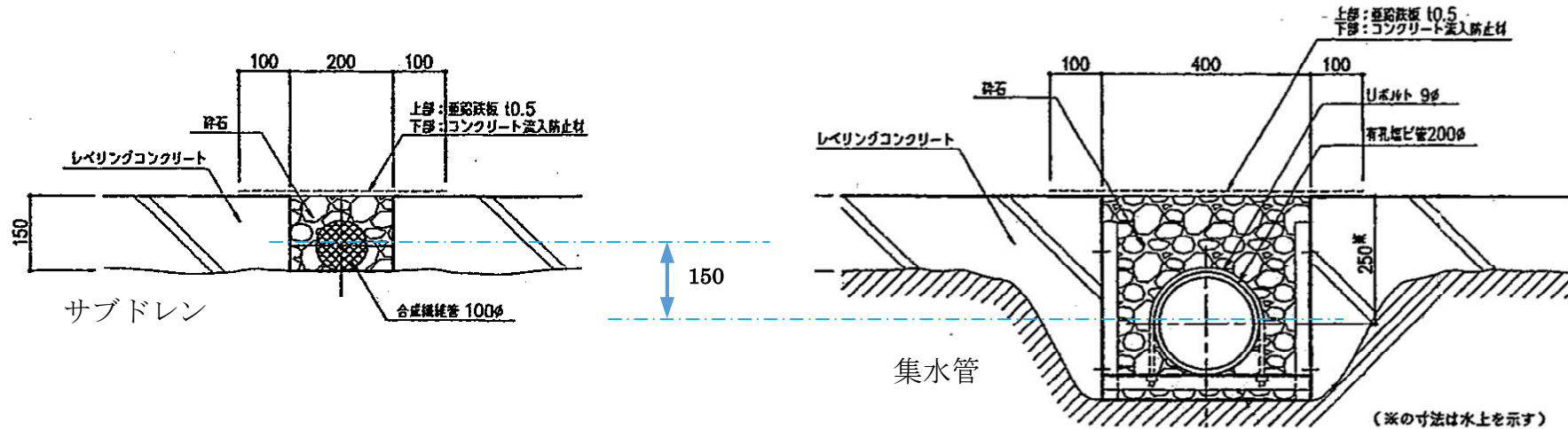


添付1-4 (2) 図 集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベル
(添付1-3図のB-B)

既設の地下水排水設備の概要



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)



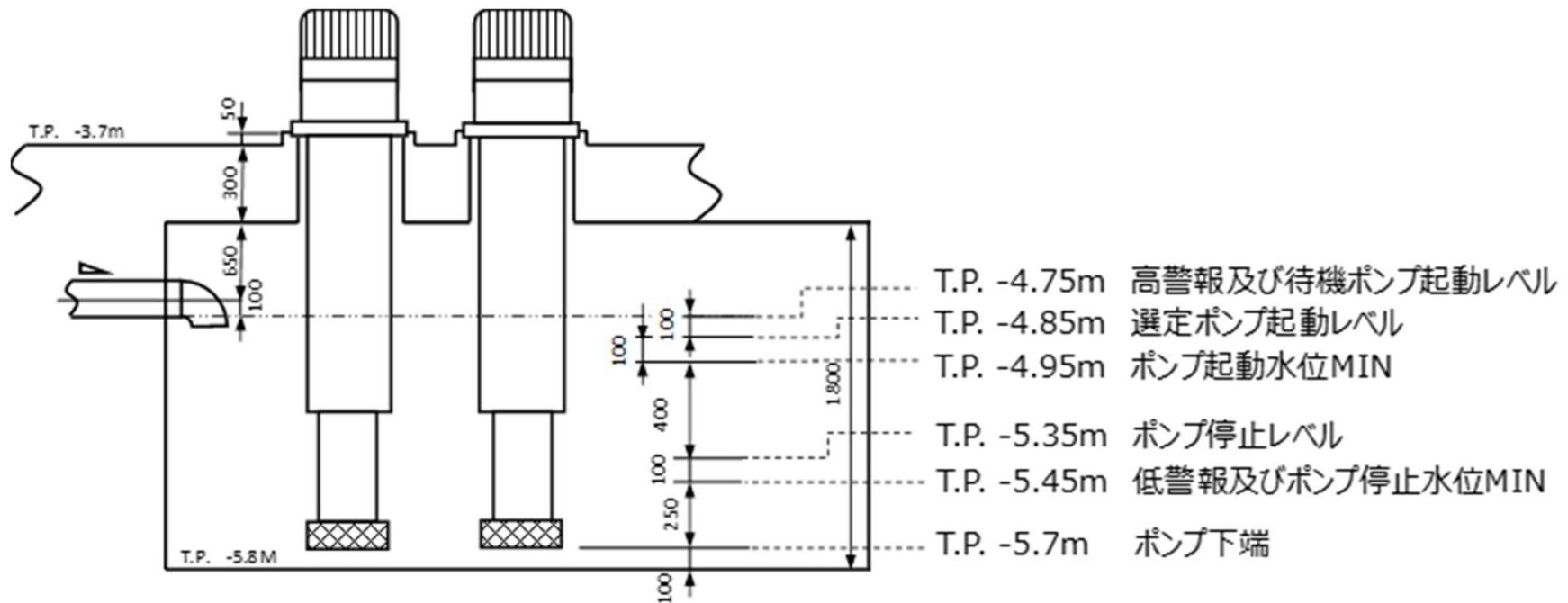
添付1-5図 集水管及びサブドレンの敷設断面図

既設の地下水排水設備の概要



添付1-6図 集水管及びサブドレンの敷設状況写真(泊3号炉建設時)

