

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	DB04 r.3.9
提出年月日	令和5年1月19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1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。

第4条：地震による損傷の防止

<目 次>

今回提出範囲

第1部

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 追加要求事項に対する適合性
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
 - 1.4 設備等
 - 1.5 手順等

第2部

1. 耐震設計の基本方針
 - 1.1 基本方針
 - 1.2 適用規格
2. 耐震設計上の重要度分類
 - 2.1 重要度分類の基本方針
 - 2.2 耐震重要度分類
3. 設計用地震力
 - 3.1 地震力の算定法
 - 3.2 設計用地震力
4. 荷重の組合せと許容限界
 - 4.1 基本方針
5. 地震応答解析の方針
 - 5.1 建物・構築物
 - 5.2 機器・配管系
 - 5.3 屋外重要土木構造物
 - 5.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに
これらが設置された建物・構築物
6. 設計用減衰定数
7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響

8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針

9. 構造計画と配置計画

(別 添)

- 別添—1 設計用地震力
- 別添—2 動的機能維持の評価
- 別添—3 弾性設計用地震動・静的地震力による評価
- 別添—4 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別添—5 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針
- 別添—6 屋外重要土木構造物等及び津波防護施設の耐震評価における断面選定の考え方
- 別添—7 主要建屋の図面集
- 別添—8 入力地震動について

(別 紙)

- 別紙—1 既工認との手法の相違点の整理（設置許可変更申請段階での整理）
- 別紙—2 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討
- 別紙—3 水平2方向及び鉛直方向の地震力の適切な組合せに関する検討について
- 別紙—4 規格適用範囲外の動的機能維持の評価
- 別紙—5 地震時における燃料被覆管の閉じ込め機能の維持について
- 別紙—6 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について
- 別紙—7 後施工せん断補強筋による耐震補強について
- 別紙—8 屋外重要土木構造物等及び津波防護施設の耐震評価における断面選定について
- 別紙—9 地盤の液状化の評価方針について
- 別紙—10 設計地下水位の設定方針について
- 別紙—11 地下水排水設備について

泊発電所3号炉

設計地下水位の設定方針について

目 次

1. 新規制基準適合性審査における設計地下水位の設定に係わる経緯
2. 設計地下水位の設定方針
 - 2.1 設計地下水位設定の基本的な考え方
 - 2.2 浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フロー
 - 2.3 解析モデルの作成
 - 2.4 モデルの妥当性・保守性の確認
 - 2.5 設計地下水位の設定方針の策定
 - 2.6 設計地下水位の設定（詳細設計段階）
 - 2.7 観測による設計地下水位の検証

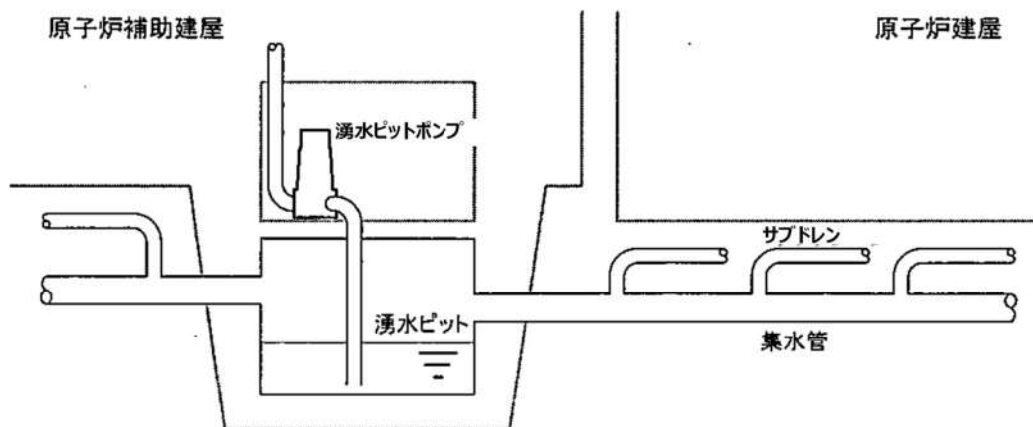
- | | |
|--------|------------------------|
| 添付資料 1 | 敷地の水文環境 |
| 添付資料 2 | 三次元浸透流解析モデル・条件 |
| 添付資料 3 | 三次元浸透流解析のモデル化対象時期 |
| 添付資料 4 | 透水係数の妥当性確認 |
| 添付資料 5 | 三次元浸透流解析結果（非定常解析） |
| 添付資料 6 | 三次元浸透流解析結果 |
| 添付資料 7 | 泊 3 号炉建設時（設置許可時）の浸透流解析 |
| 添付資料 8 | 観測孔における地下水位観測記録 |

1. 新規制基準適合性審査における設計地下水位の設定に係わる経緯

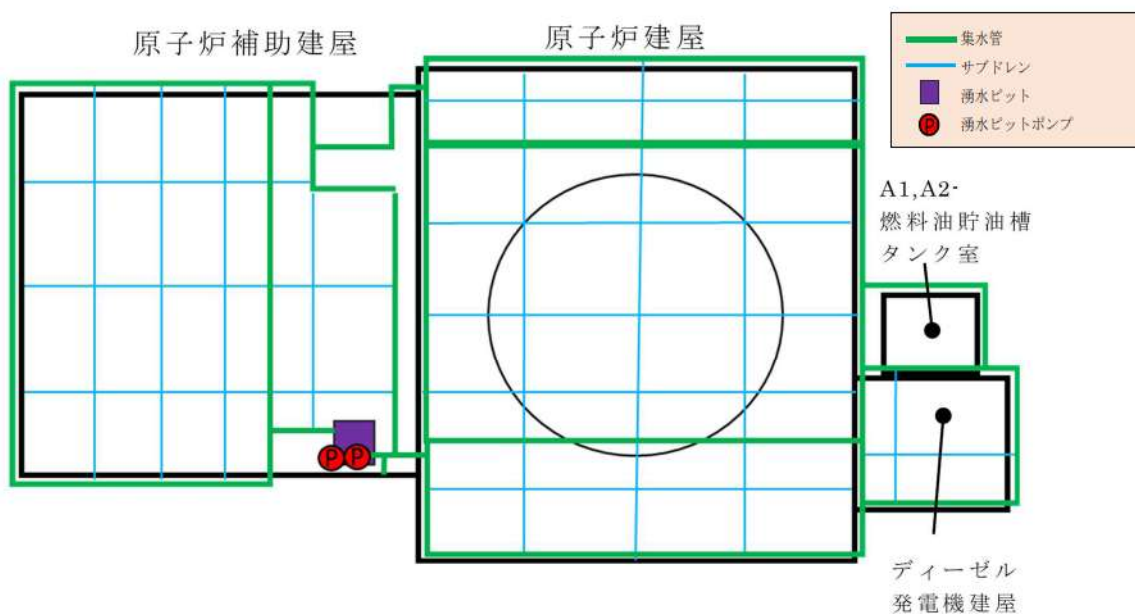
泊 3 号炉では発電所建設時，敷地の岩盤状況等を踏まえ，旧汀線より海側においては朔望平均満潮位 H.W.L. (既工認時 T.P.+0.26m) に設計地下水位を設定し，耐震設計の条件とした。

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，降雨等により生じる湧水を適切に処理するための地下水排水設備 (第 1-1 図，第 1-2 図) を設置していた (地下水排水設備の概要については「別紙 11 地下水排水設備について」に詳述。)



第 1-1 図 地下水排水設備の概念図



第 1-2 図 地下水排水設備の配置概要図

泊発電所の敷地は、丘陵地から海岸に向かって次第に低下し、山側に降った雨は、蒸発散分を除き、表面水として敷地へ流入するものと岩盤内に浸透し地下水として敷地に流入するものに分かれる。

従来、表面水は構内排水路を通じて海へ排水され、地下水は基本的に敷地に留まることなく海へ排水されるが（添付資料 1 参照）、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。）については、第 1-3 図に示す建屋基礎下等に設置した地下水排水設備により集水後、放水路へ排水される。

しかしながら、津波防護施設として新設する防潮堤（以下、「防潮堤」という。）は、直接岩盤に支持させる堤体構造（第 1-4 図）とすることとしており、防潮堤の設置に伴い、浸透による敷地内から海側への地下水の流れが遮断されることから、山側から海へ向かう従来の流動場が変化し、地下水位の上昇が想定される。



第 1-3 図 地下水排水設備の配置概略図












第 1-4 図 防潮堤概要図

地下水位上昇の影響を受ける可能性のある施設等について、第 1-5 図に「泊 3 号炉における耐震重要施設・常設重大事故等対処施設^{※1}（いずれも間接支持構造物を含む）、保管場所、アクセスルート及びそれらの基礎地盤・周辺斜面」を示す。

設置許可基準規則への適合性の評価において、防潮堤の設置に伴う地下水位上昇の影響を受ける可能性のある施設等は、第 1-5 図に示す施設等のうち「防潮堤より海側に設置される設備である取水口（貯留堰含む）及び屋外排水路逆流防止設備」を除く全ての施設等及びそれらの基礎地盤・周辺斜面が対象となる。

これらの施設等について、防潮堤設置後の敷地の地下水位を想定した上で、「設計地下水位の設定」に係わる検討が必要であることから、本資料では、設計地下水位の設定方針を整理した。

※1 常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を除く）

凡 例	
	耐震重要施設かつ常設重大事故等対処施設(屋外)
	耐震重要施設かつ常設重大事故等対処施設(地下埋設)
	耐震重要施設(屋外)
	耐震重要施設(地下埋設)
	常設重大事故等対処施設(屋外)
	常設重大事故等対処施設(地下埋設)
	アクセスルート <small>(注1)</small>
	保管場所 <small>(注1)</small>
	周辺斜面
	防潮堤 <small>(注2)</small>
	地下水位観測孔



第 1-5 図 泊 3 号炉における耐震重要施設等の配置

 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。

2. 設計地下水位の設定方針

2.1 設計地下水位設定の基本的な考え方

敷地の地下水位が防潮堤設置前よりも上昇することが想定され、この地下水位の上昇により、施設等の耐震性に影響が及ぶ可能性があることを踏まえ、泊3号炉の施設等の設計の基本方針を以下のとおりとする。

- ▶ 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。

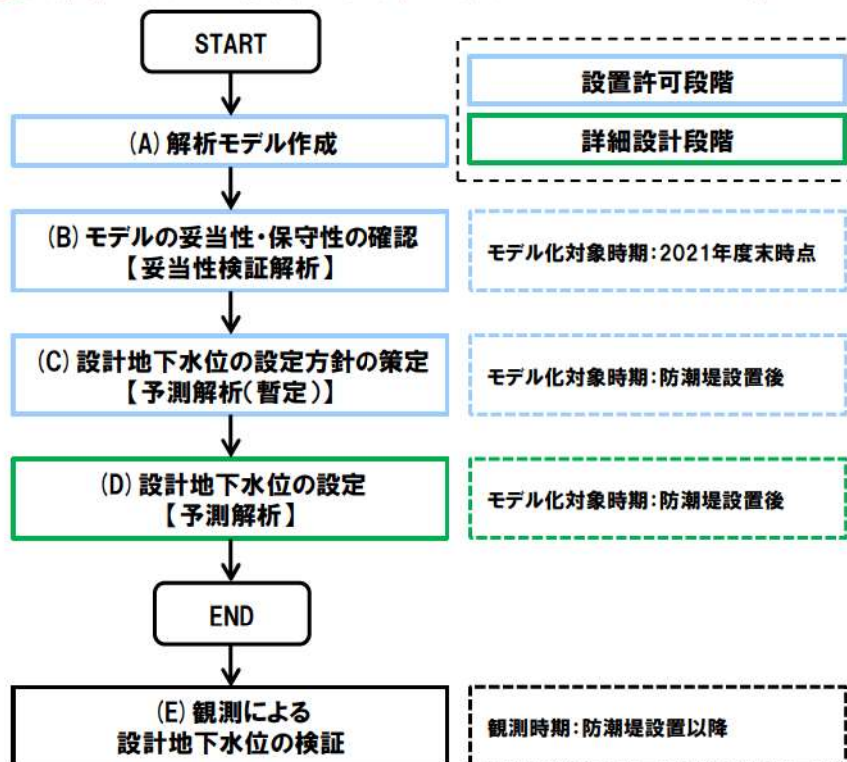
以上を踏まえ、泊3号炉における施設等の設計地下水位設定の基本的な考え方を以下のとおりとする。

- ① 設置許可段階で安定性評価が要求される基礎地盤・周辺斜面については、設計地下水位を地表面に設定する（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においても同様に地表面とする。）。
- ② 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、建屋基礎底面下に設計地下水位を設定する。
- ③ ①及び②以外の耐震重要施設・常設重大事故等対処施設（いずれも間接支持構造物を含む）、保管場所、アクセスルート（段差評価等が対象、周辺斜面の安定性評価は除く）については、地下水排水設備の機能に期待しないこととし、防潮堤設置後における三次元浸透流解析の予測解析結果に基づき設計地下水位を設定する（浸透流解析結果を踏まえて設計地下水位を設定する対象施設については後述する。）。

2.2 浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フロー

前項で述べたとおり，地下水排水設備の機能に期待しない施設等については，防潮堤設置後における三次元浸透流解析の予測解析結果に基づき設計地下水位を設定する。

三次元浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フローについて第 2.2-1 図に示す。



第 2.2-1 図 浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フロー

第 2.2-1 図の各プロセスにおける検討方針を以下に示す。

(A) 解析モデル作成

- ・ 泊発電所敷地等の地形的特徴を踏まえた解析モデルを作成する。
- ・ モデルの作成にあたっては，保守的な（解析水位が高くなる）モデルとなるように各種条件を設定する。

(B) モデルの妥当性・保守性の確認

- ・ 妥当性検証解析（定常）を実施し，解析水位と観測水位の比較結果を踏まえ，解析モデルに用いる透水係数等の解析用物性値を含めたモデルの妥当性・保守性を確認する。
- ・ 参考として妥当性検証解析（非定常）を実施し，解析水位と観測水位の比較確認を行う。
- ・ また，地下水排水設備で集水される解析水量と観測水量を比較し，ポンプ容量の設定として使用するモデルとしての妥当性・保守性を確認する。

(C)設計地下水位の設定方針の策定

- ・ 防潮堤設置後の予測解析モデルにて暫定の予測解析を実施し，地下水排水設備に期待しない場合の敷地の地下水位を確認し，その結果を踏まえて「設計地下水位の設定方針」を策定する。

(D)設計地下水位の設定

- ・ 詳細設計段階で，防潮堤設置後の予測解析用モデルにて予測解析を実施し，その結果に基づき具体的な設計地下水位を設定する。
- ・ また，湧水量の予測解析結果に基づき防潮堤設置後における地下水排水設備に必要となるポンプ容量を設定する。

(E)観測による設計地下水位の検証

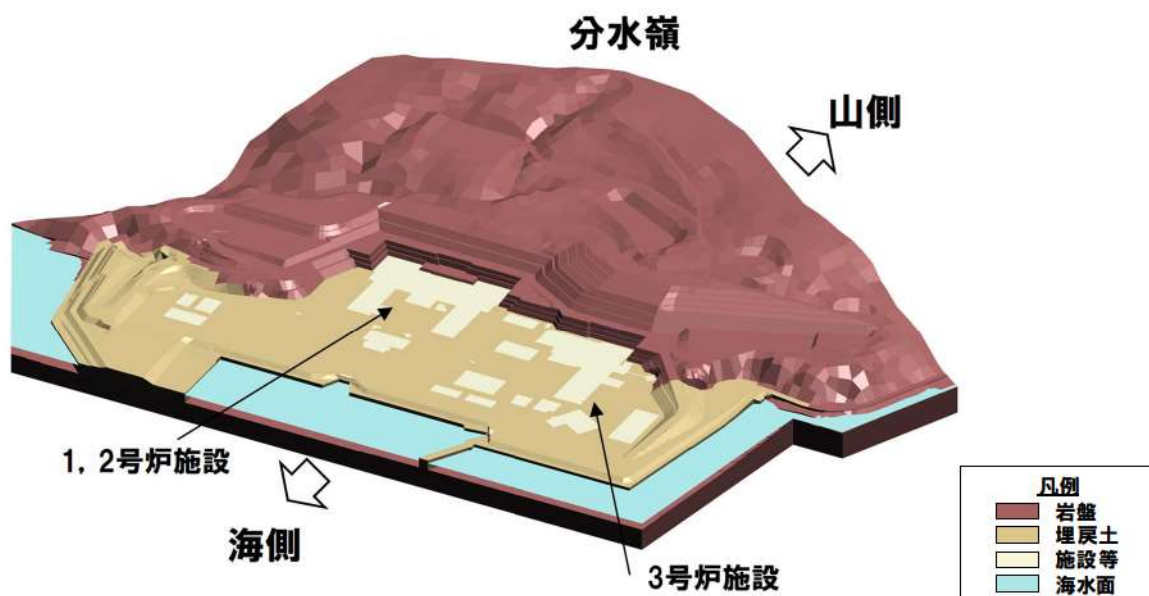
- ・ 防潮堤設置以降の地下水位観測記録を取得し，(D)にて定める設計地下水位の妥当性を検証する。

2.3 解析モデルの作成

地下水位の評価においては，敷地を取り囲む分水嶺（地中部も含む）までを解析範囲とした三次元地形モデルを作成する（解析ソフト：Dtransu-3D・EL，バージョン：Ver.1.0i.2a）。

モデルの作成及び各種解析条件の設定にあたっては，保守的な（解析水位が高くなる）モデルとなるように設定する方針とする（解析モデル及び各種解析条件の概要については添付資料2参照）。

解析モデル鳥瞰図を第2.3-1図に，解析モデルのモデル化範囲等を第2.3-1表に示す。



第2.3-1図 解析モデル（妥当性検証解析用）鳥瞰図

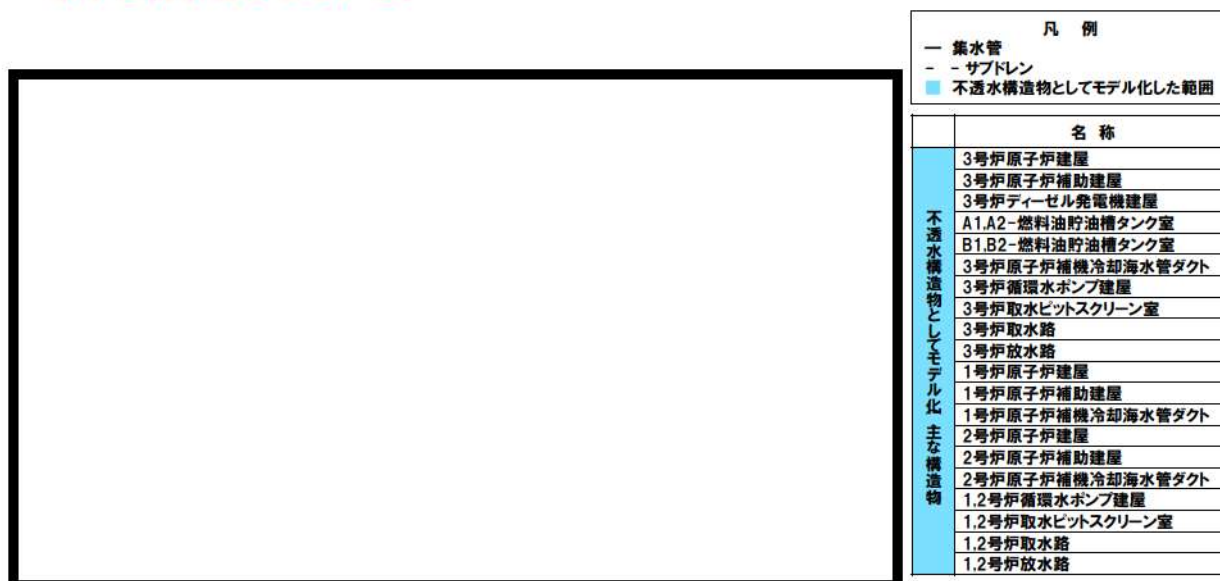
第 2.3-1 表 解析モデルのモデル化範囲等

項目	内容
モデル化範囲等	<ul style="list-style-type: none"> 敷地を取り囲む分水嶺(地中部も含む)までを対象範囲とする。 対象領域内の構造物をモデル化し、モデル化時点における敷地の掘削形状・埋戻土を適切に反映する。 モデル化対象時期は以下のとおり（詳細は添付資料 3 参照）。 妥当性検証解析モデル：2021 年度末時点 予測解析モデル：防潮堤設置後

敷地内における構造物等のモデル化範囲を、第 2.3-2 図に示す。原子炉建屋等の主要建屋を含む構造物については、全て不透水構造物としてモデル化する。

妥当性検証解析用のモデルにおいて、地下水排水設備については 1～3 号炉の集水管とサブドレンを「管路（大気圧開放）」としてモデル化している。

解析上は集水管とサブドレン位置で湧出する水量を合計して地下水排水設備で排水する湧水量としている。



第 2.3-2 図 構造物等のモデル化範囲

2.4 モデルの妥当性・保守性の確認

解析モデルに用いる透水係数等の解析用物性値を含めたモデルの妥当性・保守性を確認するため、妥当性検証解析を実施する。

妥当性検証解析において、降雨条件を泊発電所における積雪影響を除く時期（6月～11月）*2の30年平均年間降水量（1,212.2mm/年）として、三次元浸透流解析（定常解析）を実施し、敷地内の定常的な地下水位（解析水位）を確認し、観測水位との比較を行う。

□ 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。

※2 積雪影響の無い夏季の降雨条件による解析水位と，夏季の観測水位を比較することにより，解析モデルの妥当性・保守性の確認は可能であると考え，積雪影響を除く時期（6月～11月）を降雨条件に設定する。

その他の解析条件については，添付資料 2 に示す。このうち，解析結果に与える影響が大きいと考えられる透水係数の設定について第 2.4-1 表に示す。

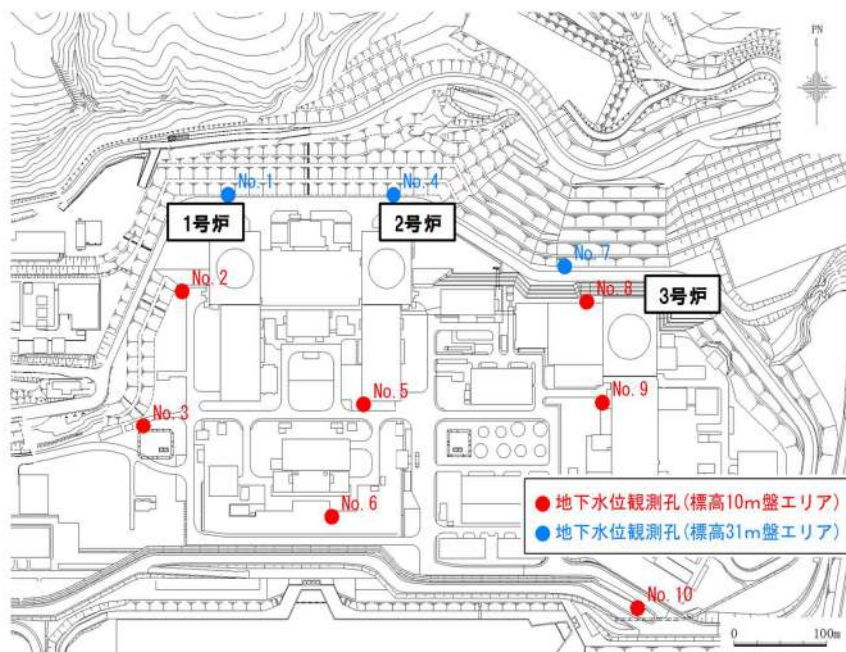
透水係数は泊 3 号炉建設時（設置許可時）に実施した透水試験等に基づき設定（添付資料 4 参照）する。

なお，岩盤部は 1 層の岩盤としてモデル化し，解析結果が保守的になる（解析水位が高くなる）ように，敷地に広く分布しており，全岩級の中で相対的に低い透水係数を示す A 級・B 級の透水係数を代表として使用する。

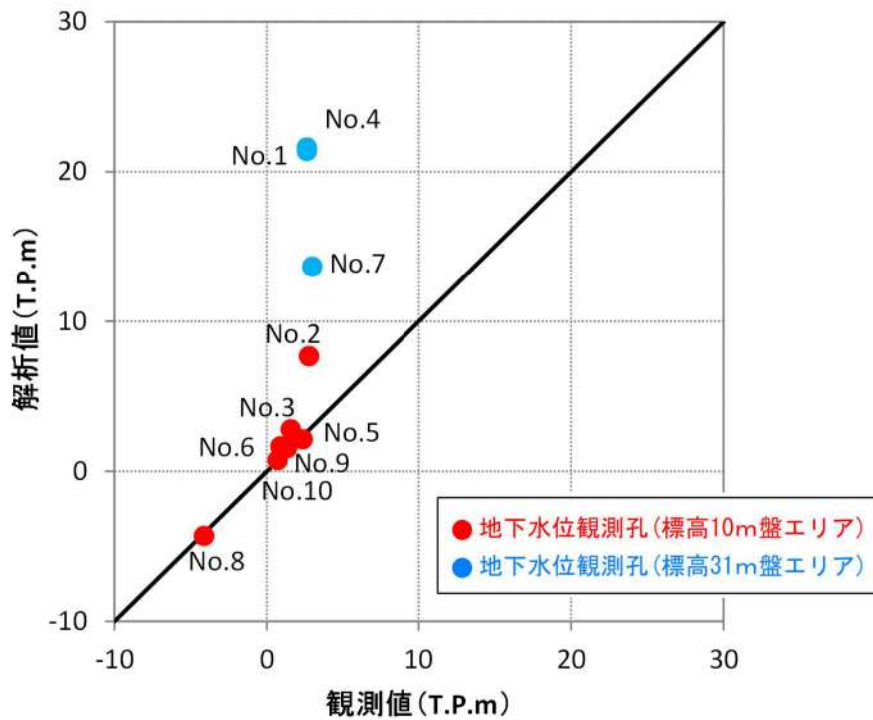
観測水位との比較に用いる観測水位の観測孔位置を第 2.4-1 図に，観測値と解析値の比較を第 2.4-2 図に示す。

第 2.4-1 表 透水係数

岩級	透水係数 (cm/sec)
岩盤部（A 級・B 級相当で設定）	2.5×10^{-5}
埋戻土	1.7×10^{-3}
構造物	不透水



第 2.4-1 図 観測孔位置

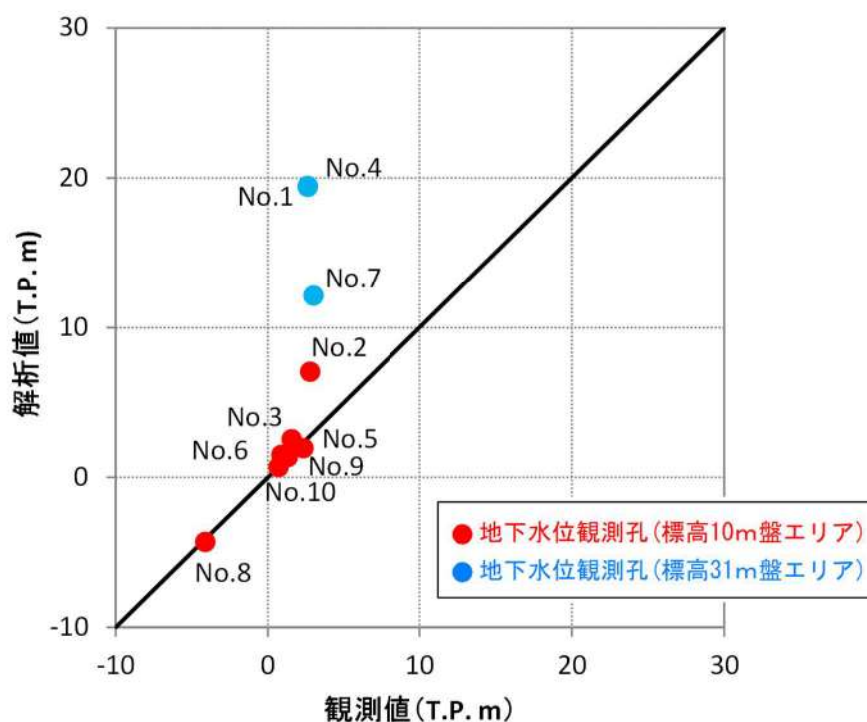


第 2.4-2 図 観測値と解析値の比較 (地下水位)

妥当性検証解析 (定常) の結果、観測孔位置における地下水位の解析水位は、観測値 (2019 年～2021 年の 6 月～11 月の期間の平均値) ※3 に対して、T.P.+10.0m 盤エリアでは概ね一致することから、妥当性を有するモデルとなっており、発電所敷地山側 (T.P.+10.0m 盤エリアより高標高の範囲) では解析値が観測値を上回ることから保守的なモデルとなっていることを確認した。

この結果から、予測解析においても解析水位が保守的 (解析水位が実態と比べて同等以上) に評価されると判断した。

※3 観測期間に対応する平均年間降水量 1,054.1mm/年の降雨条件にて解析を実施した場合の結果を第 2.4-3 図に示す。第 2.4-2 図に示す解析結果と同様の結果となることを確認している。



第 2.4-3 図 観測値と解析値の比較（地下水位）
（1,054.1mm/年の降雨条件）

また、本解析において算出された 3 号炉の地下水排水設備の湧水量の解析値は、第 2.4-2 表に示すとおり 3 号炉湧水ピットのポンプ揚水量の観測値（2019 年～2021 年の 6 月～11 月の期間の平均値）を上回っており、詳細設計段階におけるポンプ容量の設定に用いる解析モデルとしても保守的なモデルとなっていることを確認した。

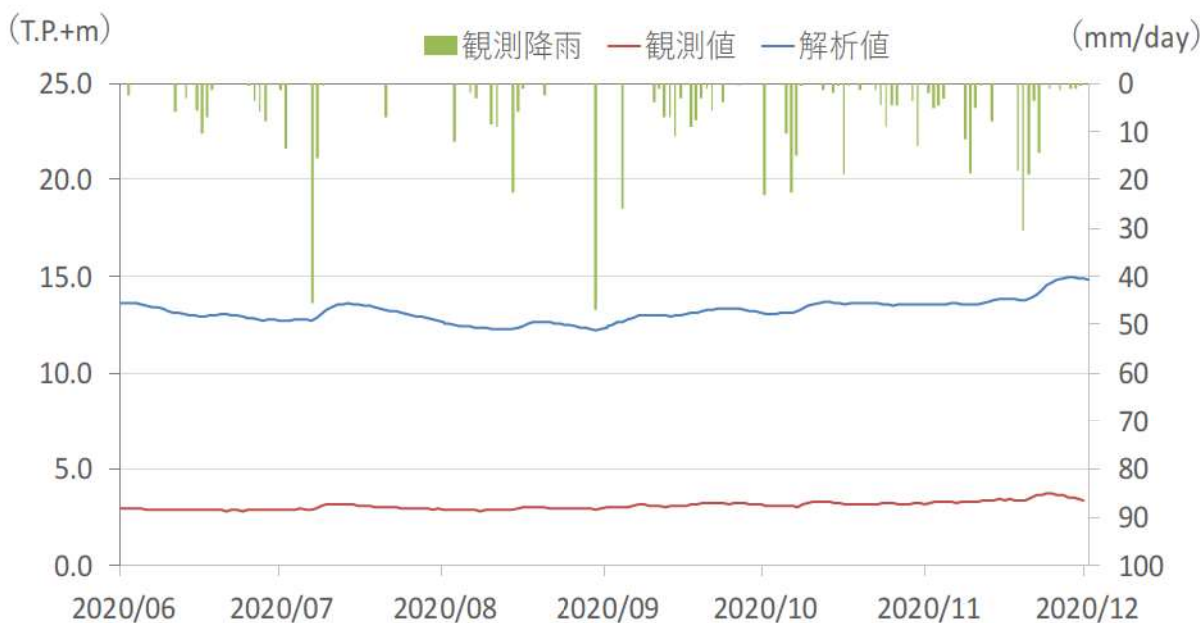
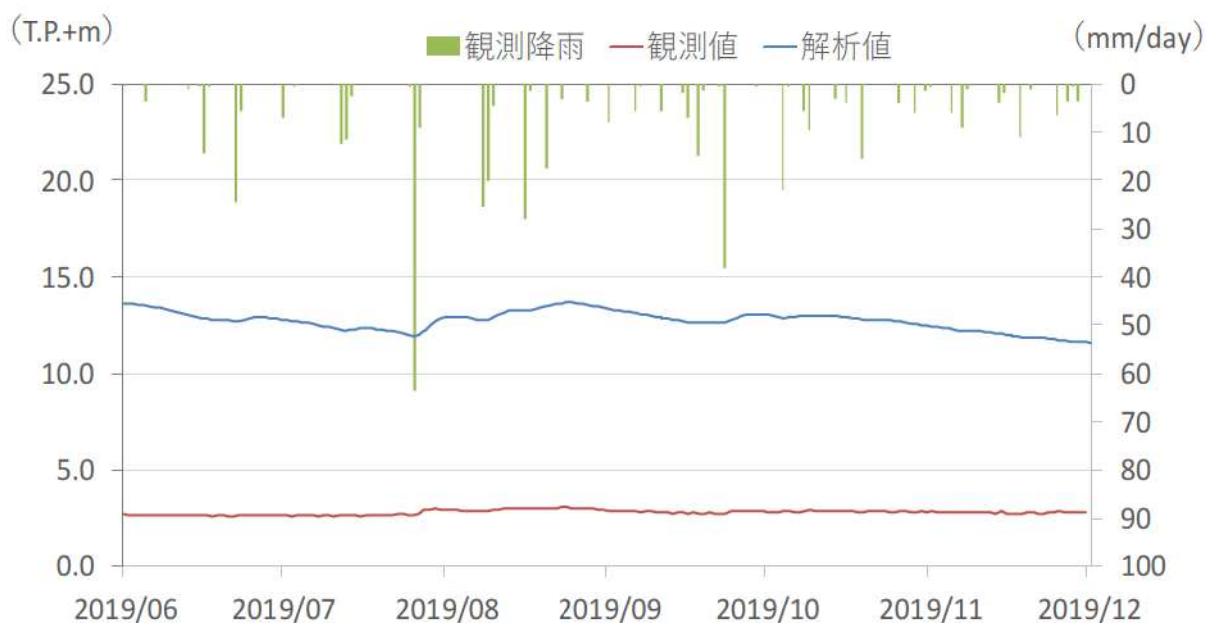
ただし、ポンプ容量の設定については、3 号炉湧水ピットのポンプ揚水量の既往最大観測値が記録された当時の状況を分析したうえで、ポンプ容量設定の考え方を詳細設計段階で説明する。

第 2.4-2 表 観測値と解析値の比較（3 号炉湧水ピットのポンプ揚水量）

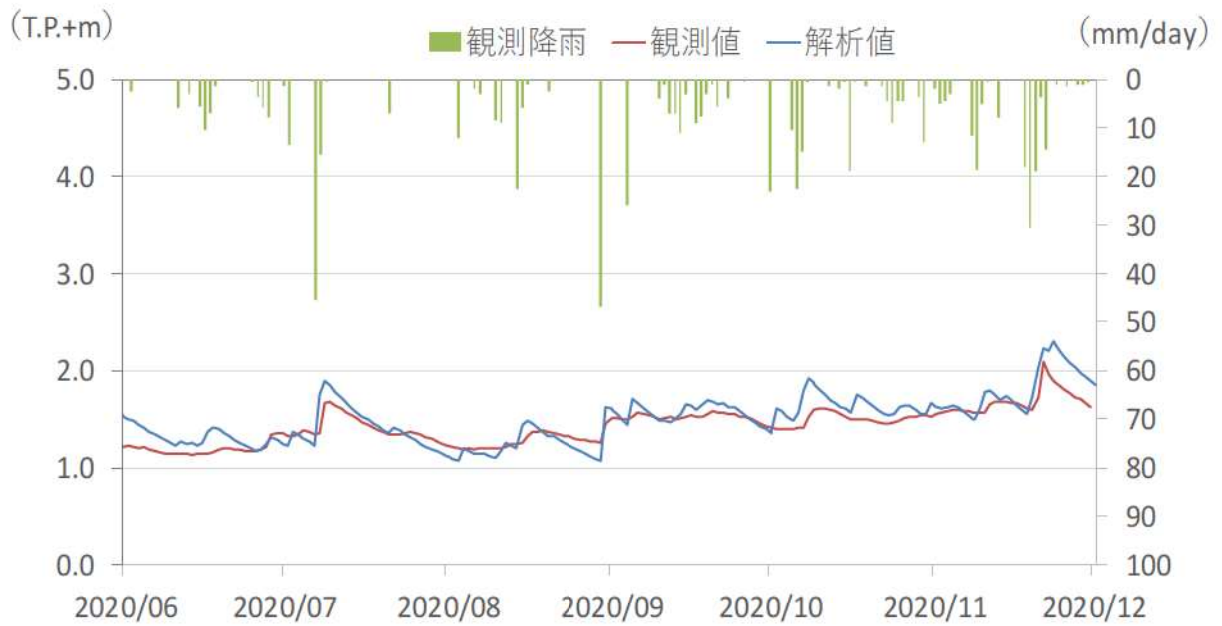
	揚水量 (m ³ /日)
観測値 (2019 年～2021 年の 6 月～ 11 月の期間の平均値)	48.6
解析値	88.2

妥当性検証解析においては、参考として非定常解析を実施し、水位の経時変化について確認した。

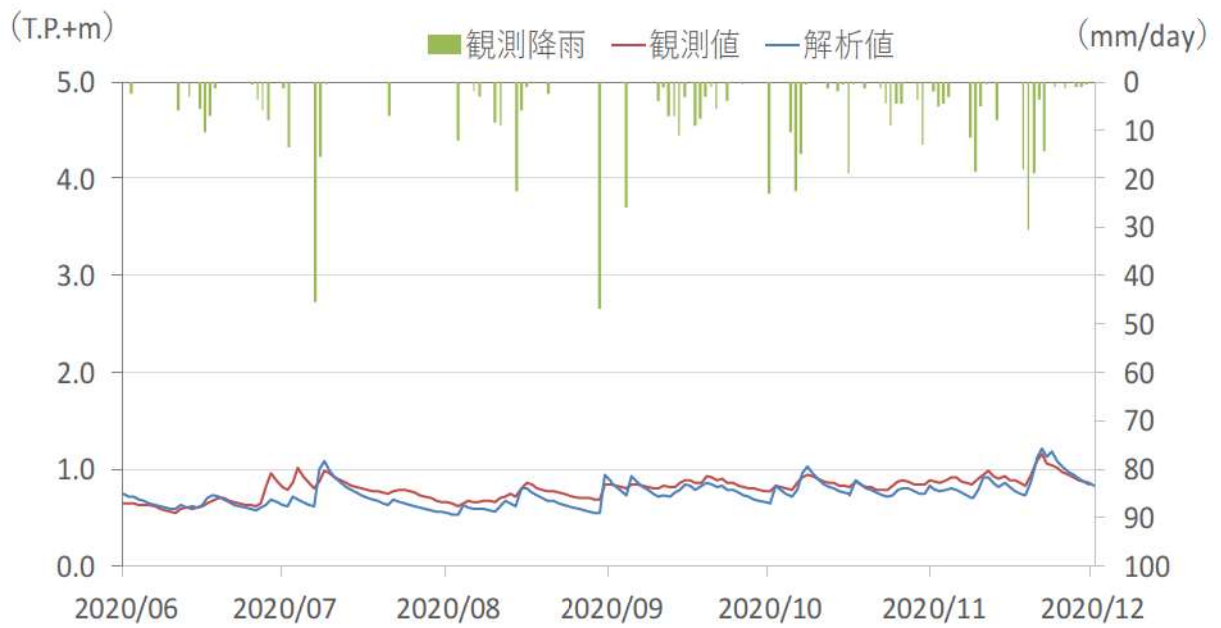
第 2.4-1 図に示す観測孔のうち、No.7 孔、No.9 孔及びNo.10 孔を例に解析水位と観測水位の経時変化を第 2.4-4 図に示す（その他の観測孔を対象とした非定常解析結果は添付資料 5 に示す。）。



第 2.4-4(1)図 地下水位の経時変化例 (No.7 孔)



第 2.4-4 (2)図 地下水位の経時変化例 (No.9 孔)



第 2.4-4 (3)図 地下水位の経時変化例 (No.10 孔)

No.7 孔は泊 3 号炉の山側の T.P.+31m 盤の斜面法尻部に位置し、埋戻土のない地点である。

No.9 孔及びNo.10 孔は T.P.+10m 盤に位置しており、No.9 孔は泊 3 号炉の海側の旧汀線よりも陸側に位置し、埋戻土の層厚が比較的薄い地点である。一方、No.10 孔は泊 3 号炉の海側の旧汀線よりも海側に位置し、埋戻土の層厚の比較的厚い地点である。

地下水位の経時変化に係わる観測値と解析値を比較すると、No.9 孔とNo.10 孔は概ね両者は同程度で推移しており、No.7 孔は解析値が観測値より高く推移している。降雨等に伴う水位変化の傾向はNo.7 孔、No.9 孔、No.10 孔の各孔にて概ね再現されている。

以上より、解析モデル全体として妥当性・保守性を有したモデルであることを確認した。

それぞれの観測孔における地下水位の経時変化の傾向を以下に示す。

a. No.7 孔

No.7 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+3m 付近を推移している。一方で、解析値では、それよりも高い概ね T.P.+14m 付近を推移している。

b. No.9 孔

No.9 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+2m 付近を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移している。











c. No.10 孔

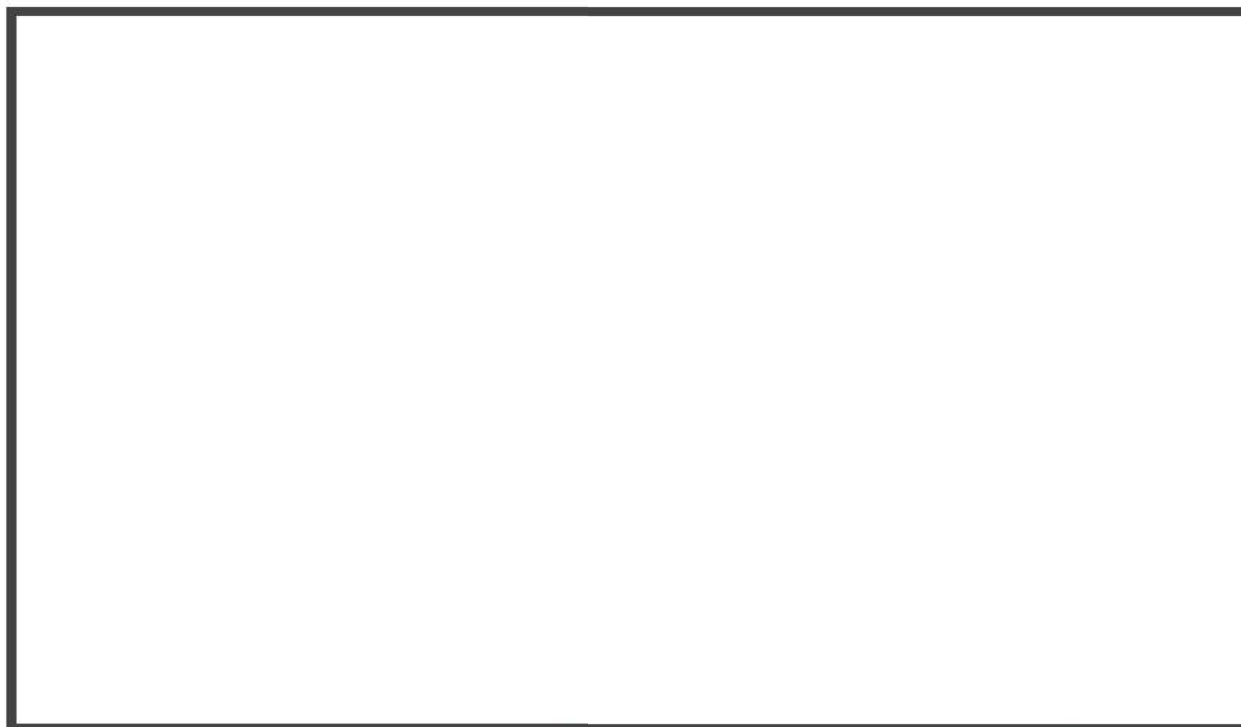
No.10 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+1m 付近を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移している。