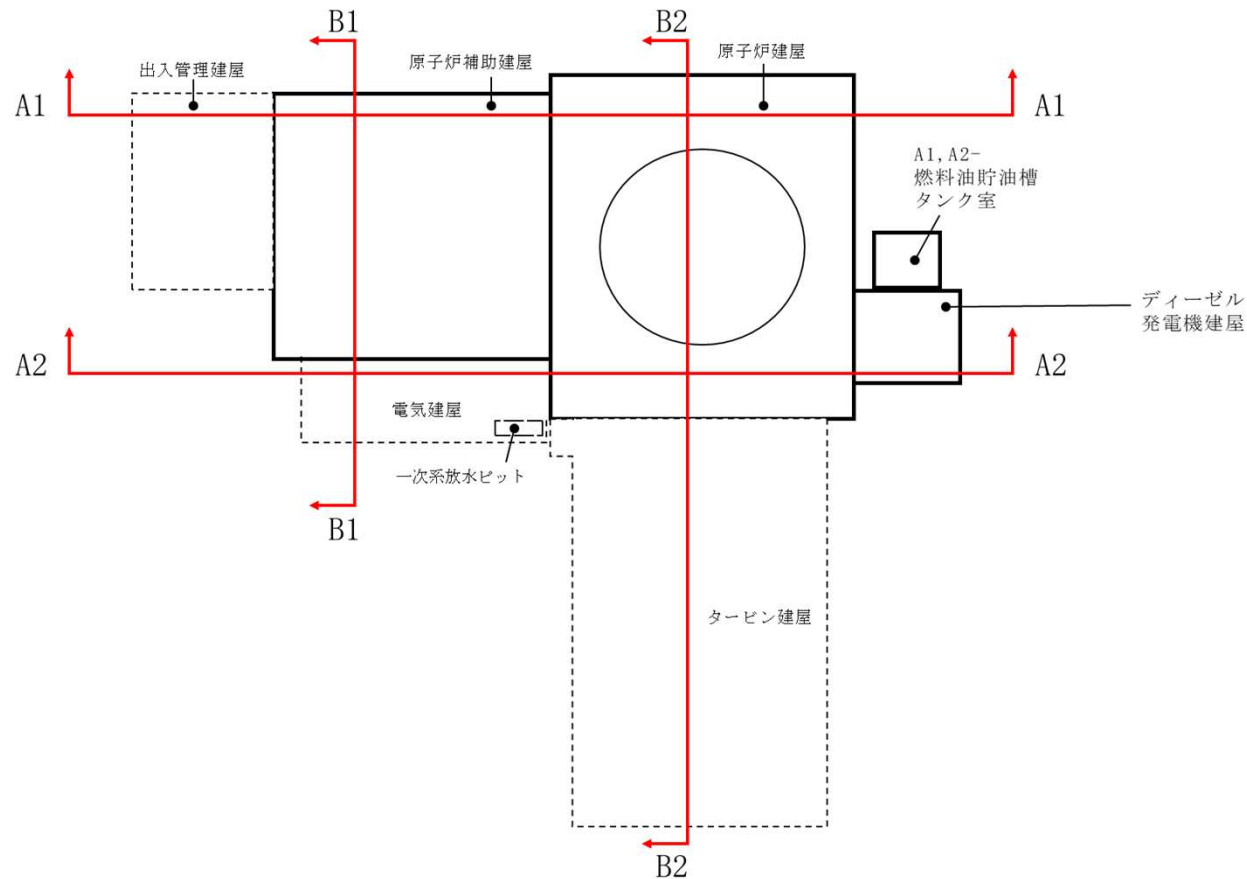
既設の地下水排水設備の概要



添付1-7図 湧水ピット断面図

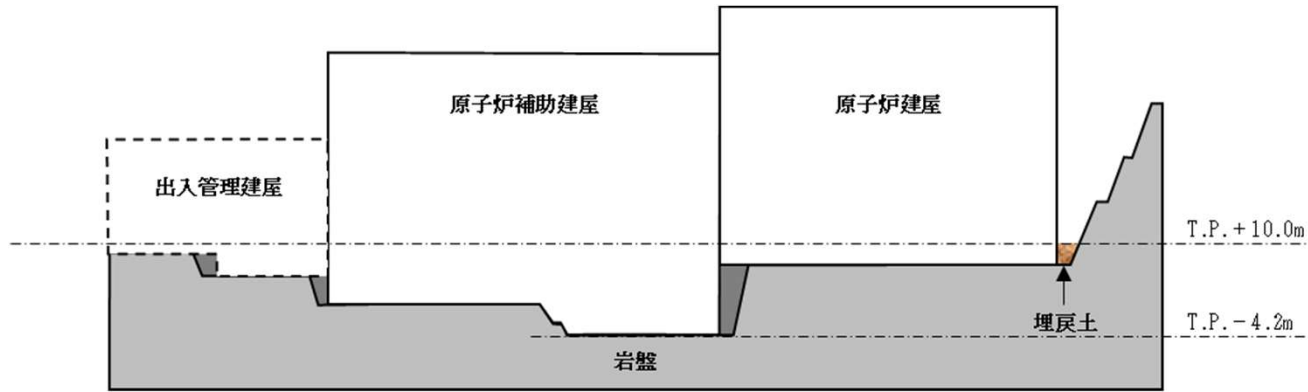
原子炉建屋等の主要建屋の設置断面図

○泊3号炉の原子炉建屋等の主要建は、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2-5図に示す。

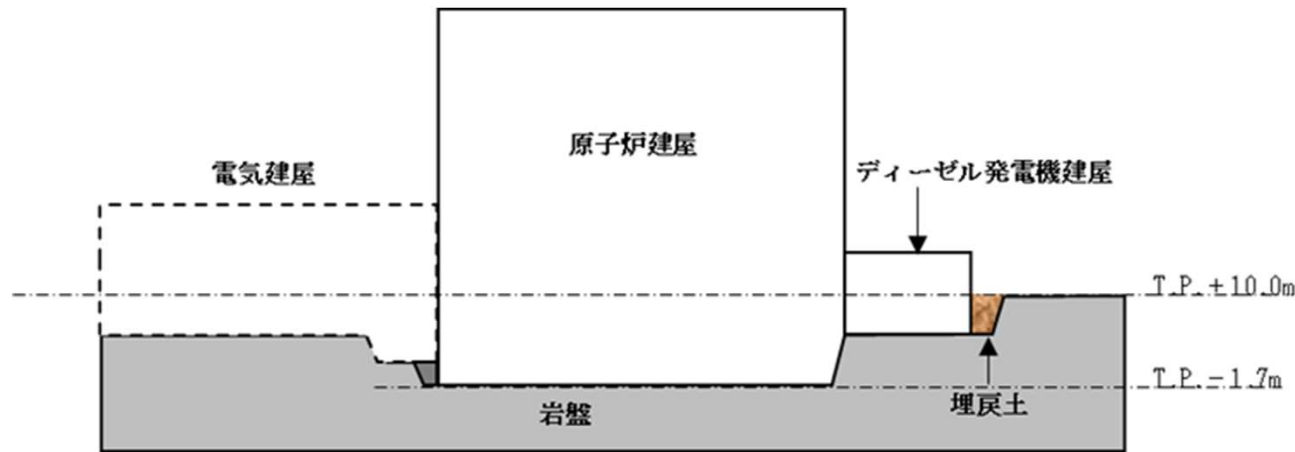
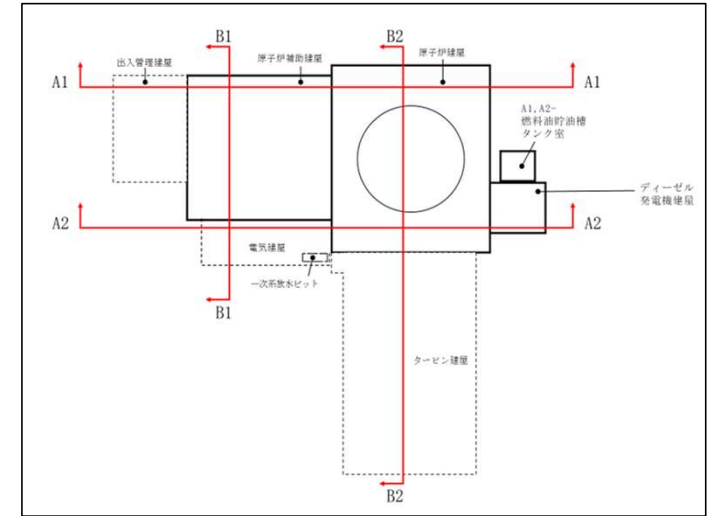


添付2-1図 断面指示図

原子炉建屋等の主要建屋の設置断面図

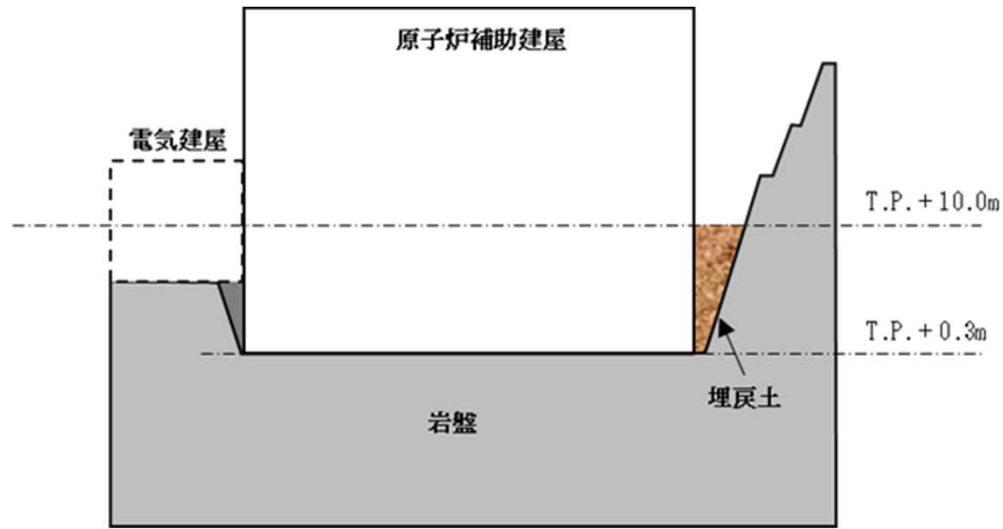


添付2-2図 A1-A1断面図

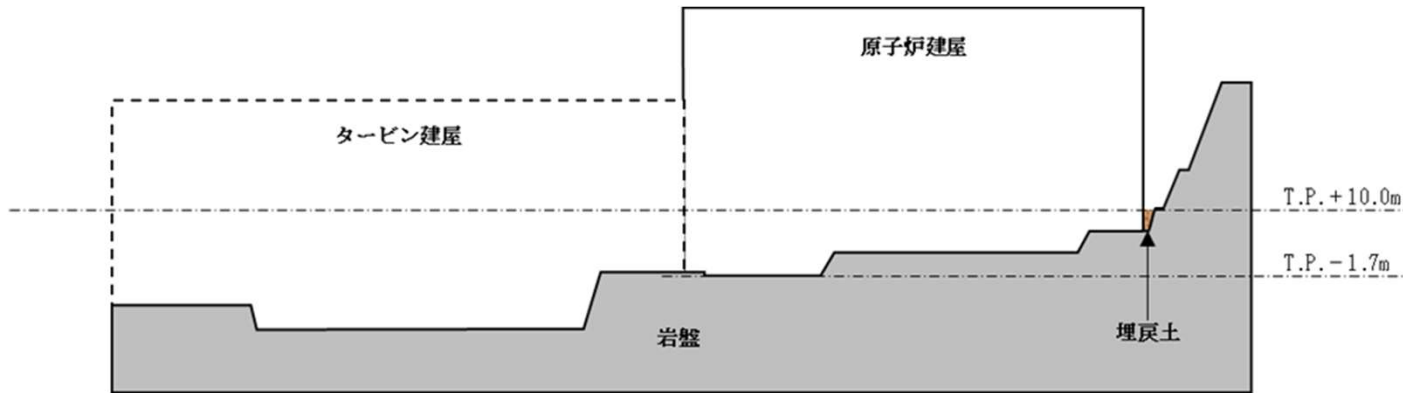
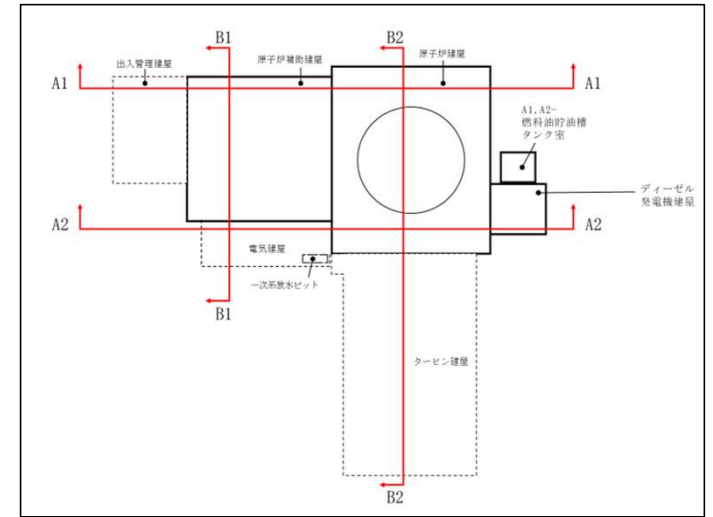


添付2-3図 A2-A2断面図

原子炉建屋等の主要建屋の設置断面図



添付2-4図 B1-B1断面図



添付2-5図 B2-B2断面図

地下水排水機能喪失から設計条件逸脱までの猶予時間



1. はじめに

○地下水排水設備の設備要件を定めるに当たり、地下水の排水機能を全喪失した場合の対応として、補修作業や代替措置による地下水の排水機能の復旧又は維持には期待しないことを前提条件としている。

○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に揚圧力が生じ、設計条件を逸脱する可能性があるかを「猶予時間」として算出する。

2. 猶予時間の算出

○猶予時間の算出は、原子炉建屋等の主要建屋の中で最も基礎底面が深く、地下水の排水機能に期待できない場合に、最も短時間で地下水位が設計条件を逸脱する原子炉補助建屋を対象に行う。算出方法は、設計条件を逸脱するまでに地下水排水設備(既設)の湧水ピットと集水管で地下水を貯留できる容量(p.56の a.)を想定湧水量(p.58の b.)で除して算出する。

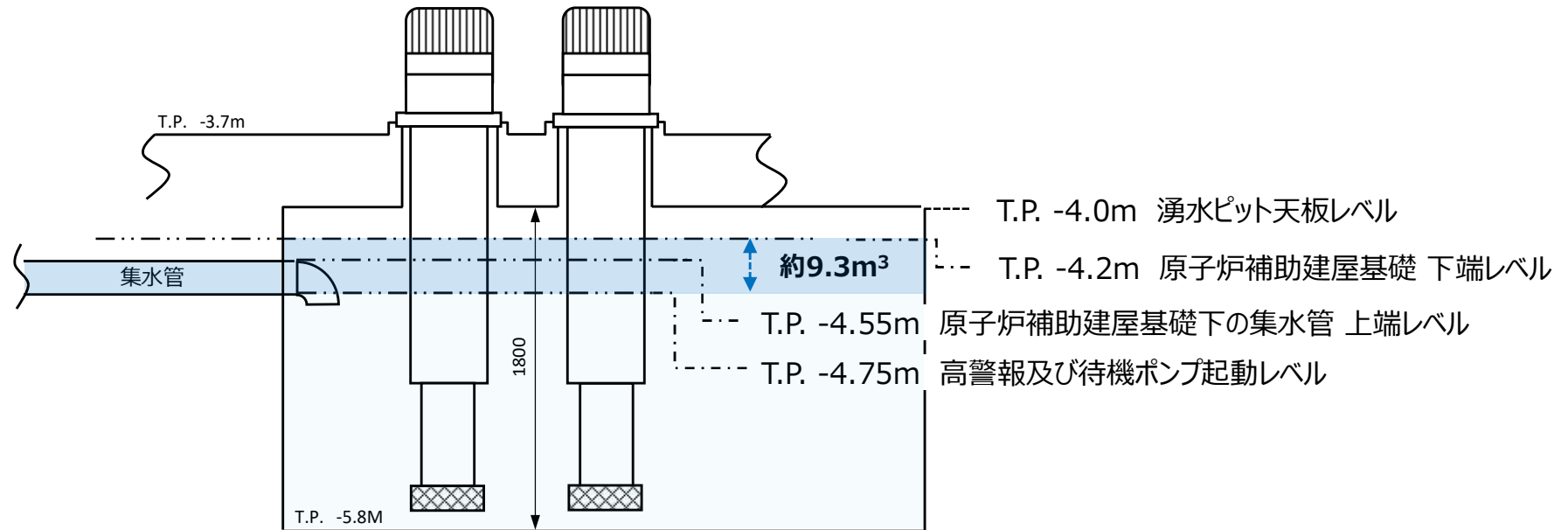
地下水排水機能喪失から設計条件逸脱までの猶予時間



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、建屋の設計条件を逸脱するまでの範囲で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湧水ピット内容量(約4.5m³)と、同範囲内にある集水管内容積(約4.8m³)の合計9.3m³を貯留可能量とする。(添付3-1図参照)ここで、初期水位では湧水ピット水位高警報が発報しており、これにより運転員は地下水の排水機能に異常が生じていることを検知するため、それ以降に建屋の設計条件を逸脱するまでの時間を猶予時間として算出することは妥当である。
なお、T.P.-4.75mからT.P.-4.2mまでの範囲には、サブドレンも敷設(図番を呼ぶ)されており、サブドレンの開口率は80%以上であることを踏まえると、集水管と同様にサブドレン内に貯留を期待できる。
- しかし、サブドレンは周囲に透水フィルターを巻いた状態で敷設されており、透水フィルターが水流に対して圧損となった場合に、地下水位の上昇から遅れてサブドレン内に地下水が貯留される可能性も考慮し、猶予時間の算出においては貯留可能量として期待していない。
- また、集水管とサブドレンの周囲に敷き詰めた砕石の隙間にも地下水が貯留されるが、砕石の態様により確実に貯留に期待できる容積が異なるため、定量的な隙間容積の算出が困難であるため、砕石の隙間も貯留可能量として考慮しない。