2.5 設計地下水位の設定方針の策定

設置許可段階において、防潮堤設置後における地下水排水設備の機能に期待しない場合の定常的な地下水位分布を予測し、その結果を踏まえて各施設の設計地下水位の設定方針を策定するため、防潮堤設置後の敷地をモデル化した解析モデルを用いて、暫定の予測解析を実施する（妥当性検証解析用のモデルと予測解析用のモデルの相違点は添付資料 2 参照）。

暫定の予測解析結果を踏まえて設計地下水位の設定方針を策定する対象施設等を第 2.5-1 図、第 2.5-1 表に示す。対象施設は第 1-5 図で示した「地下水位上昇の影響を受ける可能性のある施設等」のうち、基礎地盤・周辺斜面及び原子炉建屋等の主要建屋を除いた全ての施設とする。

凡 例	
	耐震重要施設かつ常設重大事故等対応施設(屋外)
	耐震重要施設かつ常設重大事故等対応施設(地下埋設)
	耐震重要施設(屋外)
	耐震重要施設(地下埋設)
	常設重大事故等対応施設(屋外)
	常設重大事故等対応施設(地下埋設)
	アクセスルート (注1)
	保管場所 (注1)
	防潮堤 (注2)
	地下水位観測孔



第 2.5-1 図 暫定の予測解析結果を踏まえて設計地下水位の設定方針を策定する対象施設等

 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。

第 2.5-1 表 暫定の予測解析結果を踏まえて設計地下水位の設定方針を策定する
対象施設等

設備分類	設備名称
建物・構築物	B1,B2-燃料油貯油槽タンク室
屋外重要 土木構造物	取水路
	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 (注)	防潮堤
	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)
	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
	アクセスルート

(注) 津波防護施設は今後、変更となる可能性がある。

暫定の予測解析では、妥当性検証解析で妥当性・保守性を確認した解析モデルに対して、解析条件において以下に示す保守性を確保する。

・地下水排水設備の機能に期待しない

保守的に原子炉建屋等の主要建屋に設置された地下水排水設備の機能に期待しない条件にて浸透流解析を実施する。

・降雨条件

泊発電所における積雪影響を除く時期 (6月～11月) の30年 (1991年～2020年) 平均年間降水量は約 1,210mm であり、気象庁寿都特別地域気象観測所における同期間・同時期の平均年間降水量は約 1,420mm である。

浸透流解析における降水量の設定条件として、上記寿都観測所における積雪影響を除く時期 (6月～11月) ^{※4} の30年平均年間降水量にばらつきを考慮した値 (平均値+1 σ) に、今後の気候変動予測による降水量の変化^{※5}を加味し、解析用降水量 1,900mm/年を設定する (添付資料 1 参照)。

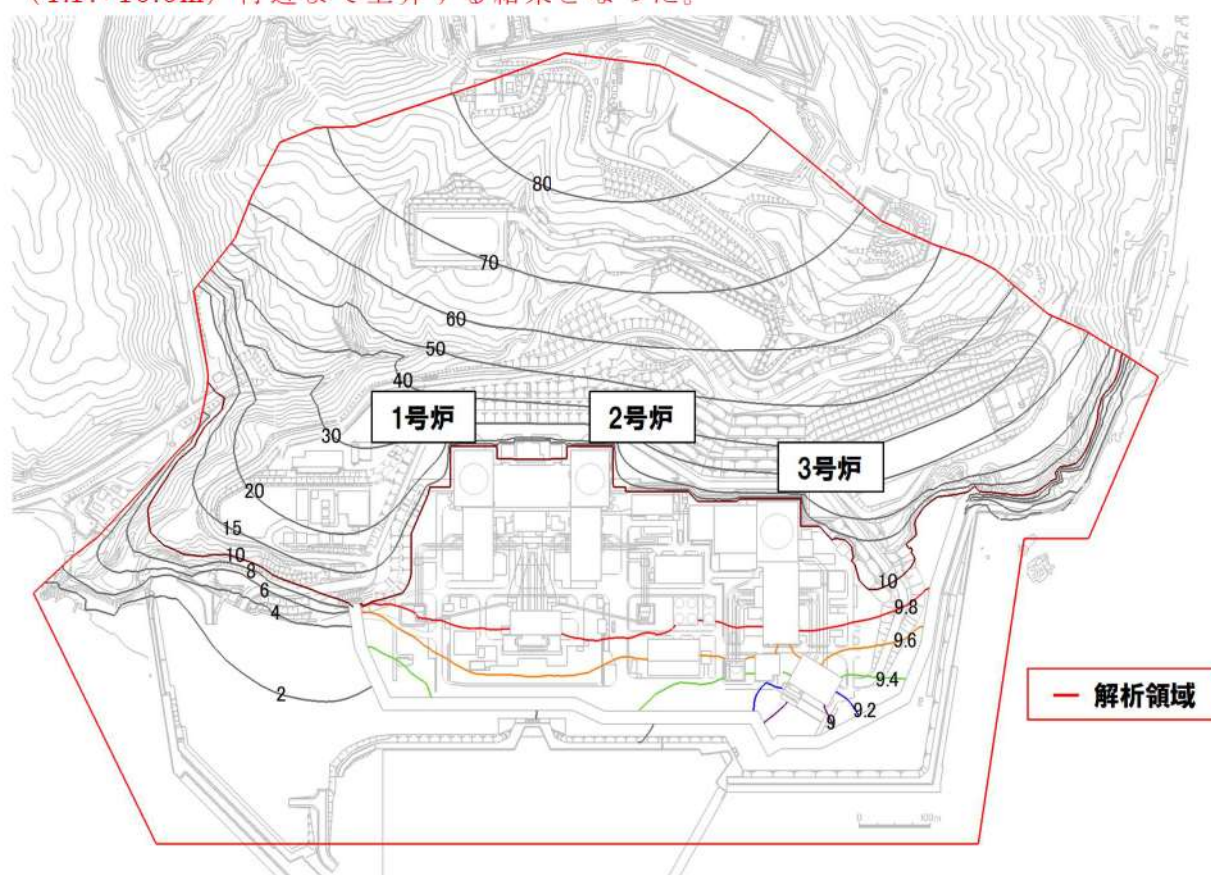
※4 寿都特別地域気象観測所における 1991年～2020年の期間の30年平均年間降水量は 1,250.6mm/年であるが、積雪影響を除く時期 (6月～11月) の30年平均年間降水量は 1,419.7mm/年となる。これを踏まえ、予測解析にお

いては、より保守的な降雨条件となるように、6月～11月の30年平均年間降水量を降雨条件のベース雨量として設定する。

※5 気象庁・環境省「日本国内における気候変動の不確実性を考慮した結果について」より

暫定の予測解析の結果を第2.5-2図に示す（防潮堤設置前の「妥当性検証解析結果の地下水位分布」については添付資料6参照）。

防潮堤の設置により敷地内から海側への排水経路が遮断されることから、敷地内に流入した地下水が滞留し、この結果、T.P.+10.0m盤エリアでは地下水位が地表面（T.P.+10.0m）付近まで上昇する結果となった。



（注）防潮堤の形状は今後、変更となる可能性がある。

第2.5-2図 三次元浸透流解析結果（定常状態・防潮堤設置後モデル）

暫定の予測解析結果を踏まえた「設計地下水位の設定方針」を以下に示す（浸透流解析結果を用いない基礎地盤・周辺斜面及び原子炉建屋等の主要建屋についての設定方針も併せて示す。）。

- ① 設置許可段階で安定性評価が要求される基礎地盤・周辺斜面については、設計地下水位を地表面に設定する。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においても同様に地表面とする。
- ② 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、建屋下の地下水を排水することで建屋基礎底面下に設計地下水位を設定する。
- ③ ①、②以外の施設等については、以下のとおり設計地下水位を設定する。
- ▶ T.P.+10.0m 盤エリアに設置される施設等については、設計地下水位を地表面に設定する（なお、地表面以上の表面水については構内排水路により外洋へ排出されることから、地下水位が地表面以上に上昇することはない。）。
 - ▶ T.P.+10.0m 盤より高標高に設置される施設等については、自然水位^{※6}に基づき設計地下水位を設定する。
- ※6 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

第 2.5-2 表 施設等の設計地下水位の設定方針

設備分類	設備名称	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評価する斜面も含む）	
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	地表面に設定
屋外重要 土木構造物	取水路	地表面に設定
	取水ビットスクリーン室	
	取水ビットポンプ室	
	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（注2）	防潮堤	自然水位（注1）に基づき設定
	3号炉取水ビットスクリーン室防水壁	
	3号炉放水ビット流路縮小工	
	1,2号炉取水ビ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（注1）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）	自然水位（注1）に基づき設定
	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）	地表面に設定
	アクセスルート（T.P.+10.0m 盤）	








（注1）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

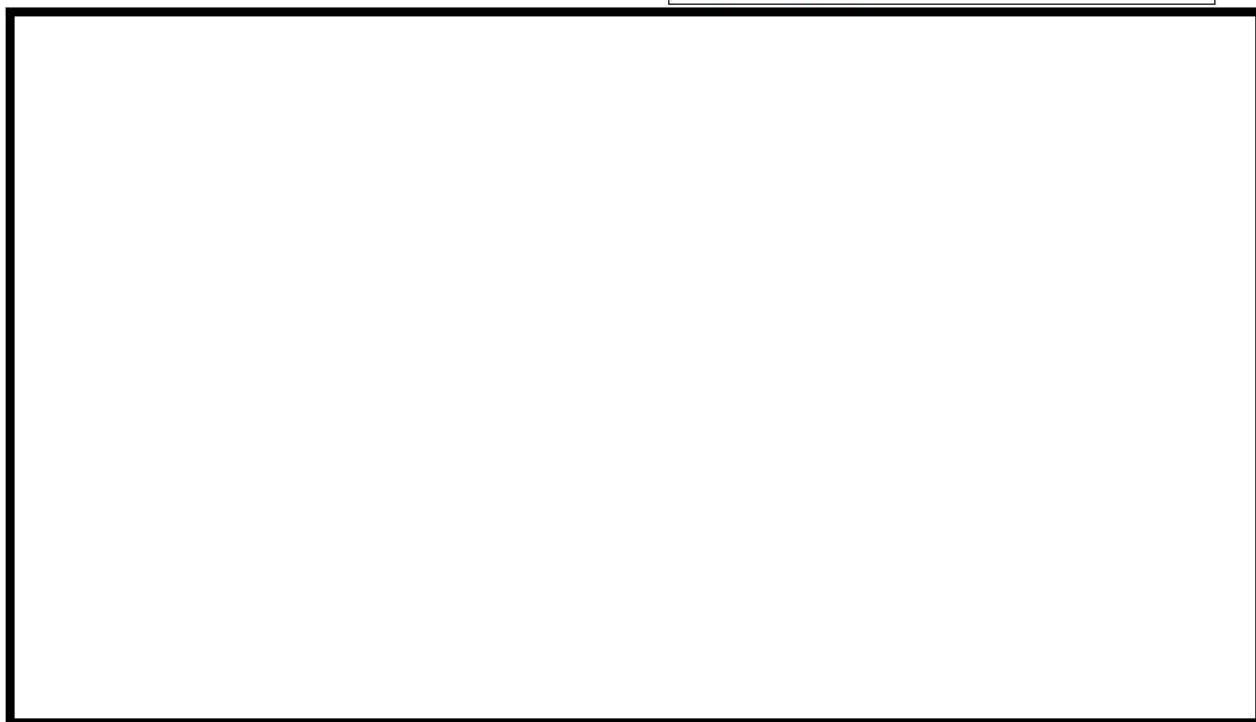
（注2）津波防護施設は今後、変更となる可能性がある。

設置許可段階における各施設の構造成立性検討用の設計地下水位の設定については、上記の方針を踏まえ、個別の説明において他の設計条件と併せて説明する。

設計地下水位の設定方針と施設等の位置関係について第 2.5-3 図に示す（周辺斜面については記載省略）。

なお、防潮堤よりも海側に設置される施設等（屋外排水路逆流防止設備、取水口等）の設計地下水位の設定については、構造成立性に係わる個別の説明において、他の設計条件と併せて説明する。


凡 例	
	T.P.+10.0m盤エリア
	地下水位を地表面に設定する施設等
	地下水位を自然水位に基づき設定した水位とする施設等
	原子炉建屋等の主要建屋(地下水位:基礎底面下)
	アクセスルート(注1)
	保管場所(注1)
	地下水位観測孔



第 2.5-3 図 敷地内に設置される施設等の位置関係図

「設計地下水位の設定方針」における、泊 3 号炉の特徴は以下のとおり。

- 原子炉建屋等の主要建屋においては、泊 3 号炉では地下水排水設備の機能に期待することで建屋基礎底面下に設計地下水位を設定し、既工認の設計条件を変更しない方針としている。
- 主に耐震重要施設等が設置されるエリア（泊 3 号炉では T.P.+10m 盤エリア）の設計地下水位について、泊 3 号炉では地下水排水設備の機能に期待せず、三次元浸透流解析の暫定の予測解析結果を踏まえ、保守的に全て地表面に設定する方針としている。

 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。

第 2.5-3 表 設計地下水位の設定方針の比較表

設備分類	小分類・設置標高等 (泊 3 号炉)	設計地下水位の設定方針		
		泊 3 号炉	島根 2 号炉 ^(注 1)	女川 2 号炉 ^(注 1)
基礎地盤・ 周辺斜面	基礎地盤	地表面に設定	地表面に設定	地表面に設定 (保管場所・アクセスルートにおいて評価する斜面の一部は自然水位より保守的に設定)
	周辺斜面 (保管場所・アクセスルートにおいて評価する斜面も含む)			
建物・ 構築物	・原子炉建屋等の主要建屋 (地下水排水設備を有する建屋) ・T.P.+10.0m 盤エリアに設置	地下水排水設備の機能に期待して、設計地下水水位を設定 (<u>建屋基礎底面下に設計地下水水位を設定</u>)	地下水水位低下設備の機能に期待して、設計地下水水位を設定	地下水水位低下設備の機能を考慮した設計地下水水位を設定
	・B1.B2-燃料油貯油槽タンク室 ・T.P.+10.0m 盤エリアに設置	<u>地表面に設定</u>	(該当設備なし)	(該当設備なし)
屋外重要 土木構造物	T.P.+10.0m 盤エリアに設置	<u>地表面に設定</u>	自然水位より保守的に設定した水位	地下水水位低下設備の機能を考慮した設計地下水水位を設定又は地表面に設定
津波防護施設	T.P.+10.0m 盤エリアに設置			
重大事故等 対処施設	T.P.+10.0m 盤より高標高に設置	自然水位 ^(注 2) に基づき設定		自然水位より保守的に設定した水位又は地表面に設定
保管場所・ アクセスルート	T.P.+10.0m 盤エリア	<u>地表面に設定</u>	地下水水位低下設備の機能を考慮した設計地下水水位を設定又は地表面に設定	
	T.P.+10.0m 盤より高標高	自然水位 ^(注 2) に基づき設定		

(注 1) 先行炉の情報に係わる記載内容については、会合資料等に基づき、弊社の責任において独自に解釈したもの。

(注 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

2.6 設計地下水位の設定 (詳細設計段階)

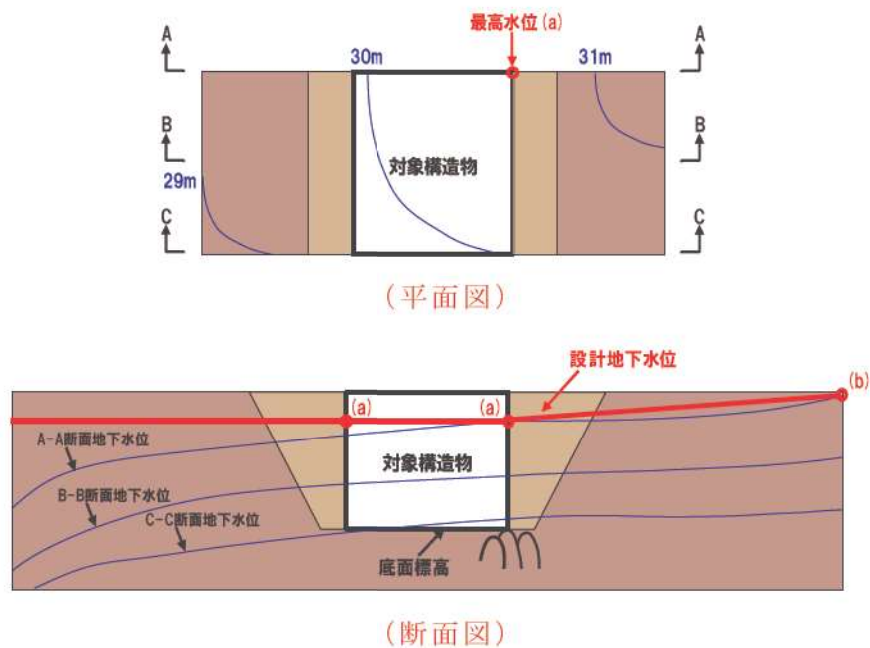
詳細設計段階における「設計地下水位の設定」において、三次元浸透流解析の予測解析結果に基づき設計地下水位を設定する施設等 (T.P.+10m 盤より高標高に設置される施設等) について、設計地下水位を設定する場合の設定例を以下に示す。

- ▶ 三次元浸透流解析により得られた予測解析水位を参照し、これを包絡するように施設ごとに設計地下水位を設定する。具体的な設定方針は以下のとおり。設定方法のイメージを第 2.6-1 図に示す。

(a) 三次元浸透流解析の予測解析に基づく地下水水位分布より、対象となる構造物の範囲においての最高水位を読み取り、構造物側面の水位とする。

(b) 構造物周辺の水位は、構造物側面の水位とその側方地盤の最高水位を結ぶ。なお、側方地盤の地下水水位が構造物から離れる方向に低下しても設計地下水位は最高水位で一定とする。

- ▶ 予測解析水位が対象施設の底面標高を下回る場合は、耐震評価において設計地下水位は設定しないものとする。



第 2.6-1 図 対象構造物の設計地下水位の設定例

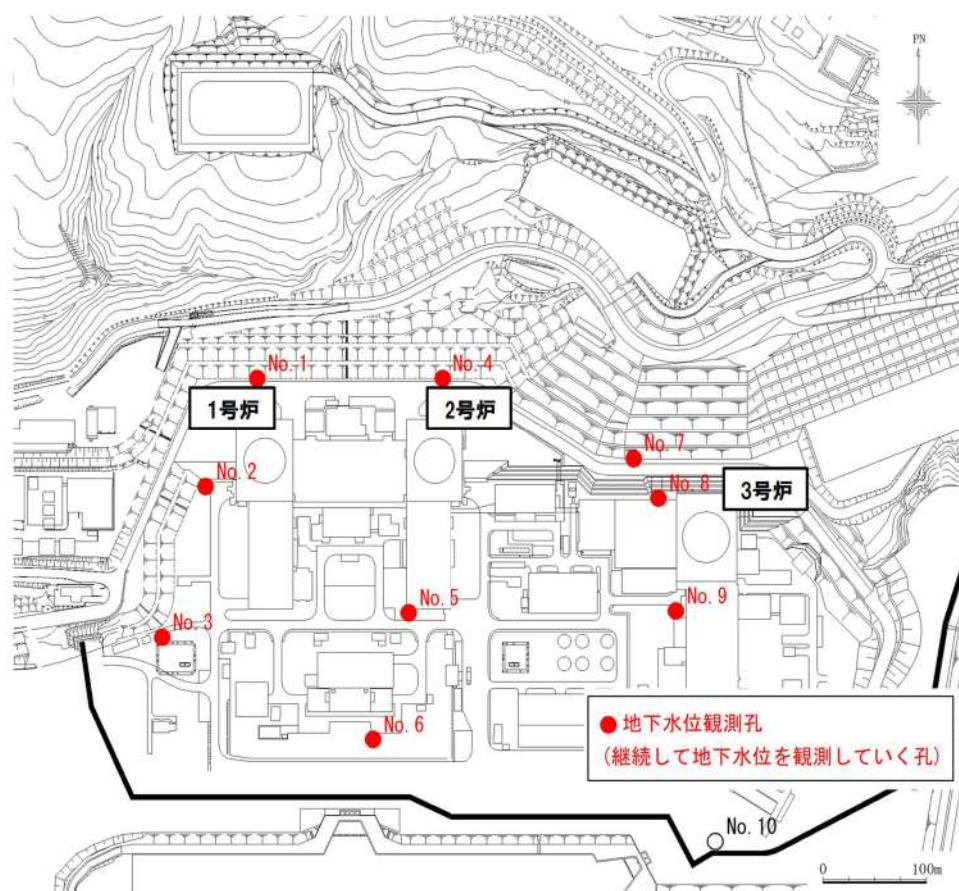
なお、詳細設計段階において設定される設計地下水位は、予測解析水位に対して裕度を考慮しなくても、以下の観点から保守性は十分確保されているものと考えている。