地下水排水機能喪失から設計条件逸脱までの猶予時間



添付3-1図 湧水ピットと集水管による貯留可能量

地下水排水機能喪失から設計条件逸脱までの猶予時間



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予測解析で用いた解析モデル(別紙-10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3-1表に示すとおり、猶予時間の算出結果は約1時間となった。

添付3-1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.)
9.3 m ³	172.1 m ³ /日	1 時間 8 分

地下水排水機能喪失から設計条件逸脱までの猶予時間



3. 猶予時間と排水機能の重要度

○地下水の排水機能に期待できない状況となった以降、短時間で原子炉建屋等の主要建屋の設計条件(揚圧力を考慮しない)を逸脱してしまう場合に、排水不能となった原因の除去や代替手段による排水機能の復旧又は維持に必要な作業を実現するのは、設計条件逸脱までの猶予時間が短くなるほど困難となる。

地下水の排水機能を速やかに復旧できず、原子炉建屋等の主要建屋周囲の地下水位が上昇した状態で地震が発生すると、原子炉建屋等の主要建屋の耐震性に影響が及ぶリスクがある。この際、設計条件逸脱までの猶予時間が短いほど、地下水の排水に期待できずに設計条件を逸脱したままとなる時間が長期化するため、建屋の耐震性に影響が及ぶリスクが顕在化する可能性が高くなる。

従って、地下水の排水機能に期待できない状況下において、短時間で建屋の設計条件を逸脱してしまう場合には、原子力発電所の供用期間の全ての状態において地下水の排水機能を担う地下水排水設備の重要性は高くなり、求められる信頼性も高くなる。

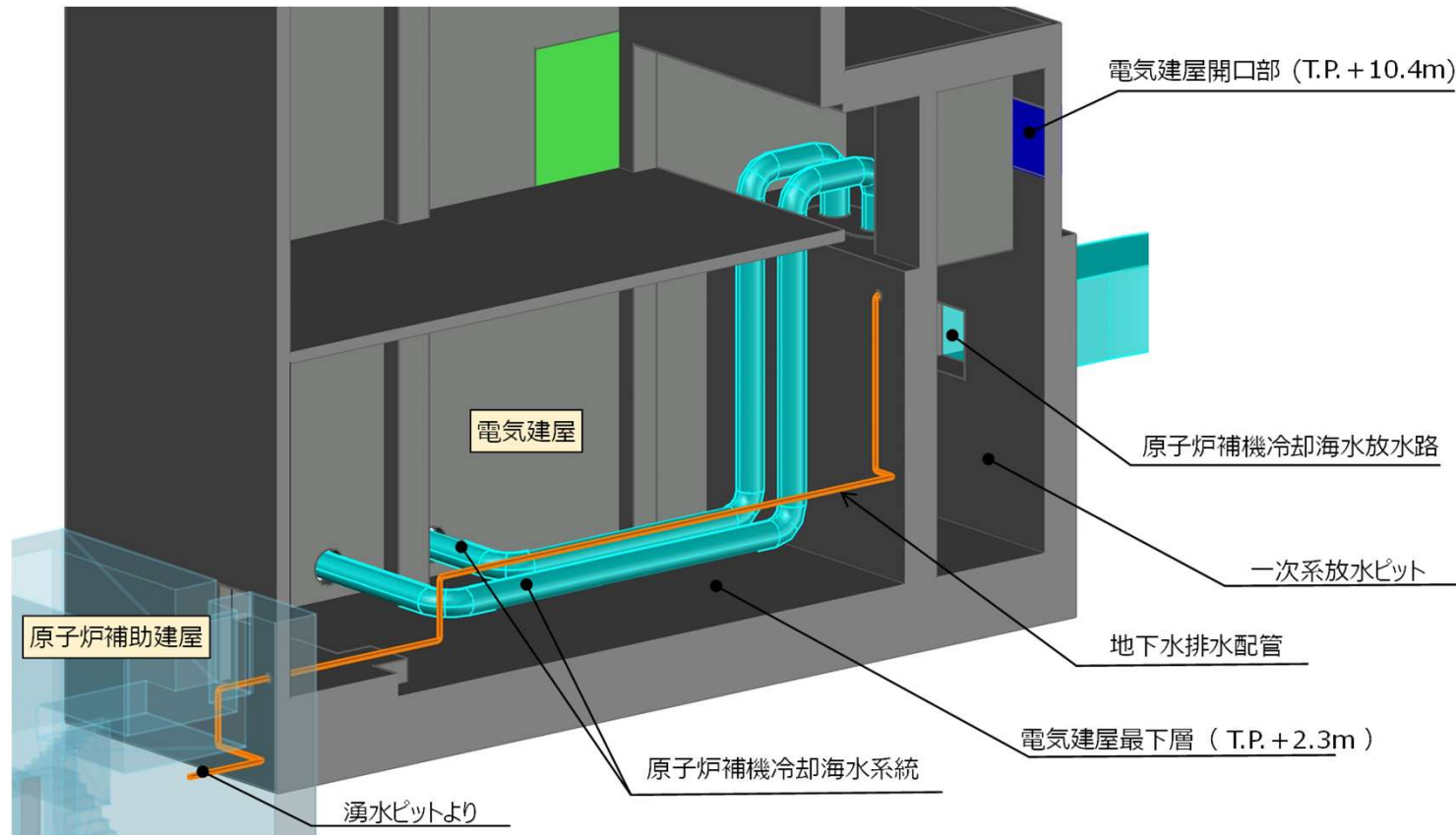
○一方、地下水の排水機能に期待できない状況でも、長期間に渡り原子炉建屋等の主要建屋の設計条件を満足する状態が継続するのであれば、その期間において地下水が排水不能となった要因の除去や、代替手段による排水機能の復旧作業を実現できる可能性が高くなるため、相対的には地下水排水設備の重要性は低くなる。

○泊3号炉では、地下水排水設備(既設)に必要な信頼性向上対策を施し、基準適合性を確保する計画であるが、対策施工後も添付3-1表で算出した猶予時間(約1時間)は変わらない。約1時間は復旧作業に対して余裕がある算出結果ではなく、設備要件を定める際の前提条件として、地下水排水設備の機能喪失時に補修作業や代替措置により地下水の排水機能を復旧又は維持することには期待せずに、地下水排水設備に課すべき設備要件を定める。

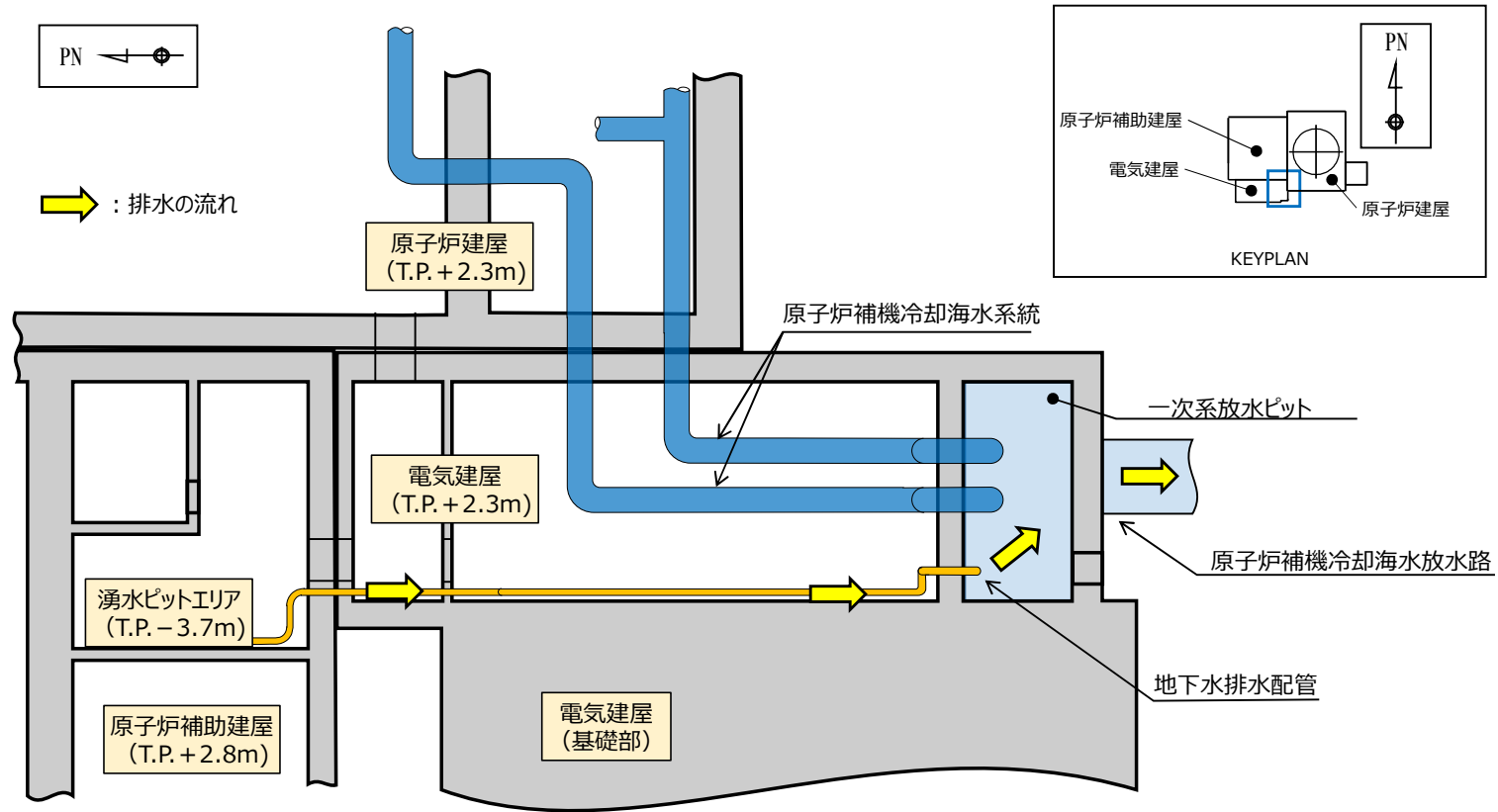
地下水の排水経路について

1. 通常時の排水経路

- 地下水排水設備(既設)は、原子炉建屋等の主要建屋の直下およびその周囲に敷設された集水管とサブドレン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・排水配管を介して、海に繋がる放水路へ導く構造となっている。
- 添付4-1図に地下水の排水配管が敷設される電気建屋内のイメージ図(現状)を、添付4-2図には屋内外における通常時の地下水排水経路を示す。

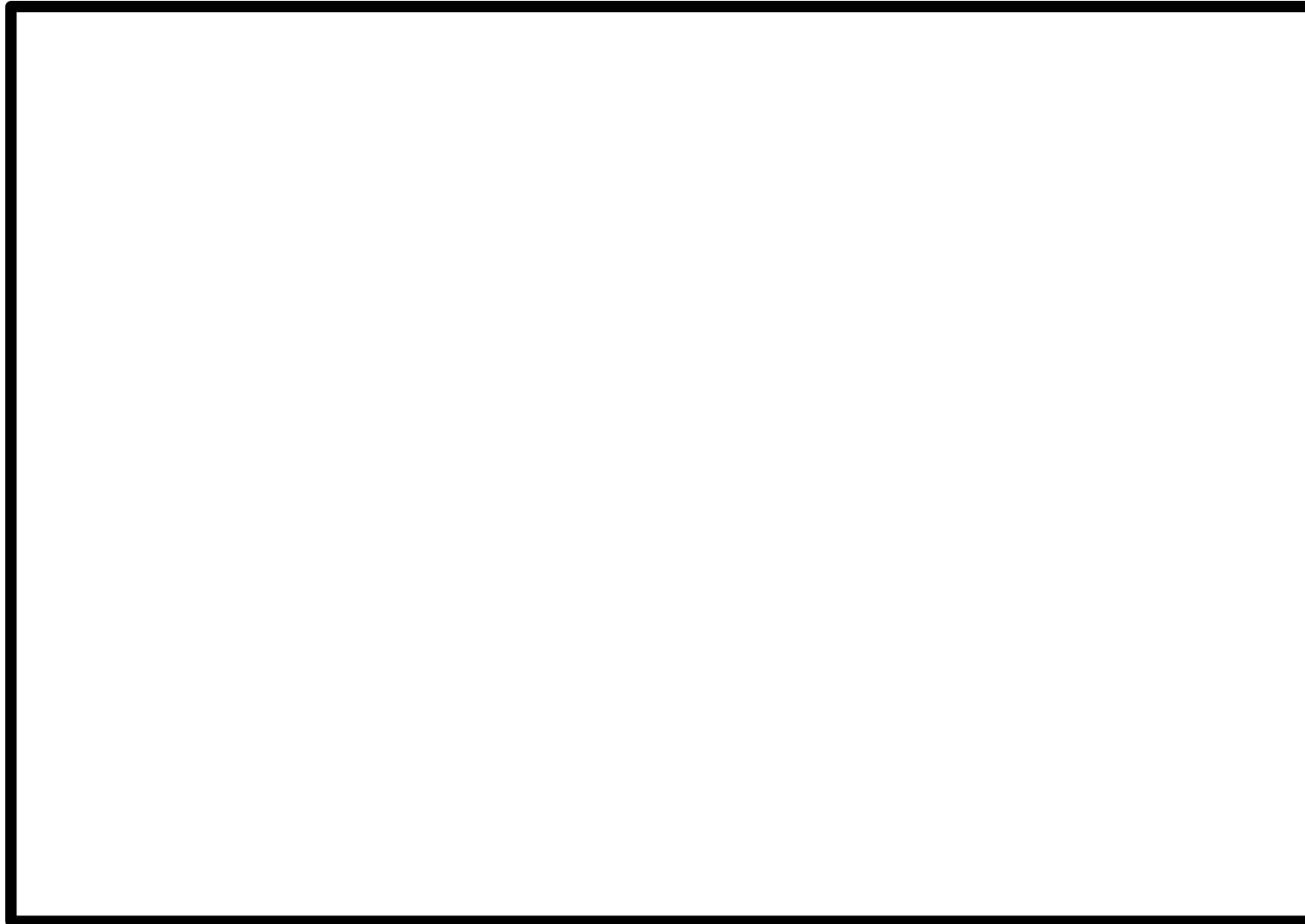


添付4-1図 電気建屋内イメージ図(現状)