- ① 予測解析水位自体が以下に示すとおり、十分に保守性を有したものである。
 - ・ 妥当性検証解析結果は、T.P.+10m 盤より高標高においては解析結果が観測水位を上回っており、解析モデルとして十分な保守性を有している。
 - ・ 予測解析は、「地下水排水設備の機能に期待しない」、「降雨条件を保守的に設定」等の保守性を見込んだ条件で実施している。
- ② 予測解析水位を包絡するように設計地下水位を設定することで保守的な設定となっている。

2.7 観測による設計地下水位の検証

設計地下水位の設定に用いる予測解析は防潮堤設置後の状態をモデル化することから、予測解析結果の妥当性の検証として、防潮堤設置後の地下水位観測記録を用いて、解析結果が観測記録に対して保守的であることを確認する。

なお、今後の設計地下水位設定の信頼性確認等への活用を念頭に、第 2.7-1 図のうちNo.1 孔～No.9 孔については防潮堤による影響の検証後も観測を継続し、基礎データとして集積していく（観測孔No.10 については、防潮堤設置位置に干渉する見込みとなるため、将来的な継続観測孔として設定していない。）。



(注) 防潮堤の形状は構造検討中であり、今後、変更となる可能性がある。

第 2.7-1 図 地下水位観測計画位置

敷地の水文環境

泊発電所の敷地は、海岸線から山側に向かって標高 40～130m の丘陵地で、海岸に向かって次第に低下し、海岸付近では急峻な海食崖となっている。

敷地を含む周辺の表流水のほとんどは、敷地北側の茶津川（流域面積 2.9km²）及び敷地東側の発足川（流域面積 18.2km²）に集まり、日本海へ注いでいる。

山側に降った雨は、蒸発散分を除き、表面水として敷地へ流入するものと岩盤内に浸透し地下水として敷地に流入するものに分かれる。

表面水は構内排水路を通じて海へ排水される。また、地下水は主要建屋周辺に設置した地下水排水設備により集水後、放水路へ排水される。

主な地表水の流れを添付 1-2 図に示す。



— 分水嶺

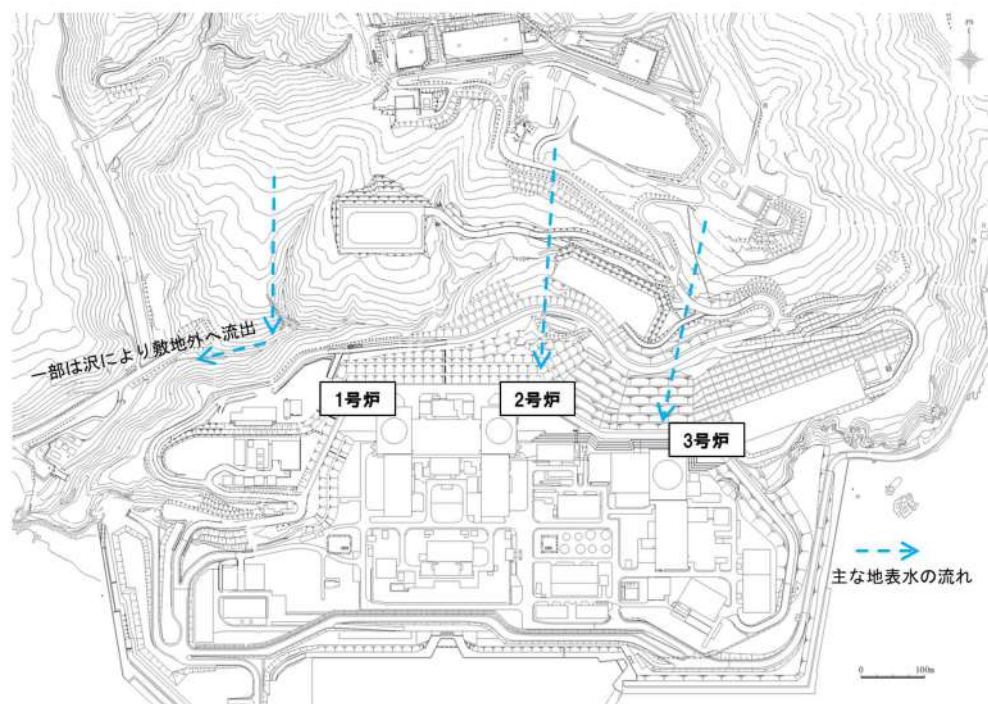
泊原子力発電所周辺の空中写真
出典：北海道電力㈱（1981年撮影）



— 分水嶺

泊原子力発電所周辺の空中写真
出典：北海道電力㈱（1981年撮影）

添付 1-1 図 発電所周辺の分水嶺等の分布状況
(上段：空撮のみ 下段：等高線重ね合わせ)



添付 1-2 図 発電所周辺の主な地表水の流れ

地下水位の設定に係わる浸透流解析における、敷地の地下水位に影響を与える降雨条件について、保守的な評価となるよう検討する。

降雨条件については、泊発電所の周辺に位置する気象庁寿都特別地域気象観測所の過去30年間（1991～2020年）の積雪影響を除く時期（6月～11月）の年間降水量の記録に基づき、年間降水量の平均値及びばらつきを考慮する。この期間における年間降水量の平均値は、1,419.7mm/年であり、ばらつきを考慮した値（平均値+1 σ ）は1,664mm/年である。

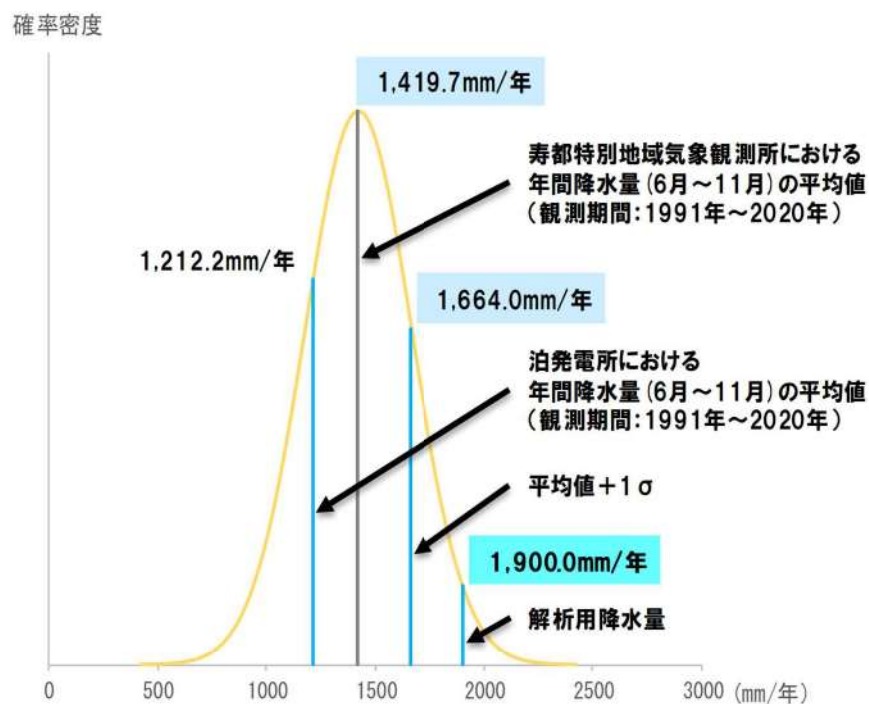
また、気象庁・環境省における今後の気候変動予測に関する分析によると、北日本日本海側において、地球温暖化が深刻に進展したシナリオでは、将来的に（2080年～2100年）年間降水量が約160mm/年増加する可能性があることが報告されている。

上記を踏まえ、地下水位の設定に係わる浸透流解析（予測解析）を実施するに当たっては、降雨条件として1,900mm/年を用い、定常的に与えることとする。

添付 1-1 表 浸透流解析に用いる降雨条件の考え方

(単位：mm/年)

		ベース降水量	累計降水量
(参考) 泊発電所における 年間降水量の平均値 (6月～11月)		1,212.2	
寿都特別地域気象観測所における 年間降水量の平均値		1,419.7	
加味する 保守性	標準偏差 1σ	(+244.3)	1,664.0
	気候変動予測における 降水量の将来的な増加量	(+153.9)	1,817.9
	保守性を考慮	(+ 82.1)	1,900.0
解析用降水量		1,900	

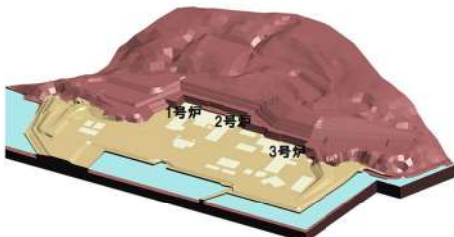
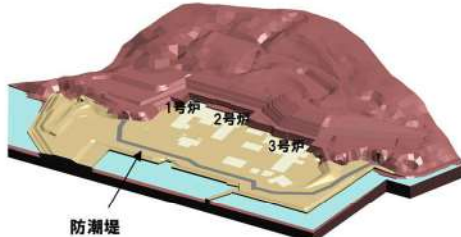


添付 1-3 図 寿都特別地域気象観測所の年間降水量の正規分布

三次元浸透流解析モデル・条件

妥当性検証解析と予測解析それぞれの解析の目的・モデル条件について比較表を添付 2-1 表に示す。なお、解析条件の詳細については、詳細設計段階で説明する。

添付 2-1 表 妥当性検証解析と予測解析の比較表

審査区分	設置許可段階		詳細設計段階	
解析区分	妥当性検証解析		予測解析 (暫定)	
	定常解析	非定常解析	定常解析	
解析の目的	解析モデル・条件の妥当性及び保守性確認	左記に対する参考・補足的な位置付け	設計地下水水位設定方針の策定	
解析条件	(1)透水係数	透水試験結果等に基づき設定 (添付資料 4 参照) ・岩盤部: 2.5×10^{-5} cm/sec (保守的な評価となるよう、A 級・B 級の透水係数で一律に設定) ・埋戻土: 1.7×10^{-3} cm/sec ・構造物: 不透水		
	(2)鳥瞰図			
	(3)モデル化条件	防潮堤設置前 (添付資料 3 参照) ・検証期間: 2019.6~2021.11 に対応した状態 ・敷地でこれまでに実施した地盤改良範囲については、岩盤部と同じ透水係数を設定してモデル化している。	防潮堤設置後 (添付資料 3 参照) ・防潮堤については、透水係数を不透水に設定してモデル化している。 ・敷地でこれまでに実施した地盤改良範囲については、岩盤部と同じ透水係数を設定してモデル化している。	
	(4)境界条件	海側境界モデル: 朔望平均満潮位に水位固定 山側境界モデル: 不透水 モデル下端境界: T.P.-50m で不透水		
	(5)初期水位	空水状態から解析を実施 (定常解析においては、初期水位の条件は解析結果に影響がない。)	妥当性検証解析の定常解析結果を初期水位に設定	空水状態から解析を実施 (定常解析においては、初期水位の条件は解析結果に影響がない。)
	(6)地下水排水設備	機能に期待する (1~3号炉地下水排水設備による湧水の排水) (集水管及びサドレンを管路条件 (大気圧開放) として設定)		水位予測時: 機能に期待しない 湧水量予測時: 3号炉地下水排水設備のみ機能に期待する
	(7)降雨条件	泊発電所降雨 (6月~11月) 30年年間平均降雨 $\Rightarrow 1,212.2$ mm/年	泊発電所降雨 (6月~11月) 2019年, 2020年の実降雨	寿都気象観測所降雨 (6月~11月) 30年年間平均降雨+保守性 $\Rightarrow 1,900$ mm/年
解析結果の検証	敷地地下水水位観測記録 (6月~11月) 2019年, 2020年, 2021年と解析結果の比較	敷地地下水水位観測記録 (6月~11月) 2019年, 2020年と解析結果の比較	(防潮堤設置後の地下水水位データを集積し、比較検証を実施予定)	

青字: 保守的な設定とした条件

三次元浸透流解析のモデル化対象時期

「地下水排水設備や防潮堤等の地下水に影響を与える設備の設置時期」及び「敷地の地下水位観測期間」と「三次元浸透流解析のモデル化対象時期」との時系列関係を添付 3-1 図に示す。

なお、妥当性検証解析の対象期間中においては、地下水位に影響を及ぼすと考えられる安全対策工事は実施していない。



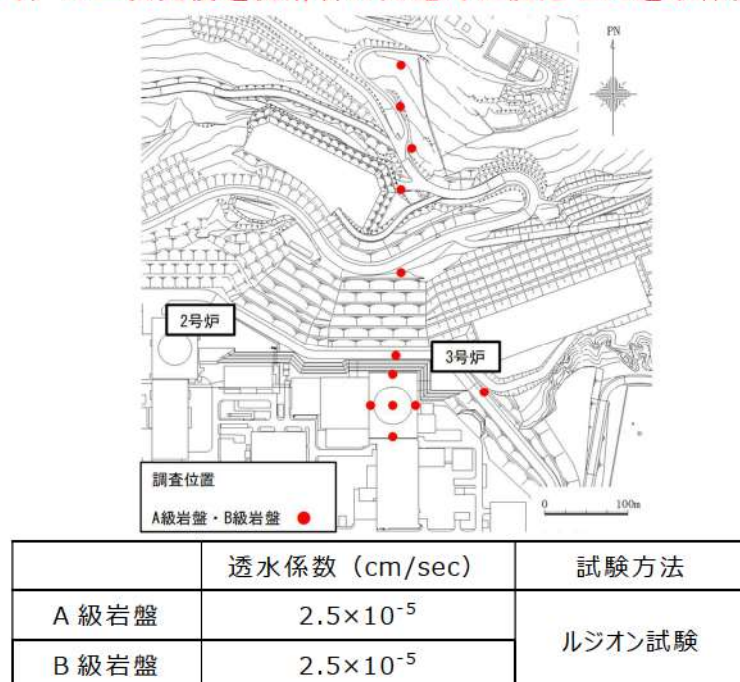
添付 3-1 図 三次元浸透流解析のモデル化対象時期

透水係数の妥当性確認

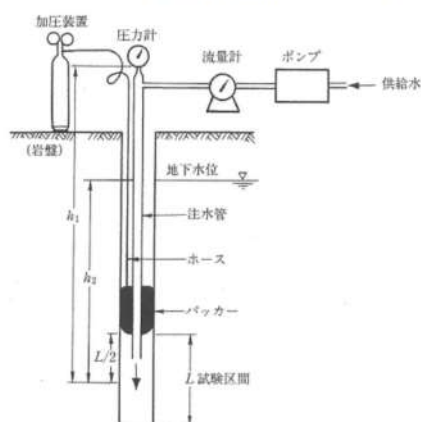
1. 岩盤部

三次元浸透流解析を行うに当たり、岩盤部は1層の岩盤としてモデル化し、浸透流解析結果が保守的になる（解析水位が高くなる）ように、敷地に広く分布しており、全岩級の中で相対的に低い透水係数を示すA級・B級岩盤の透水係数を代表として設定した。^{※1}

A級・B級岩盤の透水係数は添付4-1図のとおり、現場透水試験に基づき3号炉建設時（設置許可時）の二次元浸透流解析の実施時に設定した透水係数を踏襲した。



添付 4-1 図 現場透水試験結果（A 級・B 級）

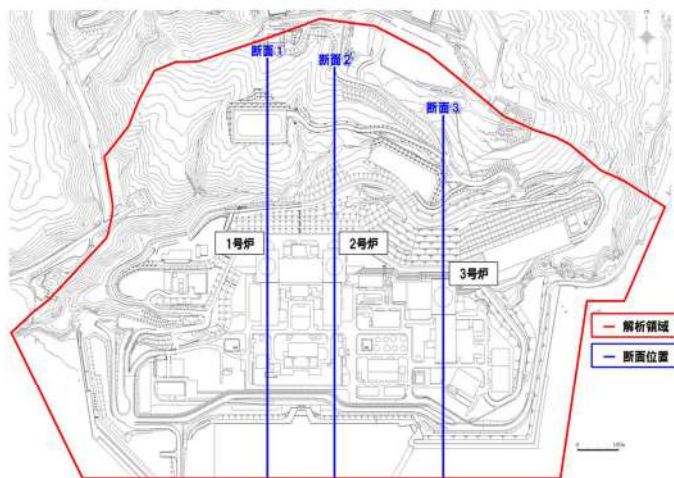
添付 4-2 図 現場透水試験（ルジオン試験）の概要図
（地盤調査の方法と解説(地盤工学会，2013)）

※1 岩盤部の透水係数を火砕岩類 A 級・B 級で代表することの妥当性について

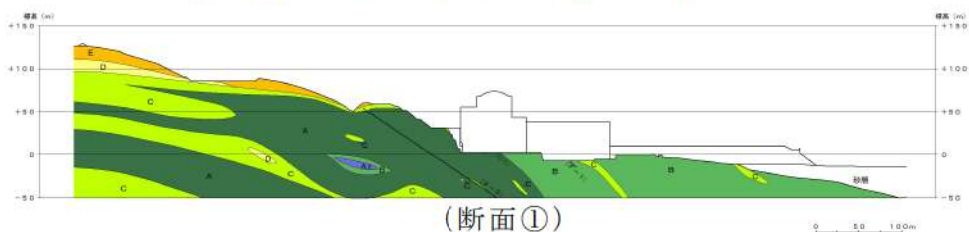
3号炉建設時(設置許可時)に実施した二次元浸透流解析では各岩級をモデル化し、それぞれの岩級に応じた透水係数を設定していたが、今回の三次元浸透流解析においては、解析結果が保守的な結果になるように、岩盤部を一層の岩盤としてモデル化し、A 級・B 級の透水係数 ($2.5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$) を設定している。この考え方の妥当性について以降に示す。

敷地内における各岩級の分布状況を確認するため、断面①～③にて浸透流解析の解析領域内における各岩級の出現頻度を算出した。

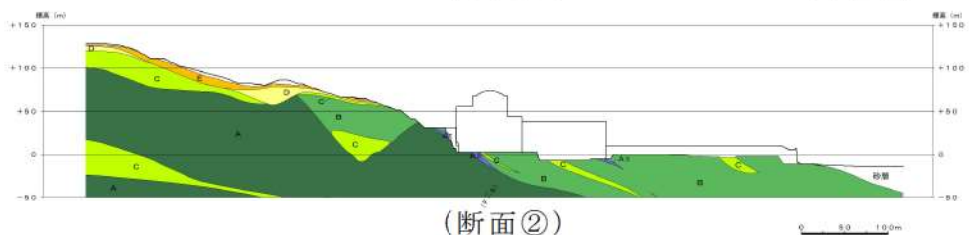
各断面の位置図を添付 4-3 図に、各断面の岩盤分類図を添付 4-4 図に示す。



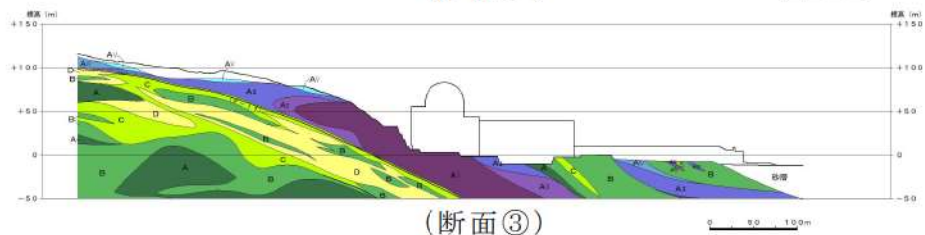
添付 4-3 図 浸透流解析範囲と断面位置図



(断面①)



(断面②)



(断面③)

添付 4-4 図 各断面における岩盤分類図

出現する各岩級の透水係数を添付 4-1 表、各岩級の出現頻度の算出結果を添付 4-2 表に示す。

添付 4-1 表に示すとおり、透水係数が A 級・B 級岩盤の透水係数 $2.5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ よりも明確に低い（1 オーダーの差がある）岩種・岩級は、A_I 級、A_{II} 級、D 級であり、これらの岩級の出現頻度は添付 4-2 表の算出結果に示すとおり、解析領域において約 1 割と少ない。

よって、解析領域の岩盤部は全体として、A 級・B 級岩盤と同等もしくは高透水であると考えられることから、浸透流解析モデルの設定条件として A 級・B 級岩盤の透水係数（ $2.5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ）を一律に設定することは、解析結果が実態よりも保守的になる（解析水位が高くなる）ものと考えられる。

なお、妥当性検証解析（定常）の結果においても、解析値が観測値と概ね一致するか上回る結果（別紙 10-第 2.4-2 図参照）となることを確認している。

添付 4-1 表 各岩級の透水係数

（3 号炉建設時（設置許可時）の二次元浸透流解析で使用した設定値）

岩種・岩級		透水係数 (cm/s)
火砕岩類	A 級	2.5×10^{-5}
	B 級	2.5×10^{-5}
	C 級	2.0×10^{-5}
	D 級	7.9×10^{-6}
	E 級	3.2×10^{-4}
安山岩	A _I 級	6.3×10^{-6}
	A _{II} 級	7.9×10^{-6}
	A _{III} 級	3.2×10^{-5}
	A _{IV} 級	2.5×10^{-4}
	A _V 級	4.0×10^{-5}