添付4-2(1) 図 屋内の排水経路(通常時)

地下水の排水経路について



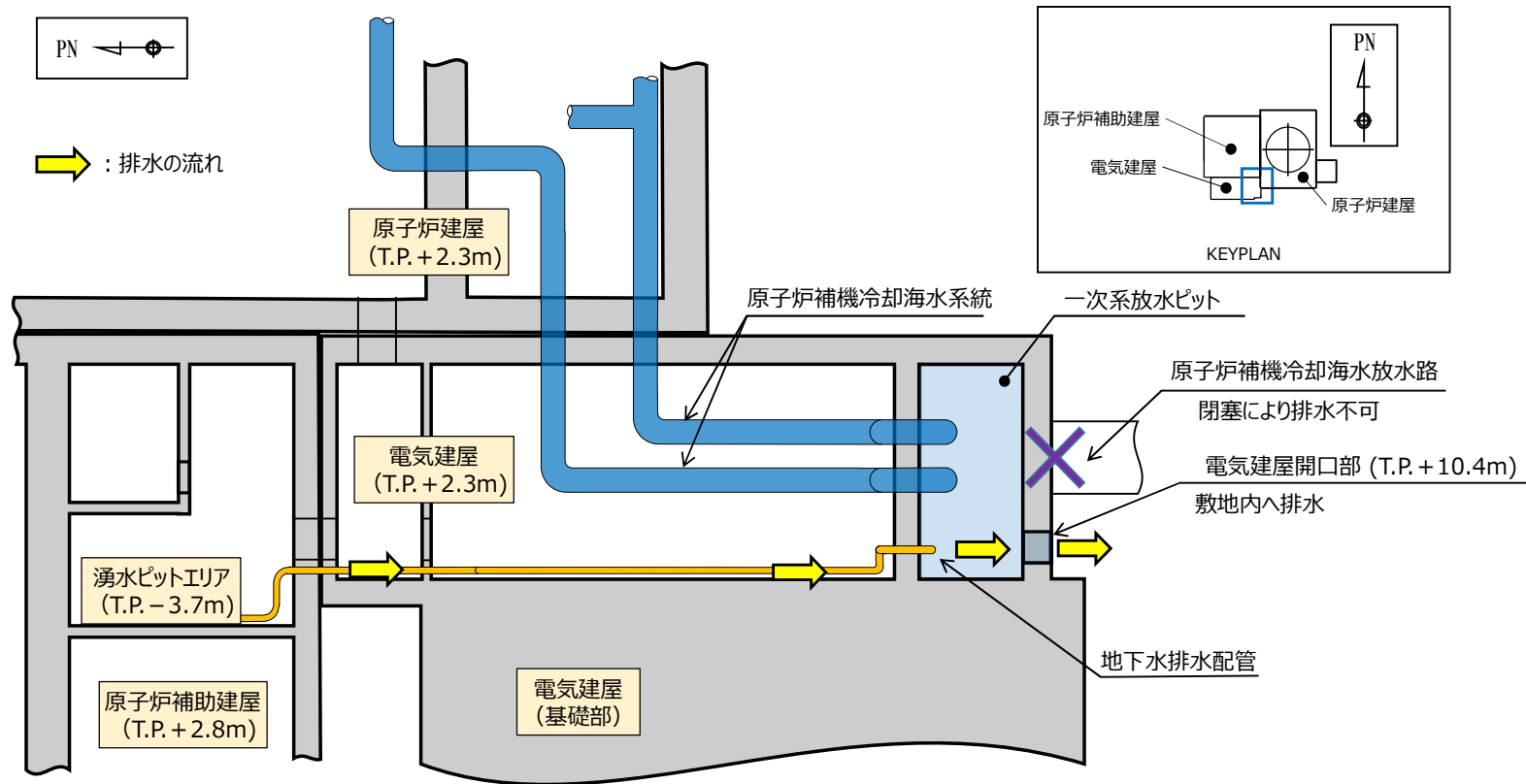
: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

添付4-2 (2) 図 屋内の排水経路(通常時)

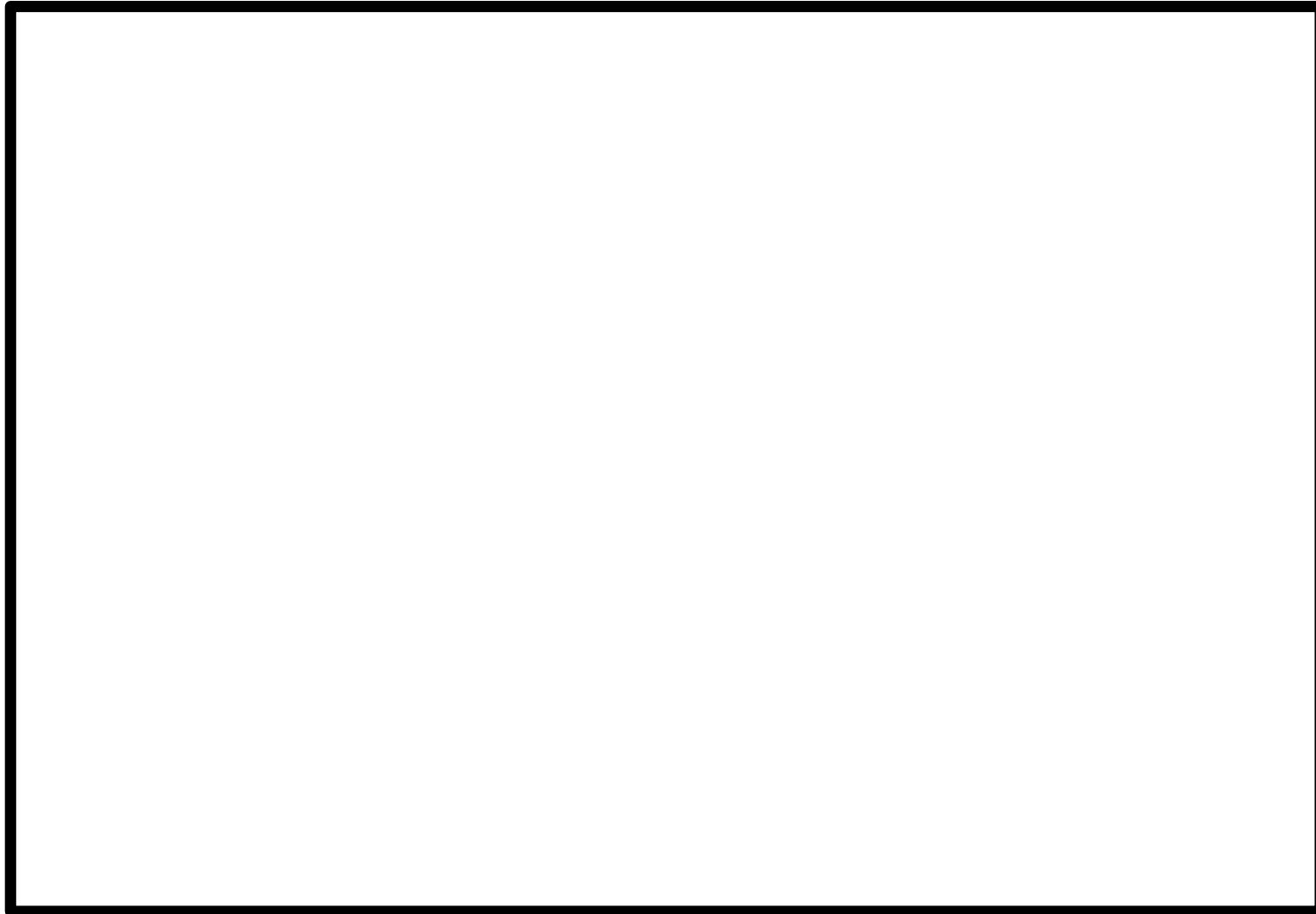
地下水の排水経路について

2. 地震時の排水経路

- 地震により原子炉補機冷却海水放水路や放水路が閉塞し、地下水の排水が期待できない場合には、添付4-3図のように一次系放水ピット上部に設けた電気建屋開口部から敷地(防潮堤なし)に地下水を排水し、敷地を流下した地下水が直接海に排水される経路を想定していた。
- 防潮堤の設置後は敷地を流下した地下水を直接海に排水する経路には期待できないが、添付4-4図に示すとおり、防潮堤下に設ける3箇所の構内排水設備を介して海に排水可能である。



添付4-3図 建屋内の排水経路(地震時)



: 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4-4図 屋外の排水経路(地震時)

現行の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5-1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クラス設備および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係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Ssに対して機能維持させる設計とする。

添付5-1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	—	○

現行の重要度分類上の位置付けの整理



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、系統および機器ではない。

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

現行の重要度分類上の位置付けの整理



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」の何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、系統および機器は、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およびMSのそれぞれに属する構築物、系統および機器を、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およびクラス3に分類している。安全上の機能別重要度分類を添付5-2表に示す。

現行の重要度分類上の位置付けの整理

添付5-2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， 系統および機器		安全機能を有しない構築物，系統および機器
		異常の発生防止の機能を有するもの (P S)	異常の影響緩和の機能を有するもの (M S)	
安全に関連する構築物，系統および機器	クラス1	P S - 1	M S - 1	—
	クラス2	P S - 2	M S - 2	
	クラス3	P S - 3	M S - 3	
安全に関連しない構築物，系統および機器		—	—	安全機能以外の機能のみを行うもの

現行の重要度分類上の位置付けの整理



(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、系統および機器』の何れにも分類されていない。
- 安全上の機能別重要度分類に係る定義および機能と地下水排水設備の位置付けを添付5-3表～添付5-5表に示す。

添付5-3表 安全上の機能別重要度分類に係る定義およ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	P S - 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、系統および機器	(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
	M S - 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、系統および機器	(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、放射線の遮へいおよび放出低減機能	該当しない
	安全上必須なその他の構築物、系統および機器	(1)工学的安全施設およ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5-4表 安全上の機能別重要度分類に係る定義およ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	P S - 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、系統および機器	(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およ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
	M S - 2	(2)通常運転時およ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、系統および機器	(1)安全弁および逃がし弁の吹き止り機能	該当しない
			(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
M S - 2	(1) P S - 2 の構築物、系統およ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、系統および機器	(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	
M S - 2	(2)異常状態への対応上特に重要な構築物、系統および機器	(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	
		(3)制御室外からの安全停止機能	該当しない	

現行の重要度分類上の位置付けの整理

添付5-5図 安全上の機能別重要度分類に係る定義およ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)異常状態の起回事象となるものであって、PS-1およびPS-2以外の構築物、系統および機器	(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、系統および機器	(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、系統および機器	(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、系統および機器		緊急時対策上重要なものおよび異常状態の把握機能	該当しない	

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)およびサブドレン(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、集水管およ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6-1表に整理した。

添付6-1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3号炉に敷設されている集水管およ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する前提で設計・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およびサブドレンは、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、集水管の強度評価を行った結果を踏まえ、必要に応じて地震時に埋戻土による荷重が集水管に作用しない構造(荷重に耐える鋼板を管上に設置等)に改造し、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。 ● 集水管およ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。
<p>集水管およ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、集水管およ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本の許容湧水量(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およ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。

添付6-1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
土砂流入により通水面積が減少し、集水機能を喪失する。	<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およびその周囲に敷設される範囲全域を目視点検およ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)
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。	<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)
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。	<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およびサブドレンの機能を維持することが可能である。

集水管およびサブドレンの信頼性確保に係わる検討

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) 内部点検および管内清掃

- ・ 現在、泊発電所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。

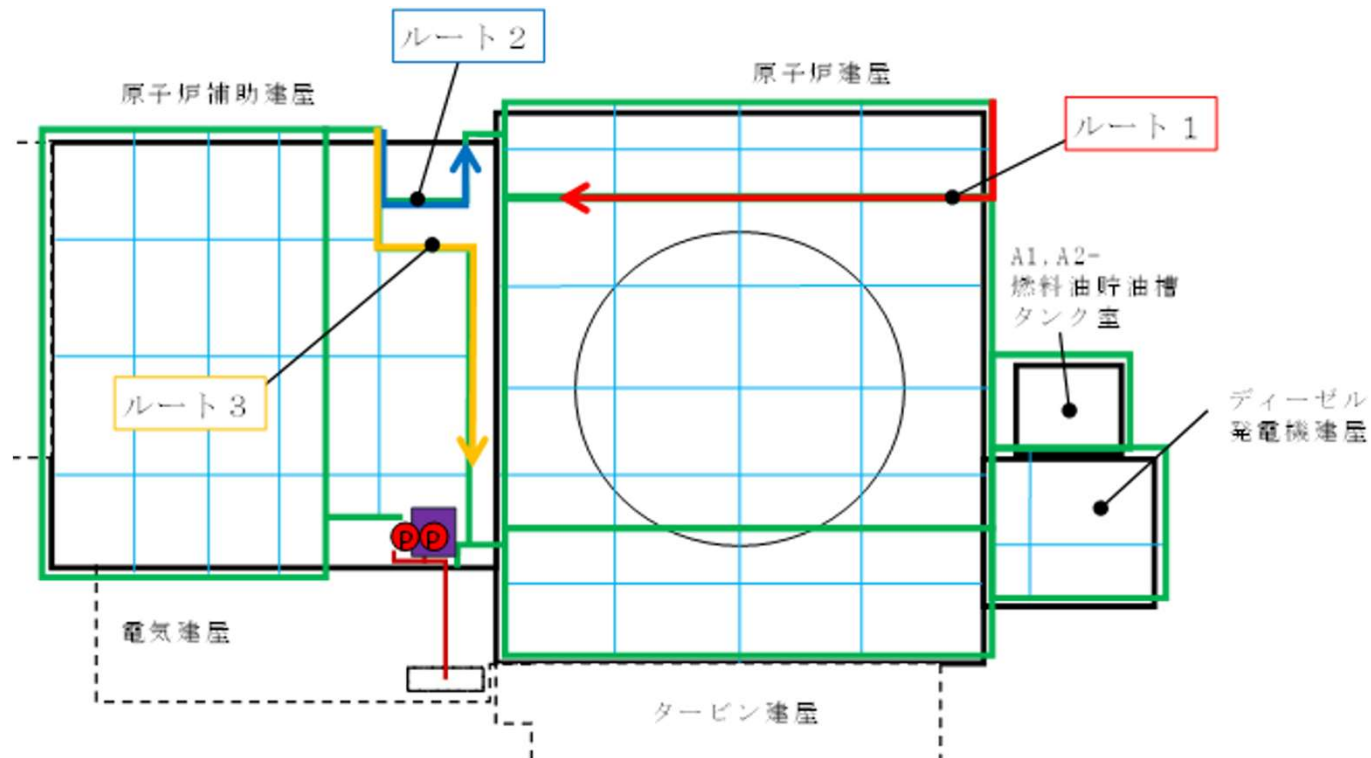
集水管およびサブドレンの信頼性確保に係わる検討

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φ100)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。