透水係数が $2.5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ よりも明確に低い岩種・岩級

添付 4-2 表 各岩級の出現頻度の算出結果

（単位：％）

	火砕岩類					安山岩				
	A 級	B 級	C 級	D 級	E 級	A _I 級	A _{II} 級	A _{III} 級	A _{IV} 級	A _V 級
断面①	51.1	19.2	23.9	2.1	3.3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
断面②	55.8	27.3	12.7	1.9	1.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
断面③	13.4	29.8	14.8	13.3	0.0	13.1	4.4	9.4	1.1	0.8
平均	41.4	25.2	17.2	5.4	1.8	3.9	1.3	3.1	0.3	0.2

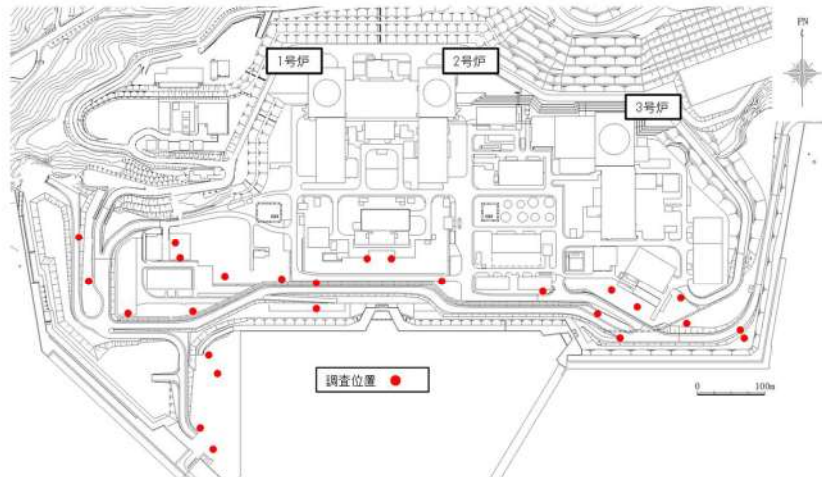
□ 計 10.6%

2. 埋戻土

埋戻土については、浸透流解析結果が保守的になる（解析水位が高くなる）ように、粒径加積曲線から求めた 20%粒径 D_{20} の最低値（0.1mm 程度）を用いて、クレーガーの方法*（地盤工学会）により添付 4-6 図から推定した透水係数 $1.7 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ を設定した（添付 4-6 図より $D_{20}=0.1\text{mm}$ として透水係数 $1.75 \times 10^{-3} \text{cm/s} \doteq 1.7 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ とした。）。

※粒径加積曲線から求まる 20%粒径 D_{20} を用いて透水係数の概略値を推定する方法
埋戻土は敷地全体に分布しているため、幅広い地点で試験を実施した。

なお、1,2 号炉の敷地と 3 号炉の敷地では埋戻土の性状（粒度分布等）が異なるものの、保守的に敷地全体の埋戻土の 20%粒径 D_{20} の最低値から透水係数を設定していることから、1~3 号炉の敷地の埋戻土の透水係数を同一として扱っても問題はないと考えている。



	20%粒径 (mm) (最低値)	透水係数 (cm/sec)
埋戻土	0.1	1.7×10^{-3}

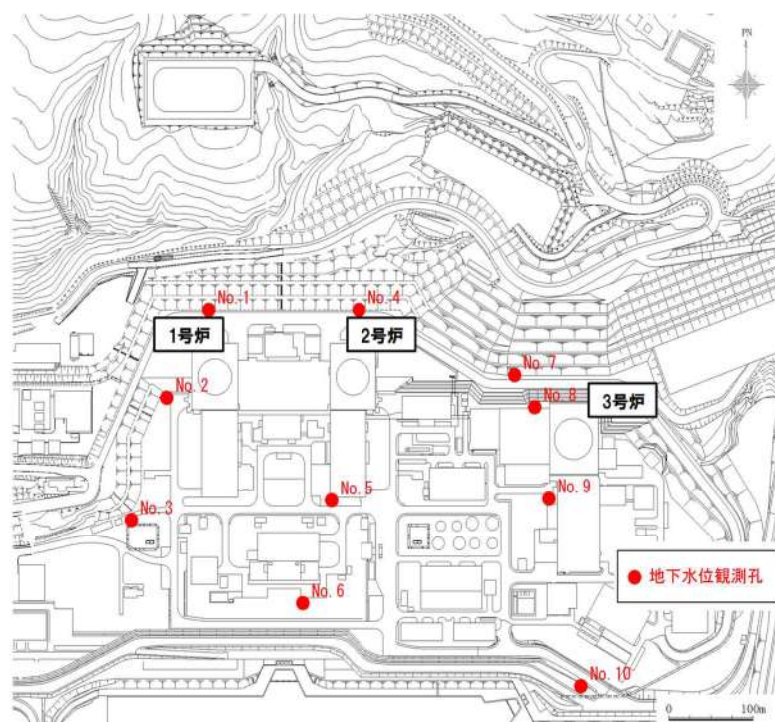
添付 4-5 図 埋戻土の粒度試験結果

D_{20} (mm)	k (m/s)	D_{20} (mm)	k (m/s)
0.005	3.0×10^{-8}	0.18	6.85×10^{-5}
0.01	1.05×10^{-7}	0.20	8.90×10^{-5}
0.02	4.00×10^{-7}	0.25	1.40×10^{-4}
0.03	8.50×10^{-7}	0.30	2.20×10^{-4}
0.04	1.75×10^{-6}	0.35	3.20×10^{-4}
0.05	2.80×10^{-6}	0.40	4.50×10^{-4}
0.06	4.60×10^{-6}	0.45	5.80×10^{-4}
0.07	6.50×10^{-6}	0.50	7.50×10^{-4}
0.08	9.00×10^{-6}	0.60	1.10×10^{-3}
0.09	1.40×10^{-5}	0.70	1.60×10^{-3}
0.10	1.75×10^{-5}	0.80	2.15×10^{-3}
0.12	2.60×10^{-5}	0.90	2.80×10^{-3}
0.14	3.80×10^{-5}	1.00	3.60×10^{-3}
0.16	5.10×10^{-5}	2.00	1.80×10^{-2}

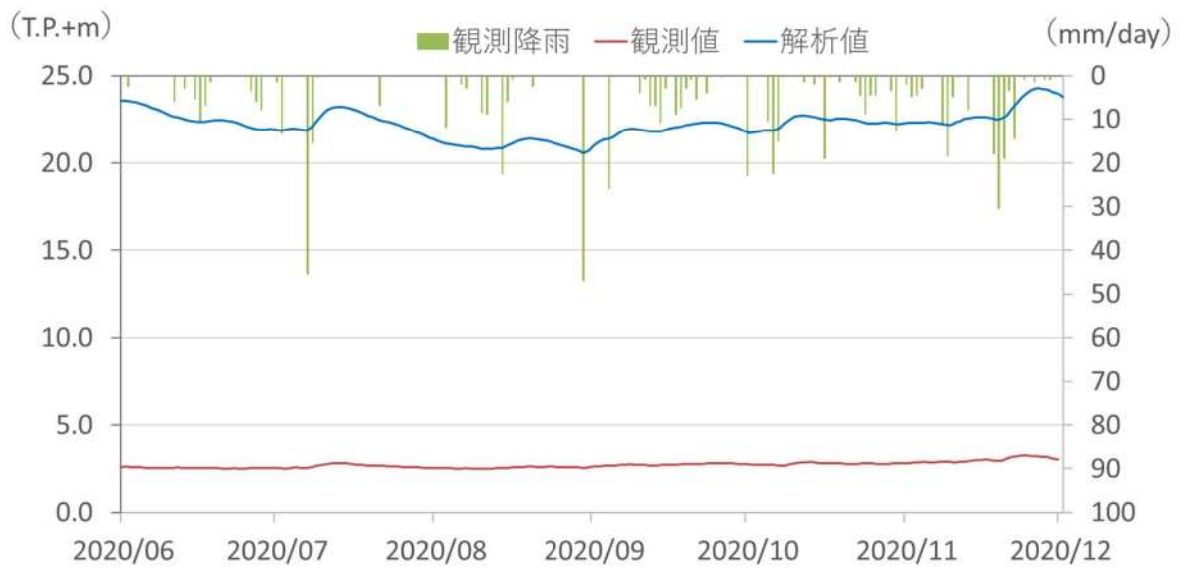
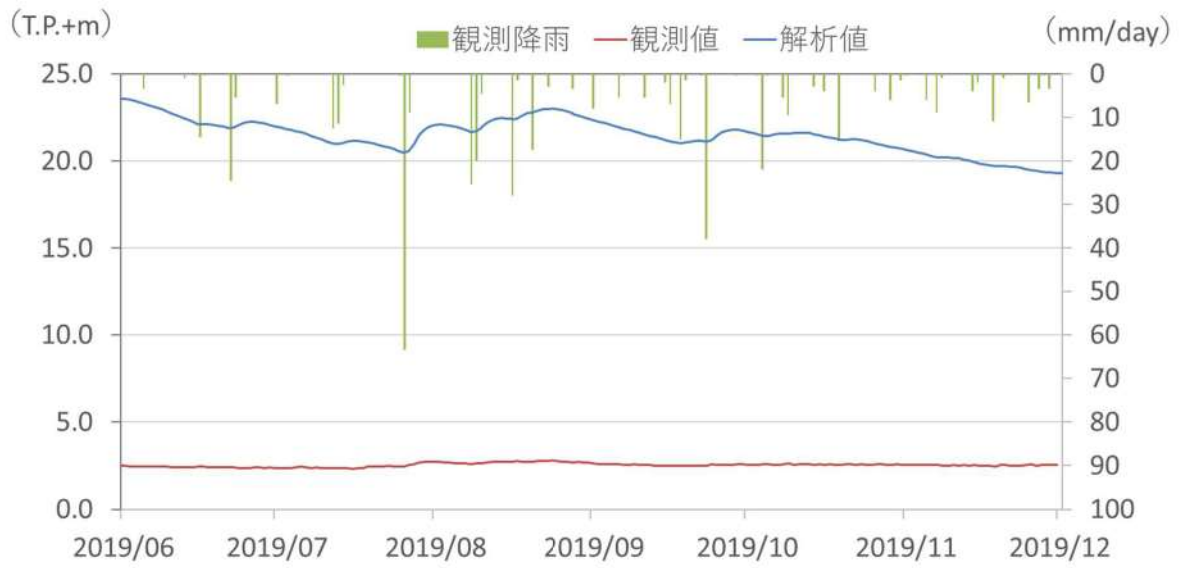
添付 4-6 図 クレーガーの方法（地盤材料試験の方法と解説(地盤工学会，2020)）

三次元浸透流解析結果（非定常解析）

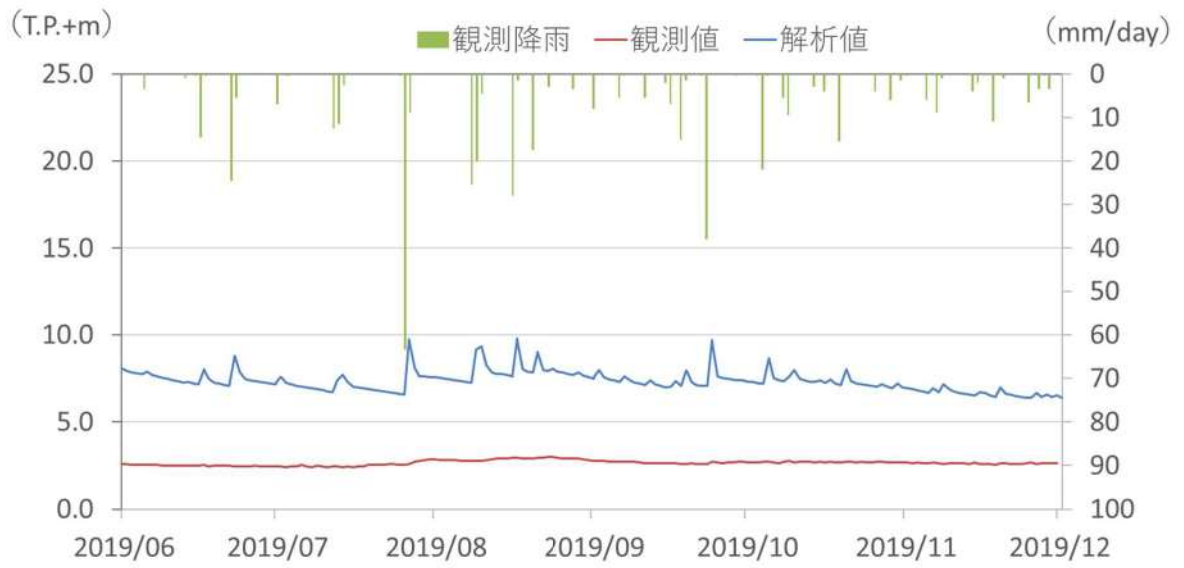
再現解析において、参考として非定常解析を実施し、水位の経時変化について確認した。添付 5-1 図に示す地下水位観測孔において地下水位を記録しており、各観測孔における非定常解析結果水位との比較を添付 5-2 図に示す。



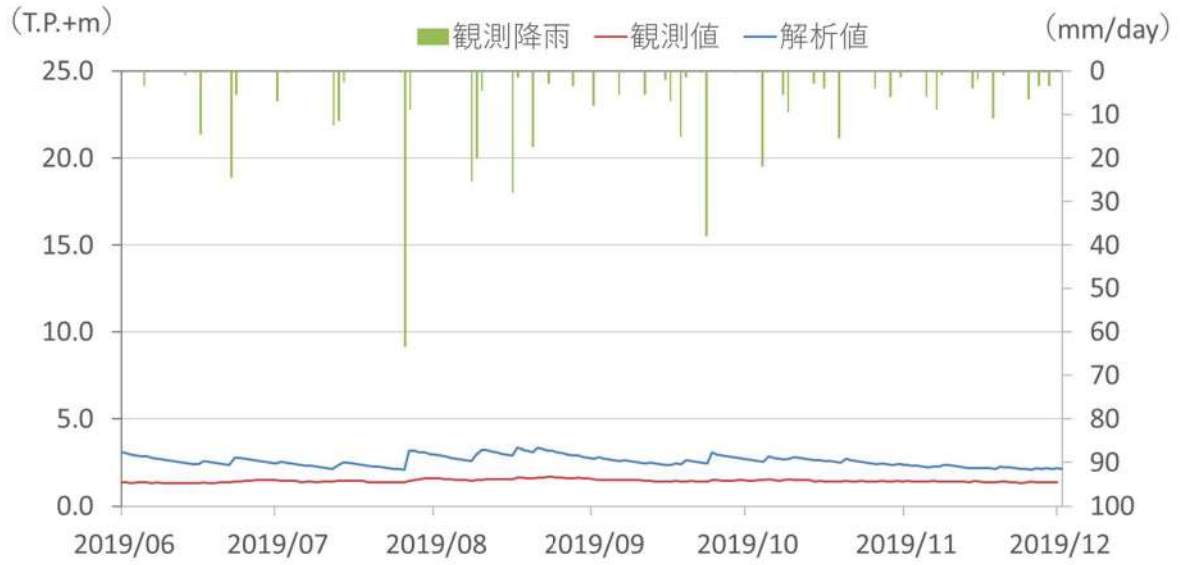
添付 5-1 図 観測孔位置



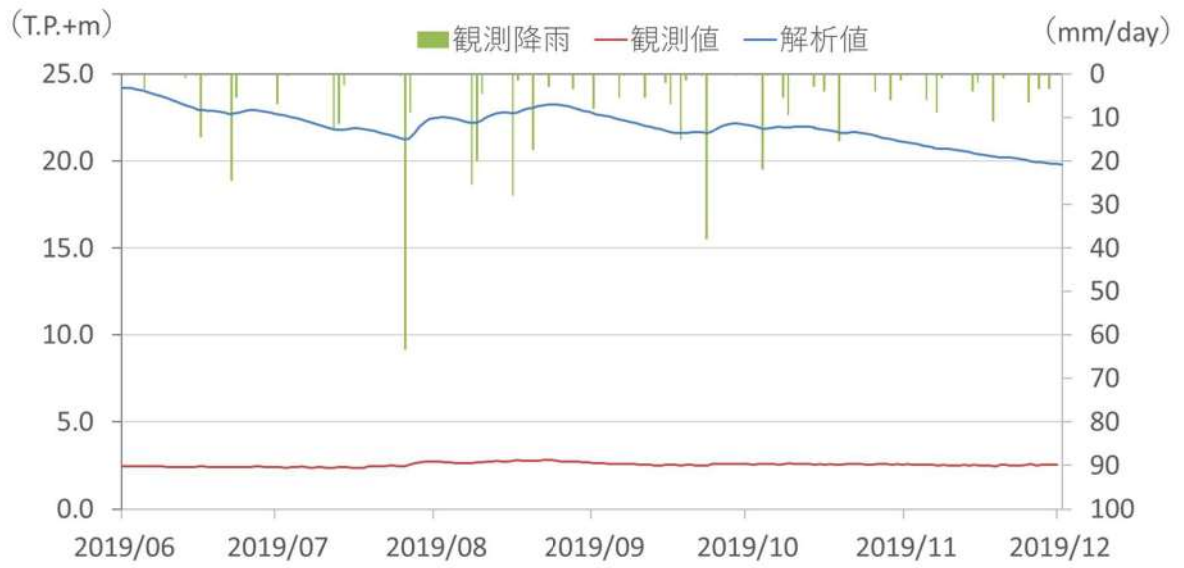
添付 5-2(1)図 地下水位の経時変化例 (No.1 孔)



添付 5-2(2)図 地下水位の経時変化例 (No.2 孔)



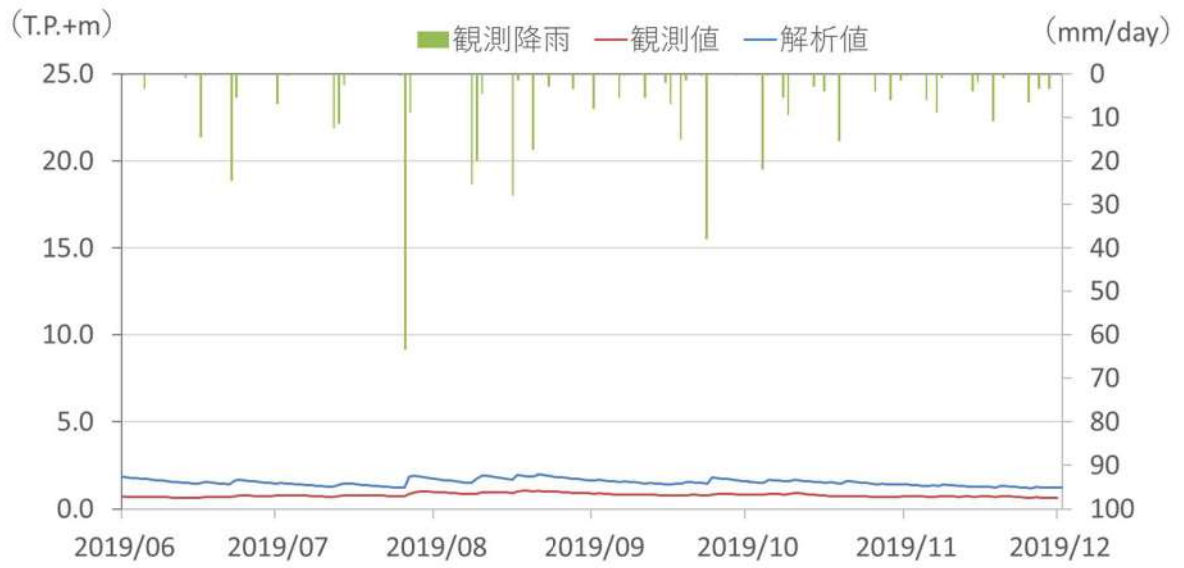
添付 5-2(3)図 地下水位の経時変化例 (No.3 孔)



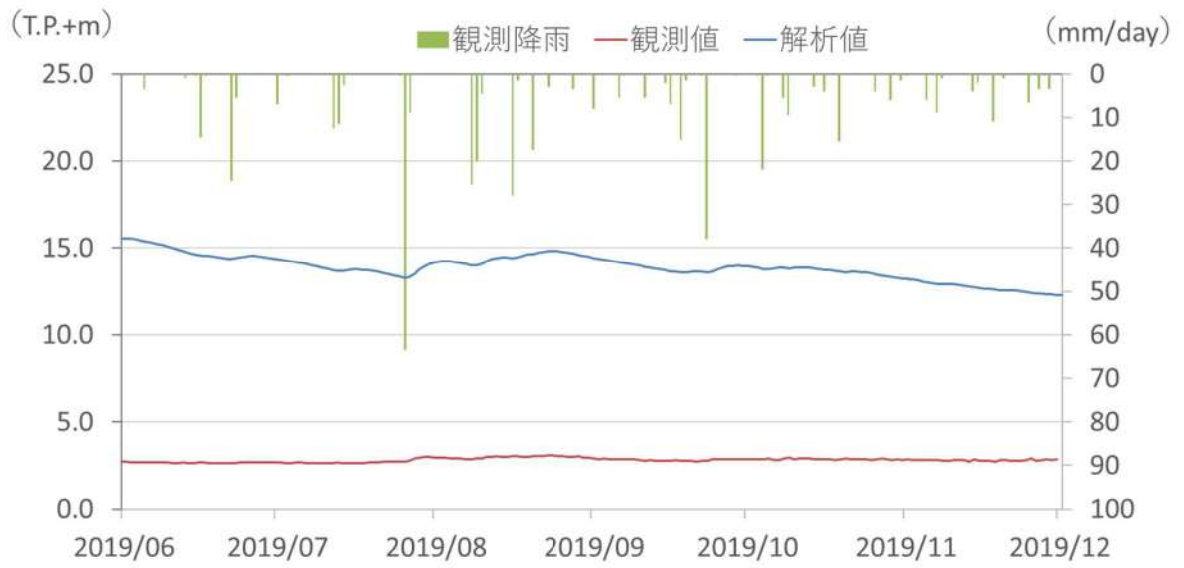
添付 5-2(4)図 地下水位の経時変化例 (No.4 孔)



添付 5-2(5)図 地下水位の経時変化例 (No.5 孔)



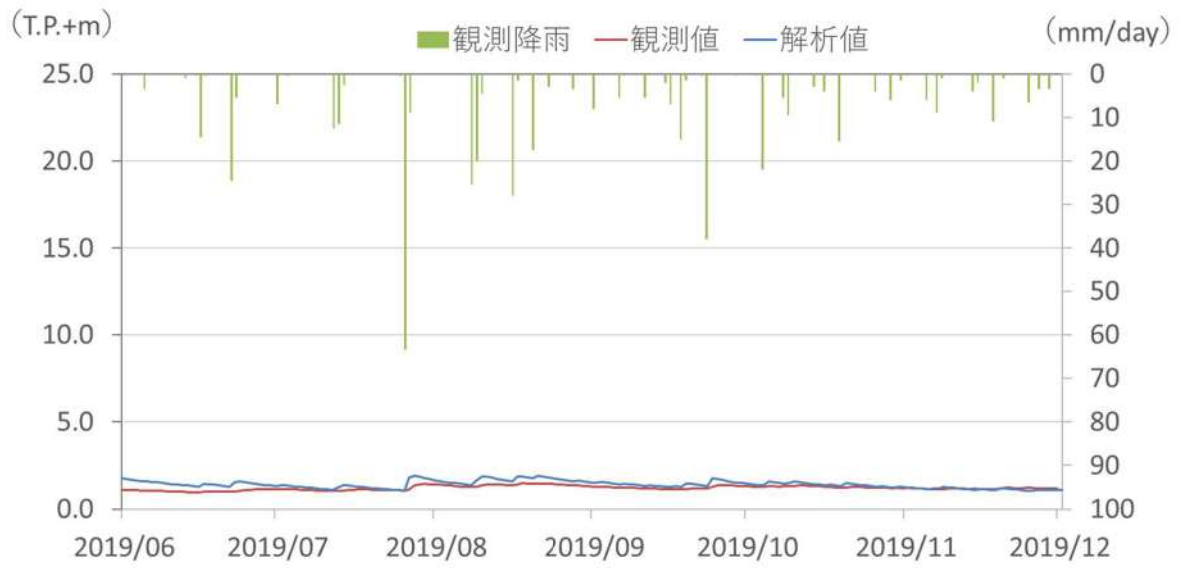
添付 5-2(6)図 地下水位の経時変化例 (No.6 孔)



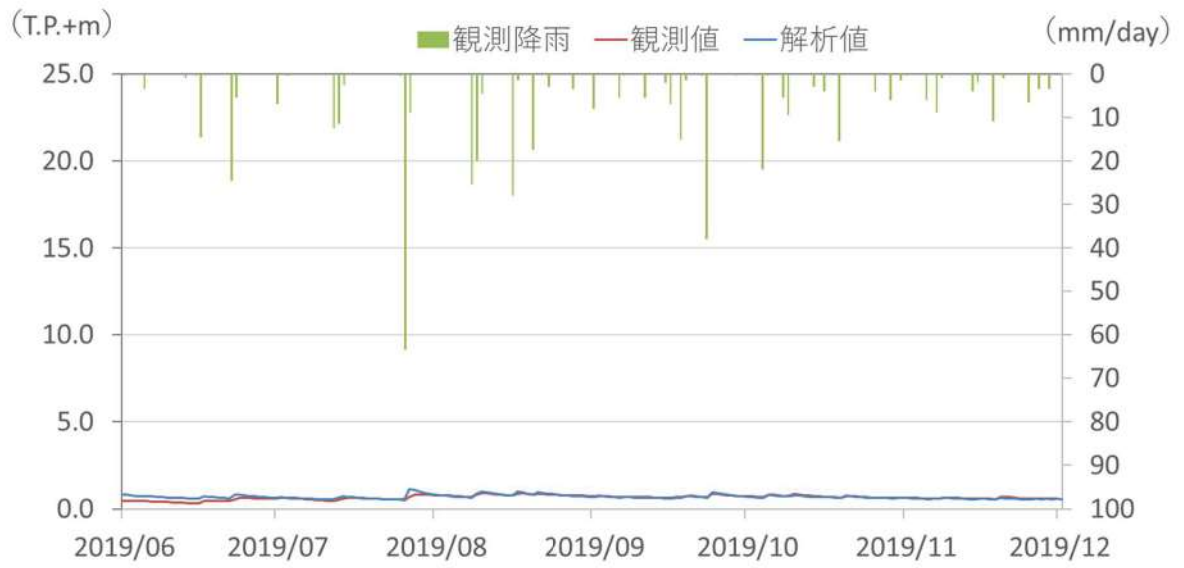
添付 5-2(7)図 地下水位の経時変化例 (No.7 孔)



添付 5-2(8)図 地下水位の経時変化例 (No.8 孔)



添付 5-2(9)図 地下水位の経時変化例 (No.9 孔)



添付 5-2(10)図 地下水位の経時変化例 (No.10 孔)

No.2 孔, No.3 孔, No.5 孔, No.6 孔, No.8 孔, No.9 孔, No.10 孔は T.P.+10.0m 盤に位置し、このうちNo.6 孔, No.10 孔は埋戻土の層厚が比較的厚い地点であり、その他の孔は埋戻土の層厚が比較的薄い地点である。

No.1 孔, No.4 孔, No.7 孔はそれぞれ 1～3 号炉背面の中標高のエリア (T.P.+31.0m 盤) に位置し、埋戻土は存在しない地点である。

地下水位の経時変化に係わる観測値と解析値を比較すると、No.3 孔, No.5 孔, No.6 孔, No.8 孔, No.9 孔, No.10 孔では概ね両者は同程度であり、その他の孔では解析値が観測値を上回っている。

また、降雨時の地下水位の反応について観測値と解析値を比較すると、観測値は降雨による地下水位の変化は軽微であり、解析値については観測値と比較して降雨による反応は大きいものの同様の傾向は再現されている。

a. No.1 孔

No.1 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、概ね T.P.+3m 付近を推移している。一方で、解析値では、それよりも高い概ね T.P.+20m ～+25m の間を推移している。

b. No.2 孔

No.2 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+3m 付近を推移している。一方で、解析値では、それよりも高い概ね T.P.+8m 付近を推移している。

c. No.3 孔

No.3 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+2m 付近を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移している。

d. No.4 孔

No.4 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、概ね T.P.+3m 付近を推移している。一方で、解析値では、それよりも高い概ね T.P.+20m ～+25m の間を推移している。

e. No.5 孔

No.5 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+2m 付近を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移している。

f. No.6 孔

No.6 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+1m 付近を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移している。

g. No.7 孔

No.7 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+3m 付近を推移している。一方で、解析値では、それよりも高い概ね T.P.+14m 付近を推移している。

h. No.8 孔

No.8 孔の観測値は降雨等に伴う地下水位の変動は確認されず、概ね T.P.-4m 付近を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移している。

i. No.9 孔

No.9 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+2m 付近を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移している。

j. No.10 孔

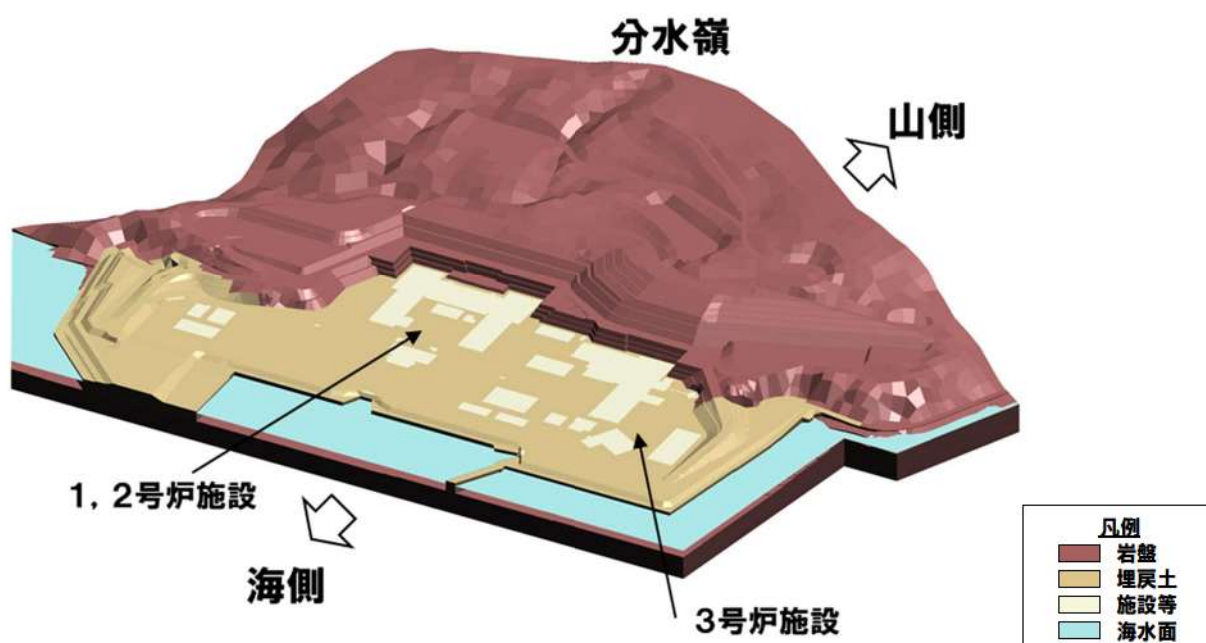
No.10 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+1m 付近を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移している。

三次元浸透流解析結果

防潮堤設置後において、保主的に地下水排水設備の機能に期待しない予測解析（Case2）を実施し、妥当性検証解析（Case1）の結果と比較することにより、現状と将来の地下水位の変化について確認を行う。

(1) 解析モデル

解析モデルの概要を添付 6-1 図に示す。Case1,2 のモデルの違いは防潮堤の有無と防潮堤設置に伴う敷地内道路形状等の差異のみであり、他の条件は同一である。

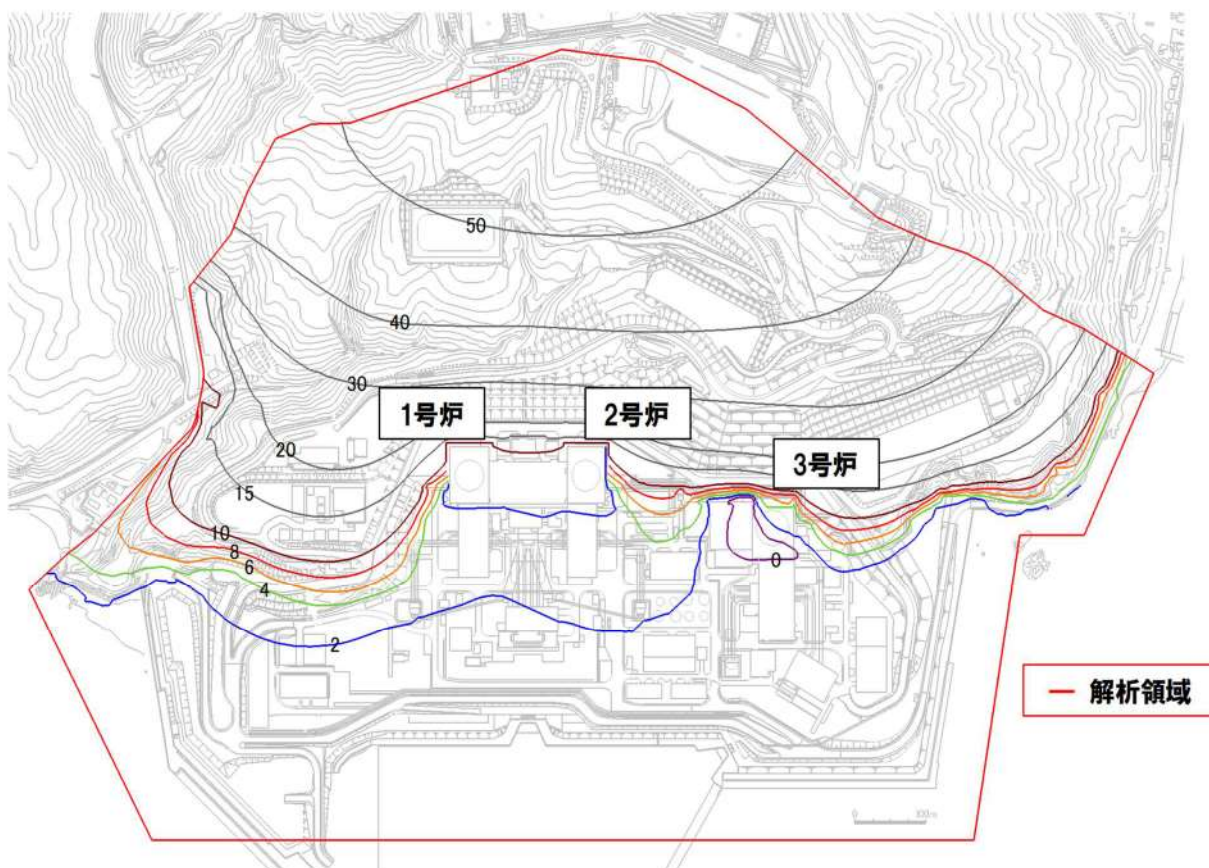


添付 6-1 図 解析モデルの概要

a. Case1 (妥当性検証解析：防潮堤設置前)

防潮堤設置前における地下水位のコンター図を添付 6-2 図に示す。

これによると、解析領域境界（山側）より 3 号炉の主要建屋に向かって地下水位は下降しており、地下水排水設備による水位低下効果が確認できる。

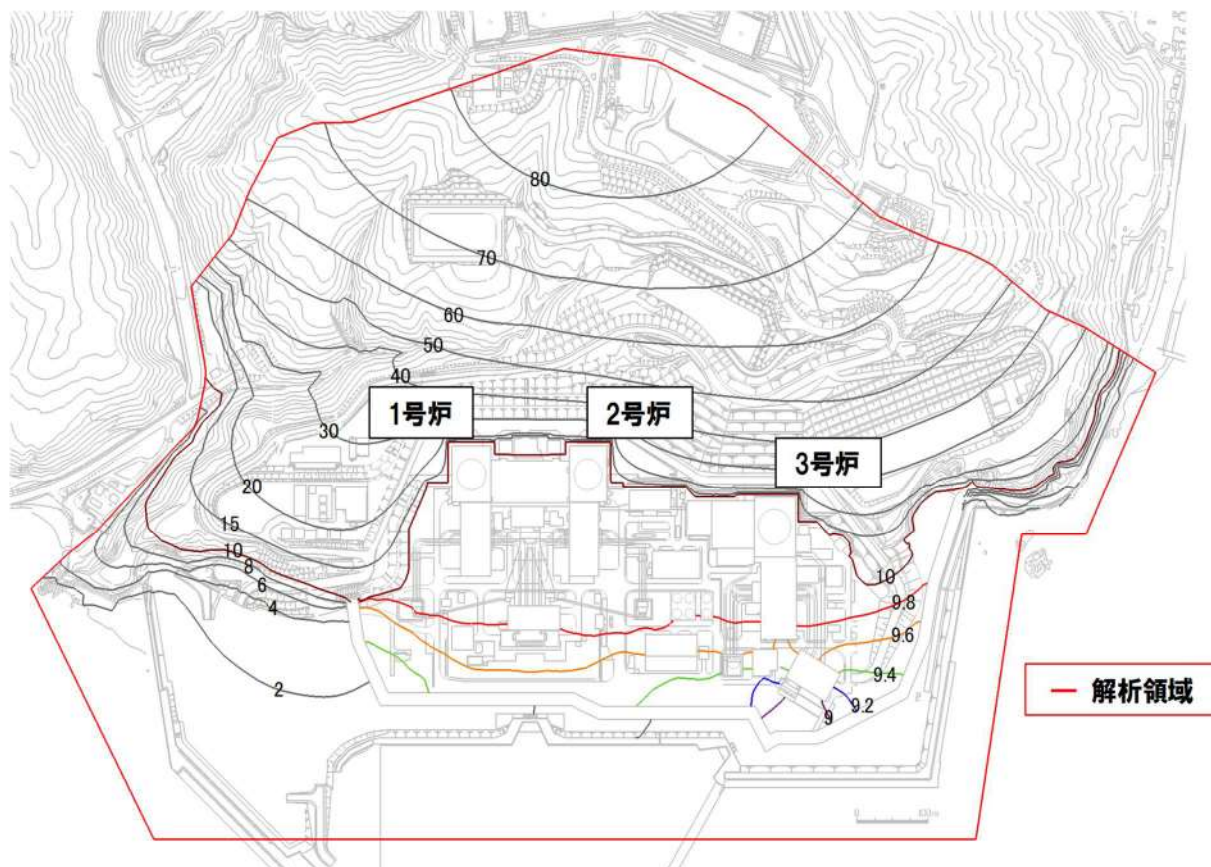


添付 6-2 図 三次元浸透流解析結果(定常状態・防潮堤設置前モデル)

b. Case2（予測解析：防潮堤設置後）

防潮堤設置後における地下水位のコンター図を添付 6-3 図に示す。この結果は地下水排水設備の機能に期待せずに設定した定常的な地下水位分布となる。

防潮堤の設置により敷地内から海側への排水経路が遮断されることから、敷地内に流入した地下水が滞留し、この結果、**T.P.+10m 盤エリア**では地下水位が地表面（T.P.+10.0m）付近まで上昇する。

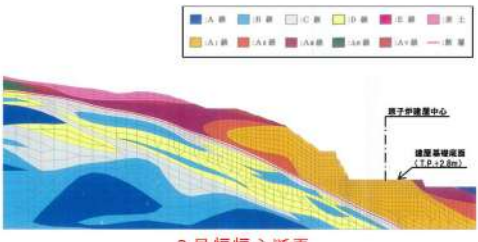
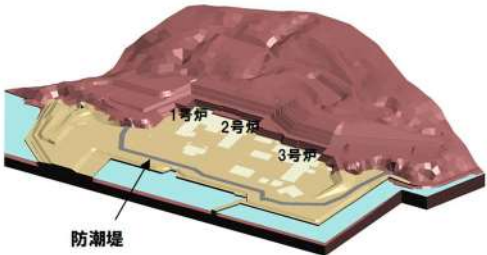
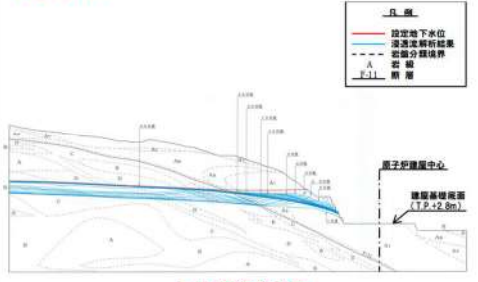
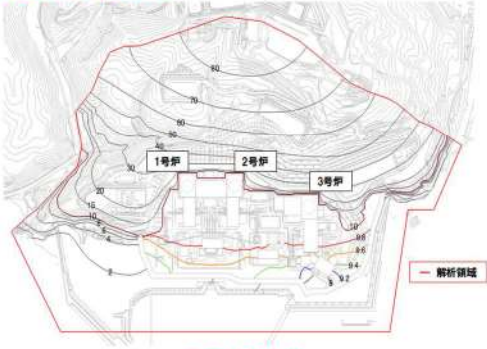


添付 6-3 図 三次元浸透流解析結果（定常状態・防潮堤設置後モデル）

泊 3 号炉建設時（設置許可時）の浸透流解析

泊 3 号炉建設時（設置許可時）の浸透流解析と今回実施する浸透流解析それぞれの目的・モデル条件について比較表を添付 7-1 表に示す。

添付 7-1 表 泊 3 号炉建設時（設置許可時）の浸透流解析と
今回実施する浸透流解析における比較表

解析実施時期	泊 3 号炉建設時（設置許可時）	今 回	
解析の目的	原子炉建屋周辺斜面の地下水位設定	・防潮堤設置後における各施設の設計地下水水位の設定 ・防潮堤設置後における地下水排水設備のポンプ容量設定	
解析条件	(1)解析手法	有限要素法による二次元定常解析 (3号炉炉心断面)	有限要素法による三次元定常解析
	(2)モデル図	 3号炉炉心断面	 予測解析用モデル
	(3)透水係数	透水試験結果に基づき各岩級の透水係数を設定（添付資料 4 参照） ※建屋及び埋戻土はモデル化していない。	透水試験結果等に基づき設定（添付資料 4 参照） ・岩盤部： 2.5×10^{-5} cm/sec （保守的な評価となるよう、A 級・B 級の透水係数で一律に設定） （A 級・B 級の透水係数は左記の建設時に設定した透水係数を踏襲） ・埋戻土： 1.7×10^{-3} cm/sec（今回新規に設定） ・構造物：不透水（今回新規に設定）
	(4)境界条件	海側境界：水頭固定（全水頭 $h=2.8$ m） 山側境界：流量固定 モデル下端境界：T.P.-50m で不透水	海側境界：朔望平均満潮位に水位固定 山側境界：不透水 モデル下端境界：T.P.-50m で不透水
	(5)降雨条件	降雨継続時間：3 日 総降雨量：313mm （寿都観測所の既往最大 72 時間雨量）	【予測解析】 寿都気象観測所（6 月～11 月） 30 年年間平均降雨+保守性 ⇒1,900mm/年
解析結果の評価	【原子炉建屋周辺斜面の地下水位設定】 水分分布の経時変化を包絡するような水位形状として地下水水位を設定。  3号炉炉心断面	【防潮堤設置後の敷地の地下水水位予測】 詳細設計段階にて、予測した地下水水位を基に施設等の設計地下水水位を設定。  予測解析結果	