④ モックアップによる検証

- ・ 管内清掃装置の実機適用性を確認するため、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結果を示す。添付6-2図に示す集水管内ルートを想定し、添付6-3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集水管全範囲に渡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している。



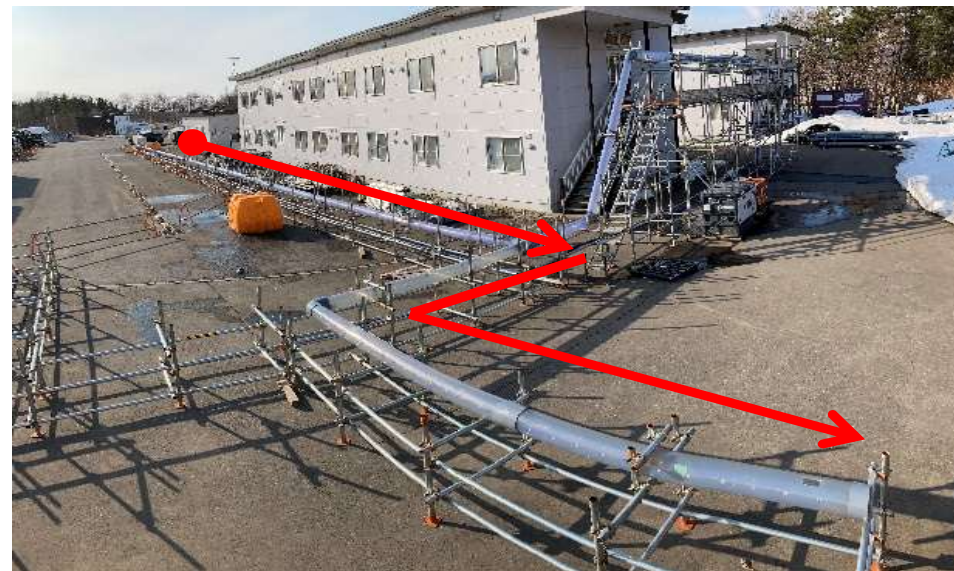
添付6-2図 モックアップ試験装置の集水管想定範囲



添付6-3(1) 図 モックアップ試験装置の全景(ルート1)



添付6-3(2) 図 モックアップ試験装置の全景(ルート2)



添付6-3(3) 図 モックアップ試験装置の全景(ルート3)



添付6-3(4) 図 管内清掃装置進行時の様子

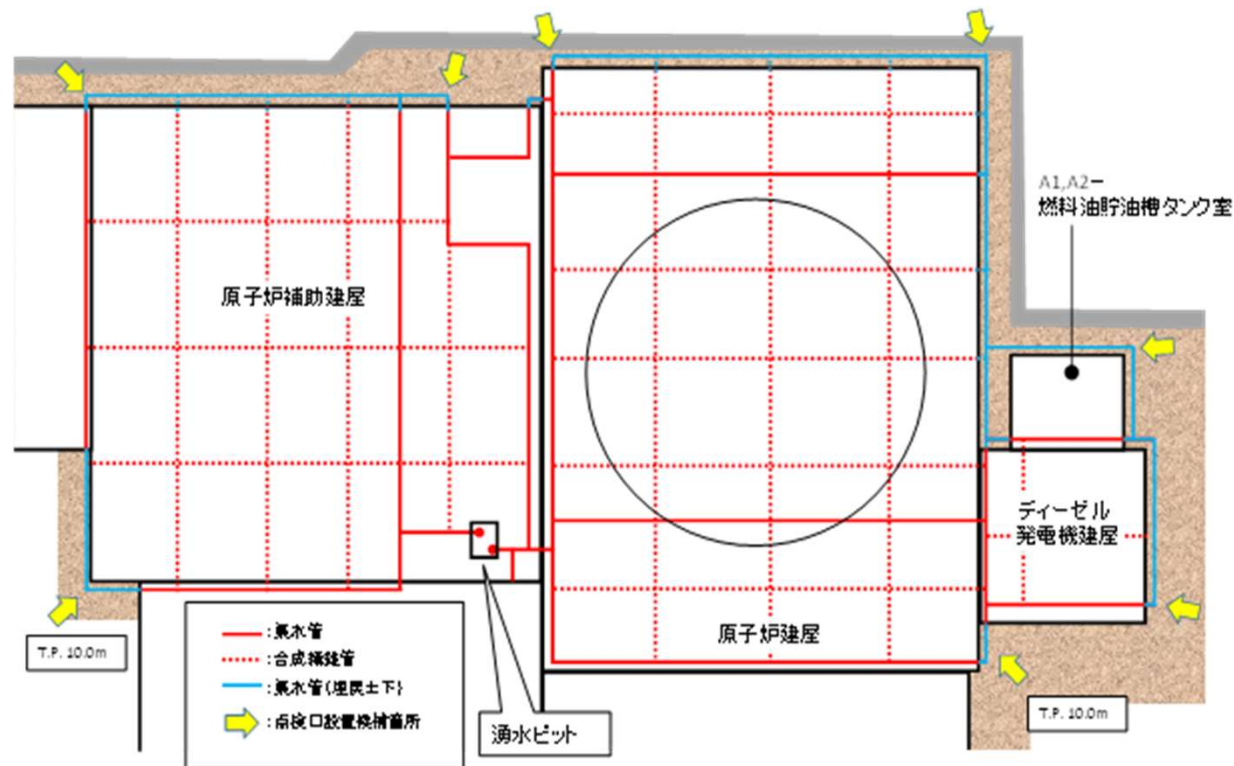
集水管およびサブドレンの信頼性確保に係わる検討

(2) 点検頻度

- 今後、定期検査毎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6-4図（別紙11-5図と同じ）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6-4図 点検口の設置候補箇所

集水管およびサブドレンの信頼性確保に係わる検討

3. 地下水の水質分析結果

○泊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およ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。

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

(1) 採水位置

- ・ 泊発電所の地下水位観測孔のうち、集水管およ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。

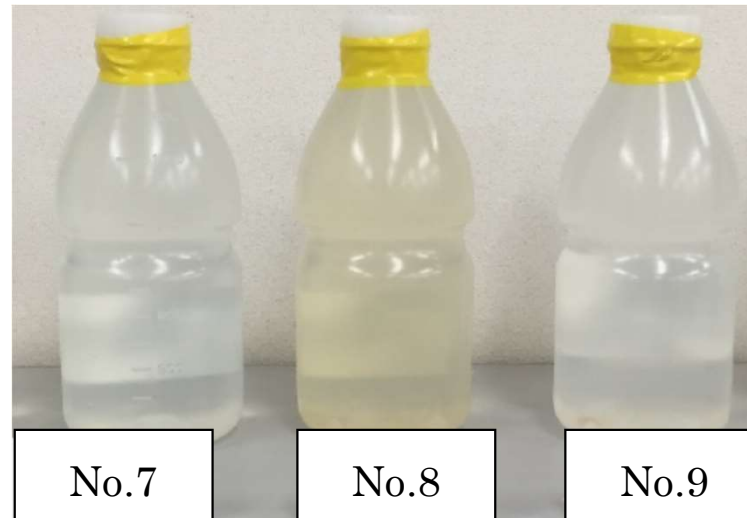


添付6-5図 採水位置図

集水管およびサブドレンの信頼性確保に係わる検討

(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、あらたに流入してきた地下水を汲み上げるようにした。



添付6-6図 採水した試料

集水管およびサブドレンの信頼性確保に係わる検討



(3) 水質分析試験結果

- 地下水の水質分析結果を添付6-2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、海洋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。
- なお、地下水位観測坑から採水し、ランゲリア指数を分析したのは添付6-3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6-3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6-2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。

添付6-3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)