観測孔における地下水位観測記録

泊発電所では、2019年4月より添付 8-1 図に示す地下水位観測孔において地下水位を記録している。各観測孔における地下水位の観測結果を添付 8-2 図に示す。

a. No.1 孔

No.1 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、概ね T.P.+3m 付近を推移している。

b. No.2 孔

No.2 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P. +3m 付近を推移している。

c. No.3 孔

No.3 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+2m 付近を推移している。

d. No.4 孔

No.4 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、概ね T.P.+3m 付近を推移している。

e. No.5 孔

No.5 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+2m 付近を推移している。

f. No.6 孔

No.6 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P.+1m 付近を推移している。

g. No.7 孔

No.7 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの、大きな変動は確認されず、概ね T.P. +3m 付近を推移している。

h. No.8 孔

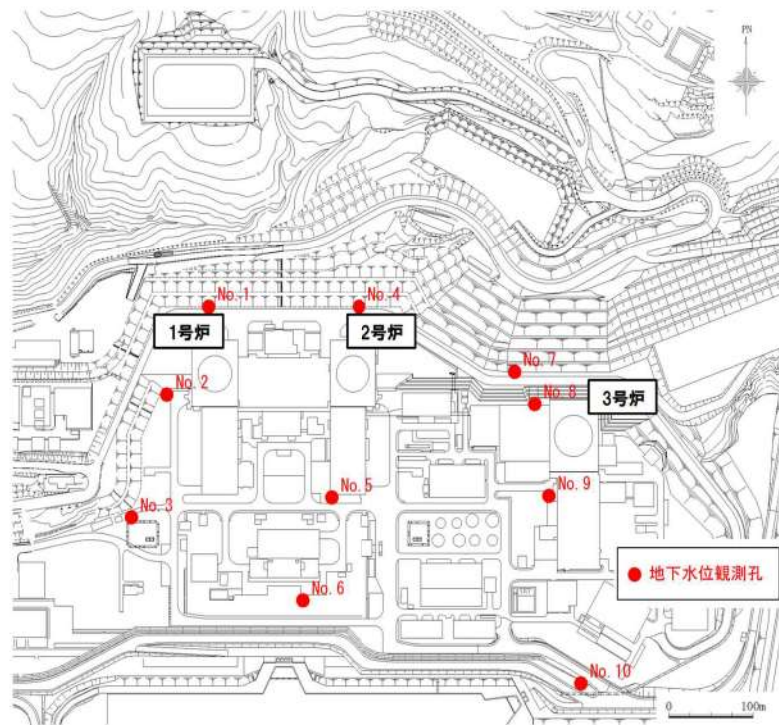
No.8 孔の観測値は降雨等に伴う地下水位の変動は確認されず，概ね T.P.-4m 付近を推移している。

i. No.9 孔

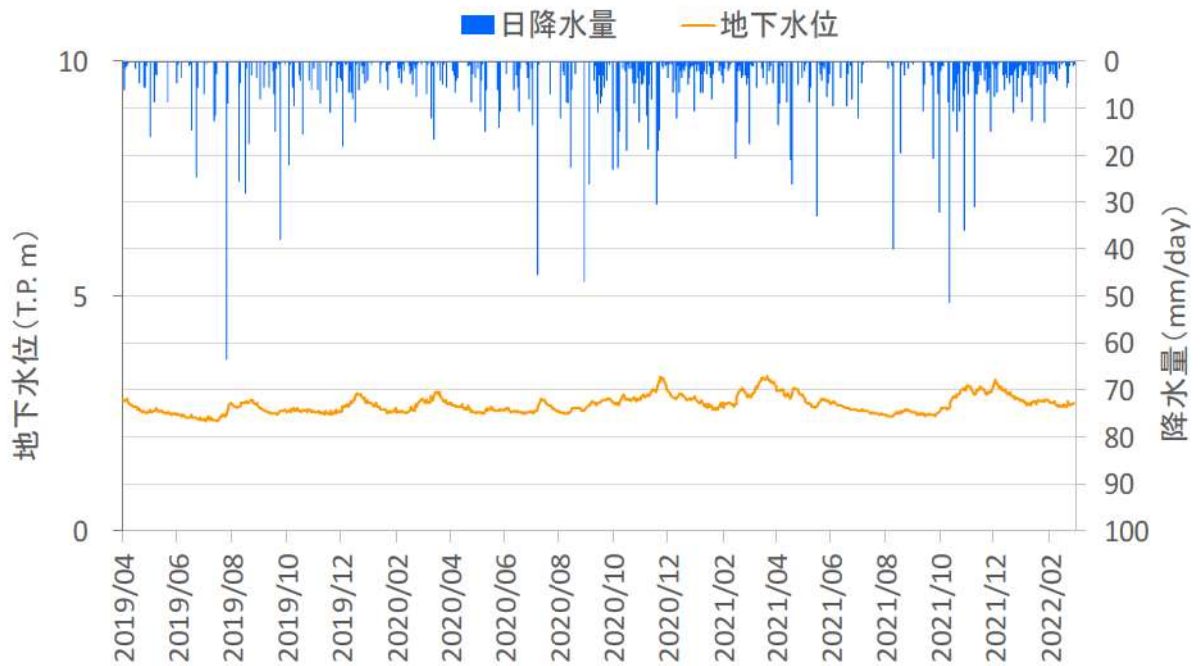
No.9 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの，大きな変動は確認されず，概ね T.P.+2m 付近を推移している。

j. No.10 孔

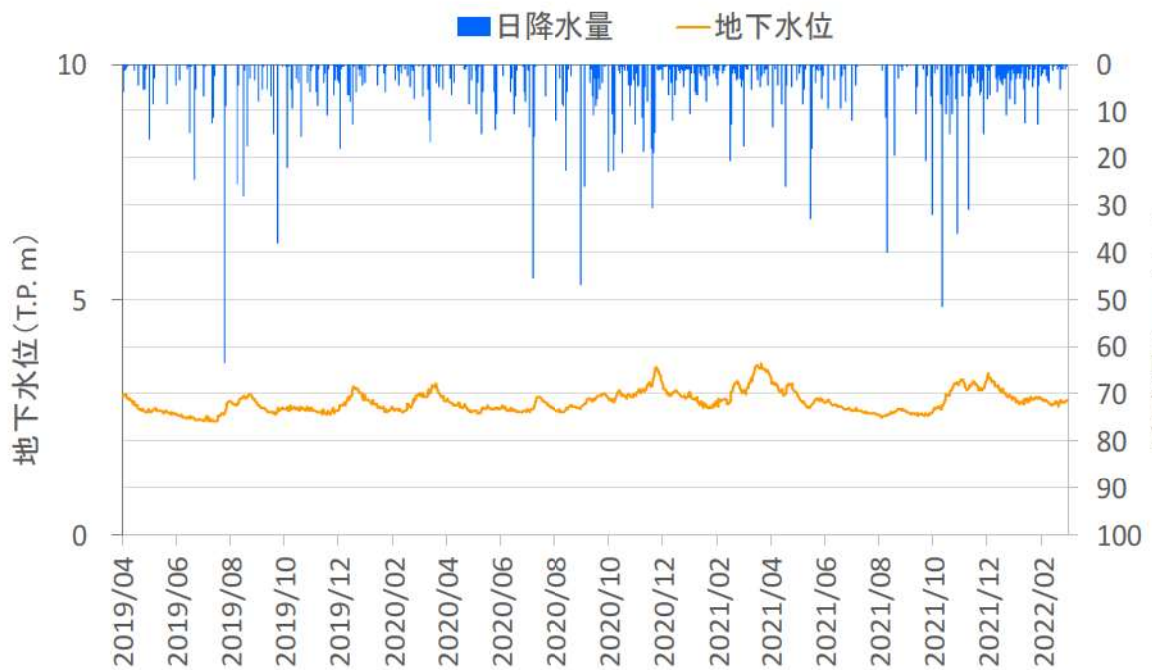
No.10 孔の観測値は降雨に連動した軽微な地下水位の変化はあるものの，大きな変動は確認されず，概ね T.P.+1m 付近を推移している。



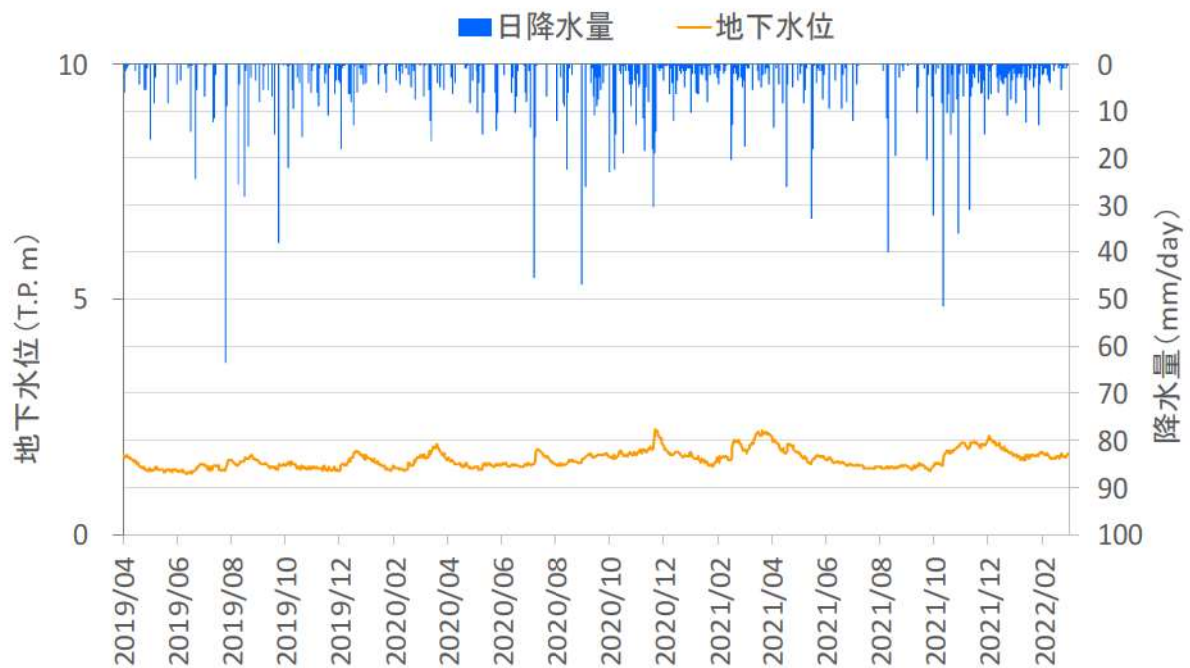
添付 8-1 図 観測孔位置



添付 8-2(1)図 地下水位観測記録 (No.1 孔)



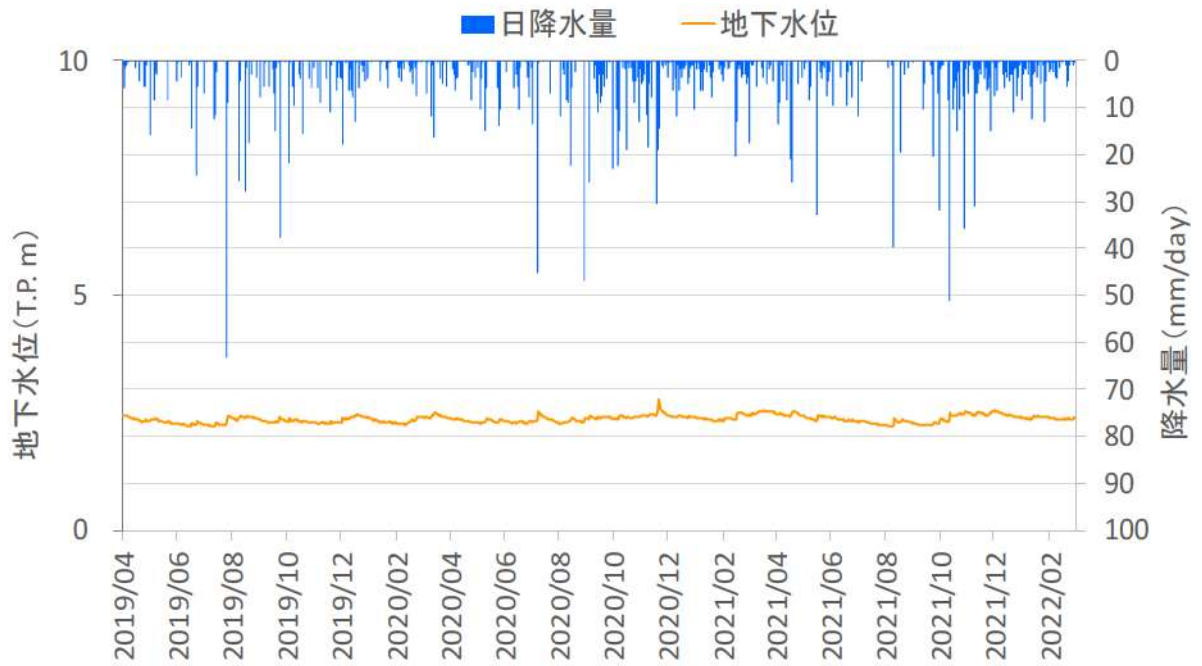
添付 8-2(2)図 地下水位観測記録 (No.2 孔)



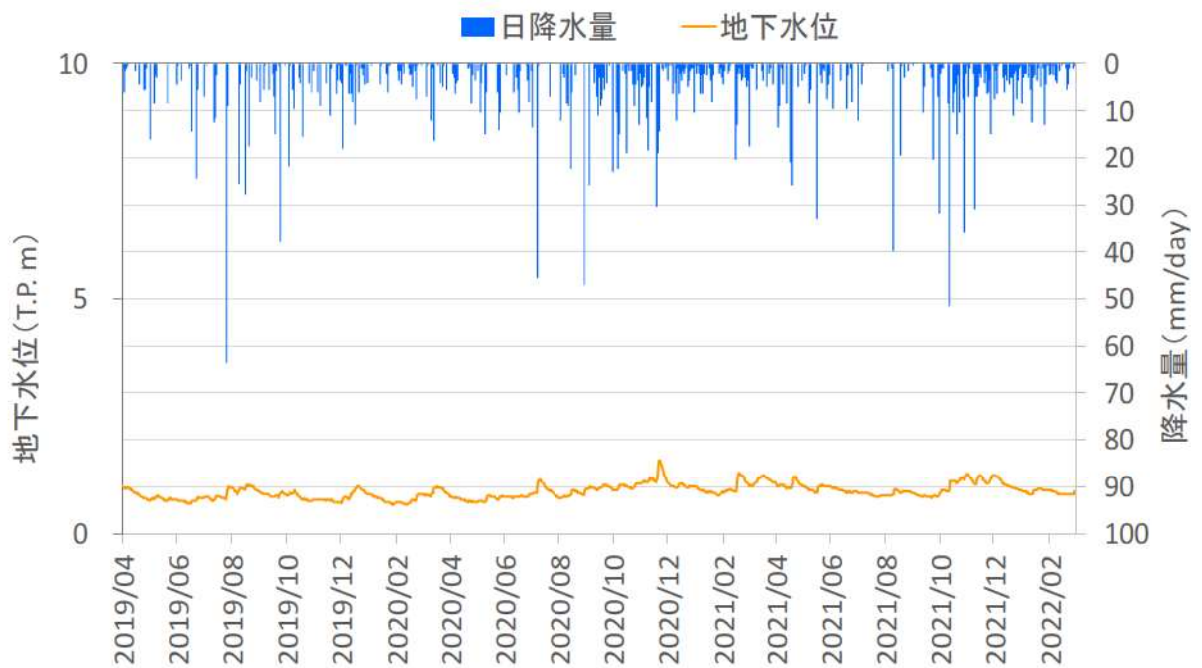
添付 8-2(3)図 地下水位観測記録 (No.3 孔)



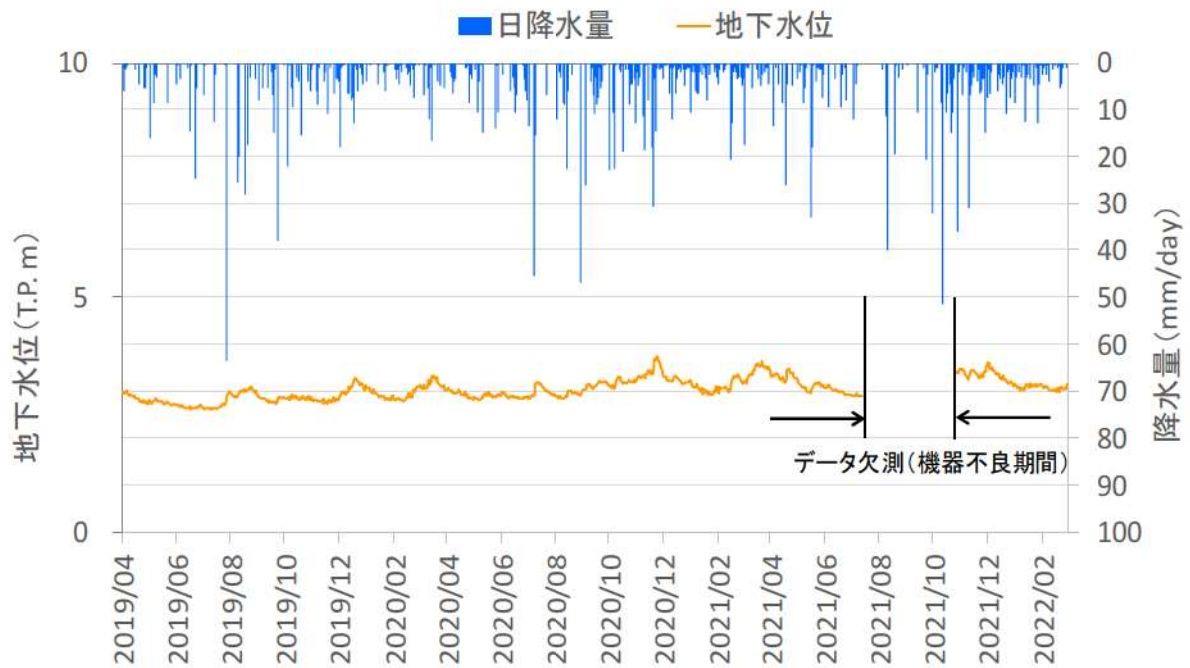
添付 8-2(4)図 地下水位観測記録 (No.4 孔)



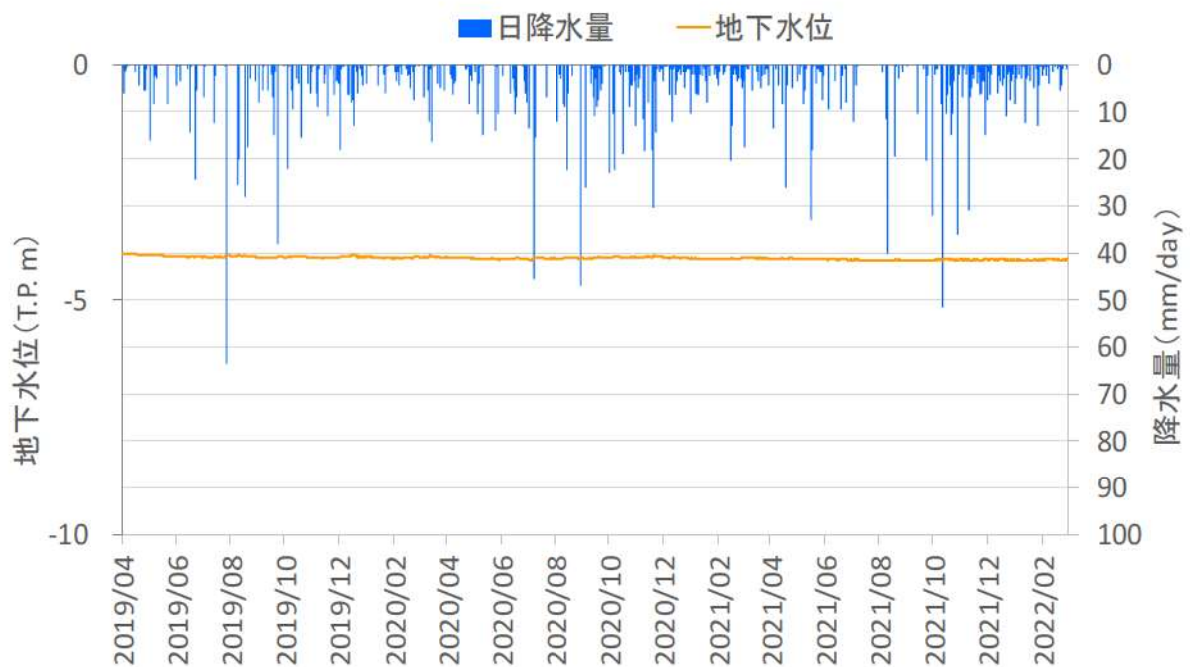
添付 8-2(5)図 地下水位観測記録 (No.5 孔)



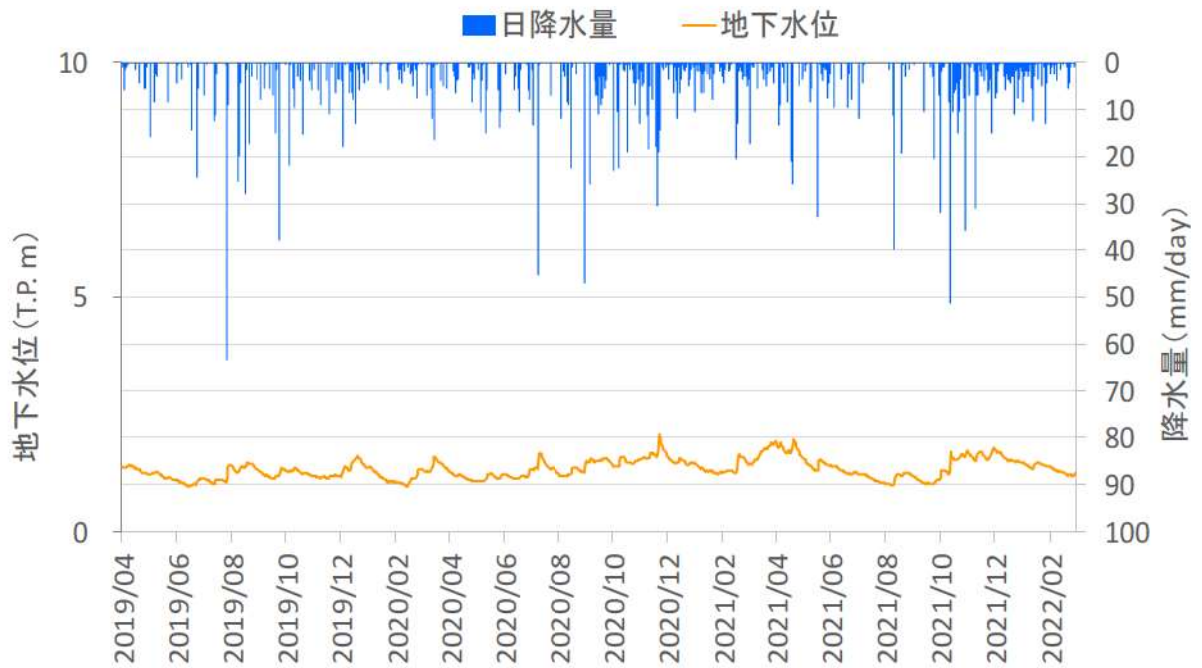
添付 8-2(6)図 地下水位観測記録 (No.6 孔)



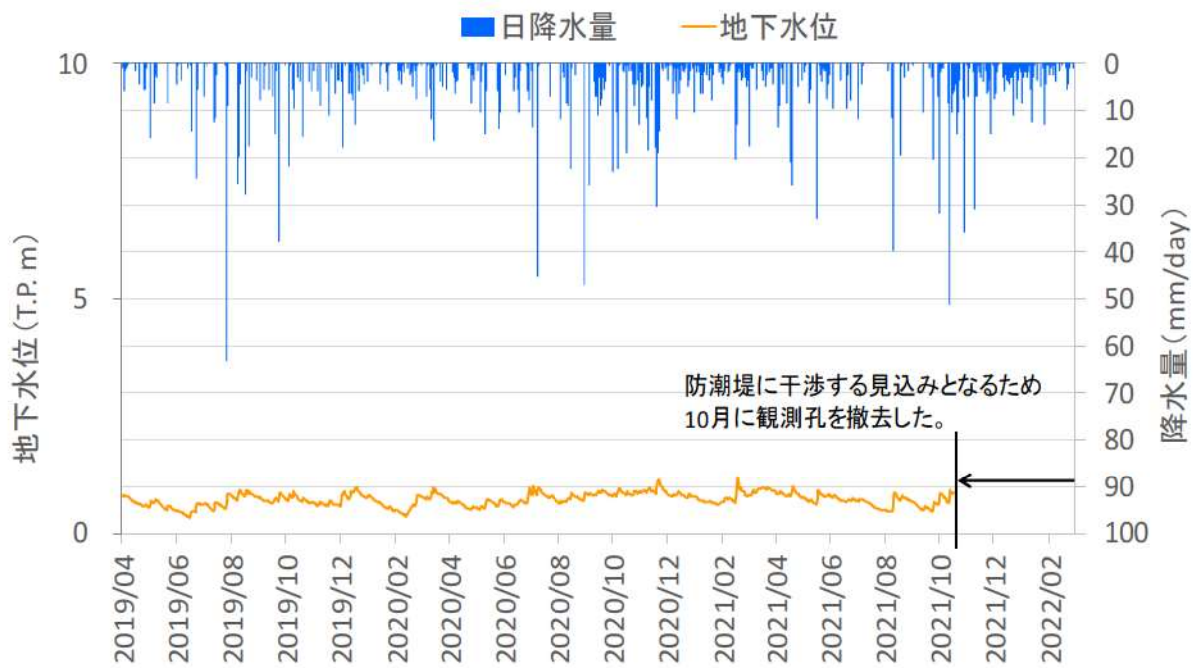
添付 8-2(7)図 地下水位観測記録 (No.7 孔)



添付 8-2(8)図 地下水位観測記録 (No.8 孔)



添付 8-2(9)図 地下水位観測記録 (No.9 孔)



添付 8-2(10)図 地下水位観測記録 (No.10 孔)

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	23
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	地下水排水機能喪失後の猶予時間について
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	防潮堤を設置した先行炉との比較

1. はじめに

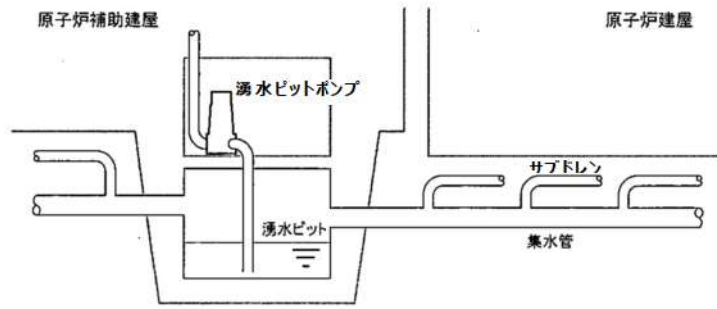
泊発電所3号炉では発電所建設時、敷地の岩盤状況等を踏まえ、旧汀線より海側においては朔望平均満潮位 H. W. L. (既工認時 T. P. 0. 26m) に設計地下水位を設定し、耐震設計の条件とした。旧汀線より山側においては、土地造成前の地下水位観測記録 (1998年1月～1999年12月) の最大値 (T. P. 2. 82m) を基に、建屋基礎掘削による地下水位の低下を考慮し、屋外重要土木構造物は T. P. 2. 8m に設計地下水位を設定し、原子炉建屋等は地下水位を考慮しないことを、耐震設計の条件とした。

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)。

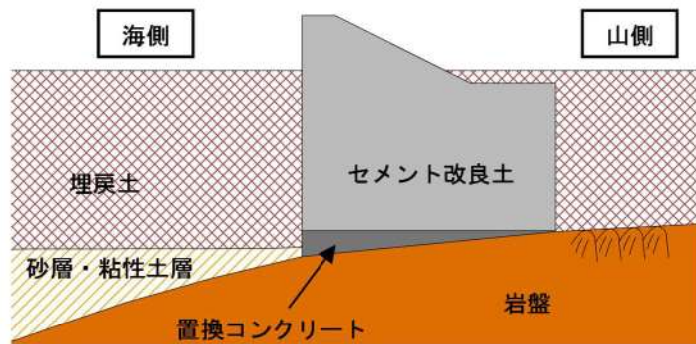
今後、岩着構造の防潮堤設置 (別紙 11-2 図) に伴い、地下水の流れが遮断されるため、地下水が山から海へ向かう従来の流動場が変化する可能性がある。したがって、泊発電所3号炉における施設等 (別紙 11-1 表) の耐震設計においては、地下水の流動場の変化を確認した上で、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」 (以下「設置許可基準規則」という。) に対する基準適合性を確認する必要がある。その際、敷地に滞水する地下水の排水機能が、防潮堤の設置が考慮されていない建設時と比べて重要になるものの、地下水の排水機能に対しては規則や指針、規格基準類において、具体的な信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、「設備に期待する機能」、「設備に期待して耐震設計を行う施設等の対象範囲」及び「設備に期待する期間 (発電所の状態)」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なのか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。

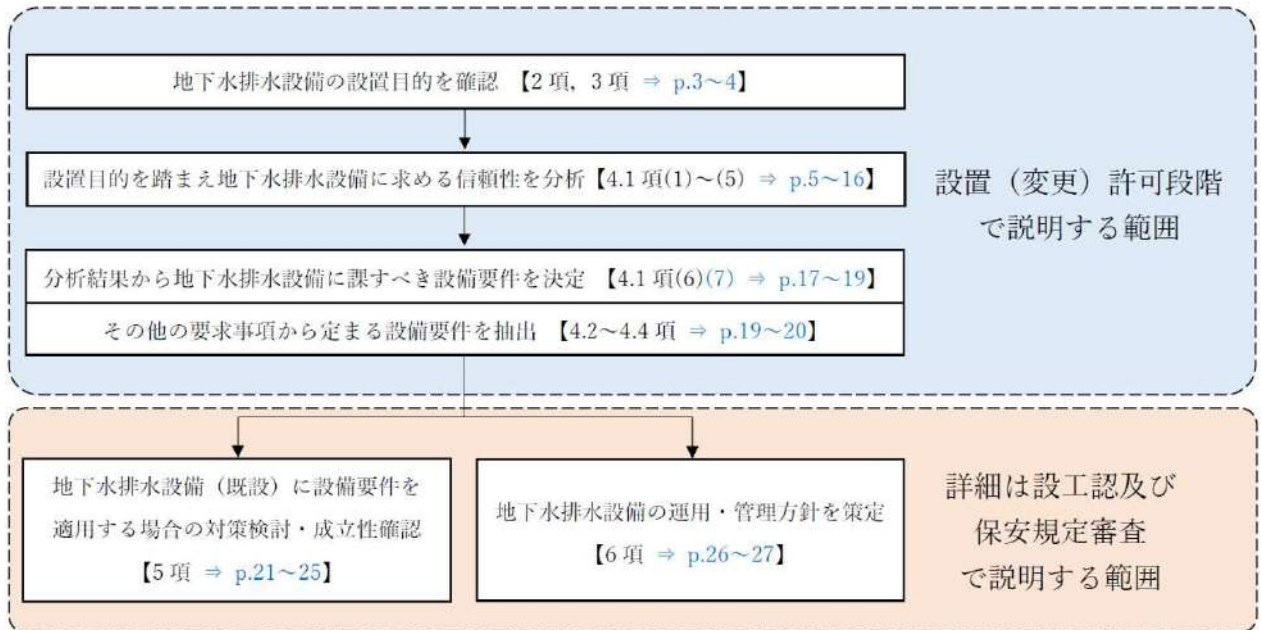
別紙 11-3 図には、本紙で示す各項の説明要旨をフローで記載している。



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 各項の説明要旨

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	
	防潮堤	
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. 機能喪失時の影響

地下水排水設備が機能喪失した場合、建屋の耐震性を維持できると想定される時間は約3時間となり、補修作業によって地下水の排水機能を復旧するのは困難である（添付資料3）。

そのため、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、地下水排水設備に対する補修作業によって地下水の排水機能を復旧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。

(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、前提条件として整理した機能喪失時の影響も考慮の上、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	● 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	-	-	-	-

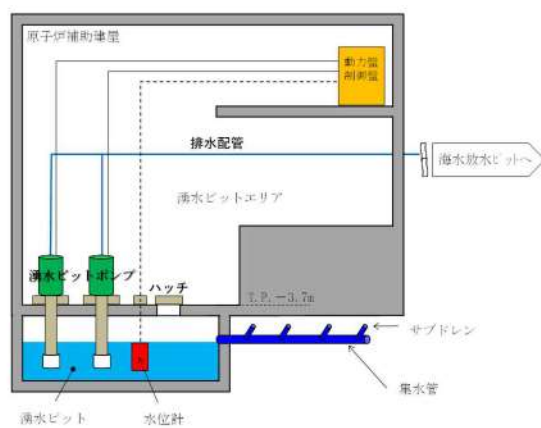
b. 各構成部位の機能喪失要因の分析

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											内部溢水 (9条)	誤操作防止 (10条)				
		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)		
集水機能	集水管類	○*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															
排水機能	排水配管	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			耐震性無し															
	排水ポンプ	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			耐震性無し															
監視・制御 機能	制御盤 動力盤	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			耐震性無し															
	水位計	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			耐震性無し															
電源機能 (非常用D/G)	電源*1	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	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、短期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、短期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扱いとす

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、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	蒸気発生器の異常な減圧	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	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
	地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	*1
	内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	*1
	内部溢水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	*1

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。

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	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	

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。

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(停止時)	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	零閉気圧力・温度静的負荷(格納容器過温破損)	零閉気圧力・温度静的負荷(格納容器過温破損)	高压溶融物納容器直接加熱	原子炉压力容器の溶融燃料/冷却材相互作用	水素燃焼	溶融炉心・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																				
△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	*
地下水排水設備の機能喪失要因																				
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																				
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による

(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	原子炉中の冷却剤の異常な希釈	原子炉冷却剤の流量喪失	原子炉冷却剤停止の誤動	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	原子炉冷却剤の異常な減圧	出力運転中の炉冷却剤の誤動	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									
原子炉冷却剤喪失	原子炉冷却剤流量喪失	原子炉冷却剤ポンプの軸着	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次冷却からの熱機喪失	全動力源喪失	原子炉補冷却機却能喪失	原子炉格納熱機喪失	原子炉停止能喪失	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(格納器過破損)	蒸汽圧力・温度による静的負荷(格納器過破損)	高圧溶融物放出/格納器直接加熱	原子炉压力容器外の溶融料/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)	原子炉冷却材の流出	反応度の投入	全動力源喪失
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、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	• 内部火災影響からの防護による機能維持
内部溢水	• 内部溢水影響からの防護による機能維持		
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
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

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。

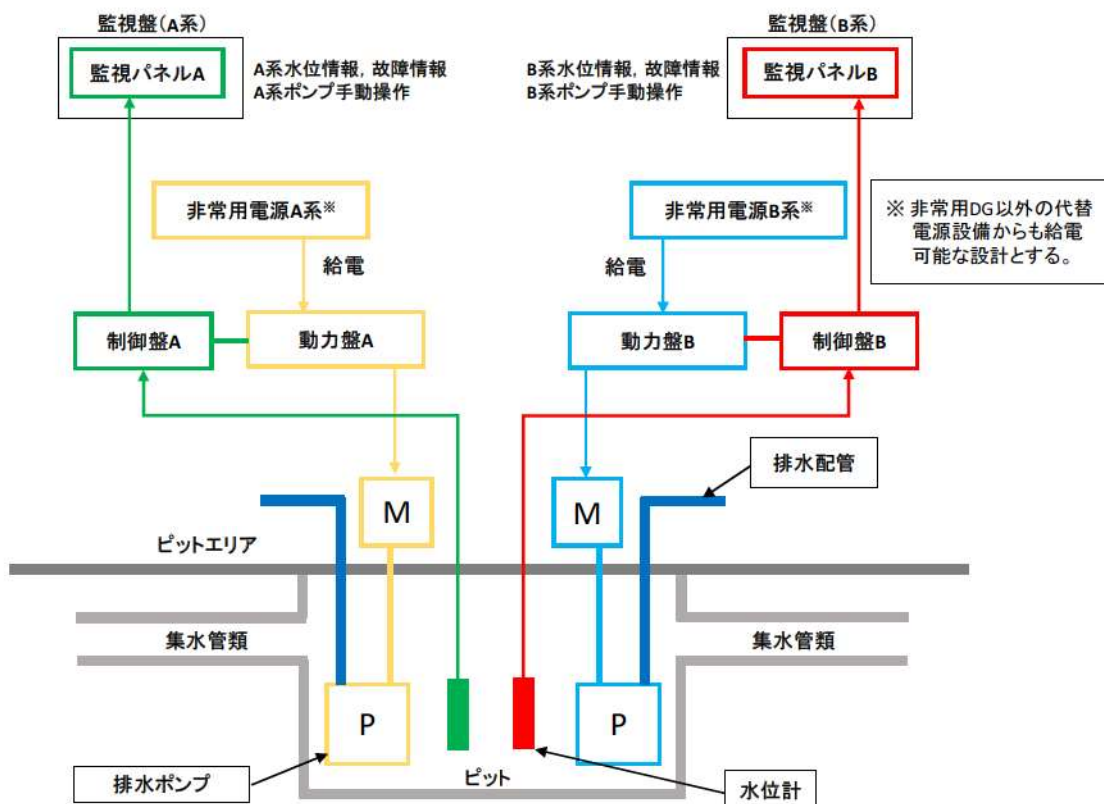
以上のとおり、分析1から分析3の結果を踏まえ、地下水排水設備の信頼性向上の観点から対策を講じることとする。

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。

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、地下水排水設備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(「6. 運用管理・保守管理上の方針」参照)。

(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。

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)	×	—
排水機能	排水配管	S ₁ 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	S ₁ 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・溢水からの防護による機能維持	○*4	○*4
監視・ 制御機能	動力盤	S ₁ 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・溢水からの防護による機能維持	○*5	○*5
	制御盤	S ₁ 機能維持			
	水位計	S ₁ 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 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	○*6	○*6
電源機能	非常用 DG	多重化	多重化による機能維持	×	—
	代替電源設備	—	代替非常用発電機からも給電可能な設計	○*7	○*7
(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 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湧水ピットエリア内に溢水源となる機器類を配置しない。また，ポンプ電動機 1 台の火災時には遮蔽板により隣接ポンプへの延焼を防止する等の対策を行う。
- *5 制御盤（監視パネル）を多重化。盤類が同時に機能喪失しないよう溢水評価における水没水位の影響を受けない位置に配置する。火災に対してはガス消火設備の設置区画に配置する等の対策を行う。
- *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。
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

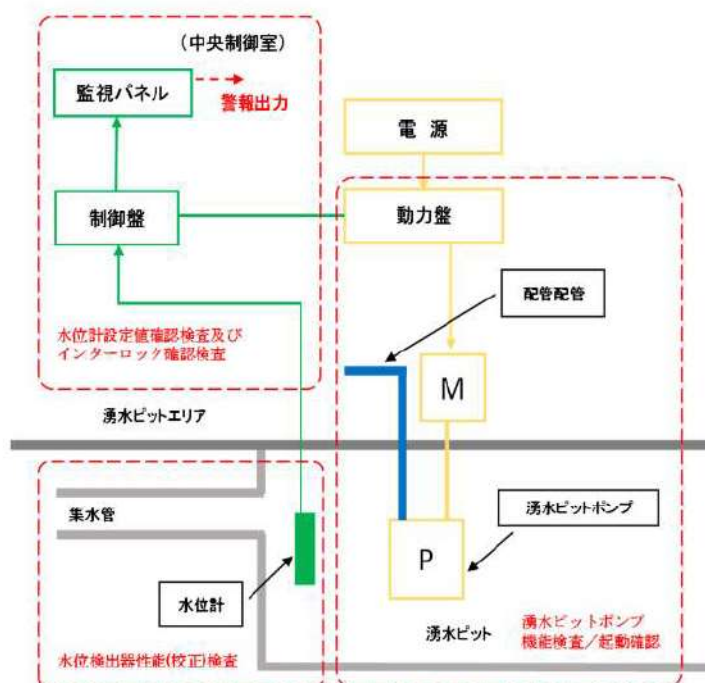
想定湧水量（暫定の解析結果）	湧水ピットポンプ能力
172.1 m ³ /日	600 m ³ /日（1台当たり） （湧水ピットポンプは2台設置）

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及び保安規定の下部規定に定める。

6.1 運用管理の方針

a. 保安規定に定める事項

- 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（後述）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

b. 保安規定の下部規定に定める事項

① 地下水排水設備の運転管理について

- 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について

- 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の設置準備に着手する。
- 水位高警報の発報から，建屋周囲の地下水位が建屋の耐震性を維持できる高さを超えるまでの時間内に，可搬型水中ポンプによる排水を実施する。
- プラント運転中に可搬型水中ポンプによる排水が必要となり，上記の時間内で排水を確保できなかった場合にはプラントを停止する。

【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、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。このような性質を勘案して、地下水排水設備が動作不能となった場合も考え、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のいずれかに配備する（別紙 11-12 表参照）。

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

6.2 保守管理の方針

a. 保安規定の下部規定に定める事項

- 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こと

【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

(1) 以下のとおり、4項にて防潮堤の設置以降に地下水排水設備に課すべき設備要件を定めた。

① 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ため、分析項目を決めるために必要な前提条件を整理した。

- a. 目的及び機能・・・原子炉建屋等の主要建屋に生じる揚圧力影響の排除
- b. 機能維持を要求する期間・・・原子力発電所の供用期間の全ての状態
- c. 機能喪失時の影響・・・約3時間で建屋の耐震性を維持できなくなるおそれ

② ①の前提条件を踏まえ、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実施した。

【分析1：想定する機能喪失要因の抽出】

- 対処すべき機能喪失要因を網羅的に抽出し、必要な対策を整理

【分析2：分析1で抽出した要因で生じる設計基準事故等の抽出】

- 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、同時に設計基準事故等が発生するかについて分析し、必要な対策を整理

【分析3：設計基準事故等と排水機能の喪失の重畳に伴う影響確認】

- 地下水排水設備が機能喪失した場合を想定し、設計基準事故等の収束に対して影響があるかを分析し、必要な対策を整理

【分析4：大規模損壊の考慮】

- 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

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

- 分析1の結果から、地下水排水設備に対して Ss 機能維持、多重化、内部火災・内部溢水からの防護が必要という結果を得た（別紙 11-7 表）。
- 分析2の結果からは分析1と同様の対策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と同様の対策が必要という結果を得た。
- 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。

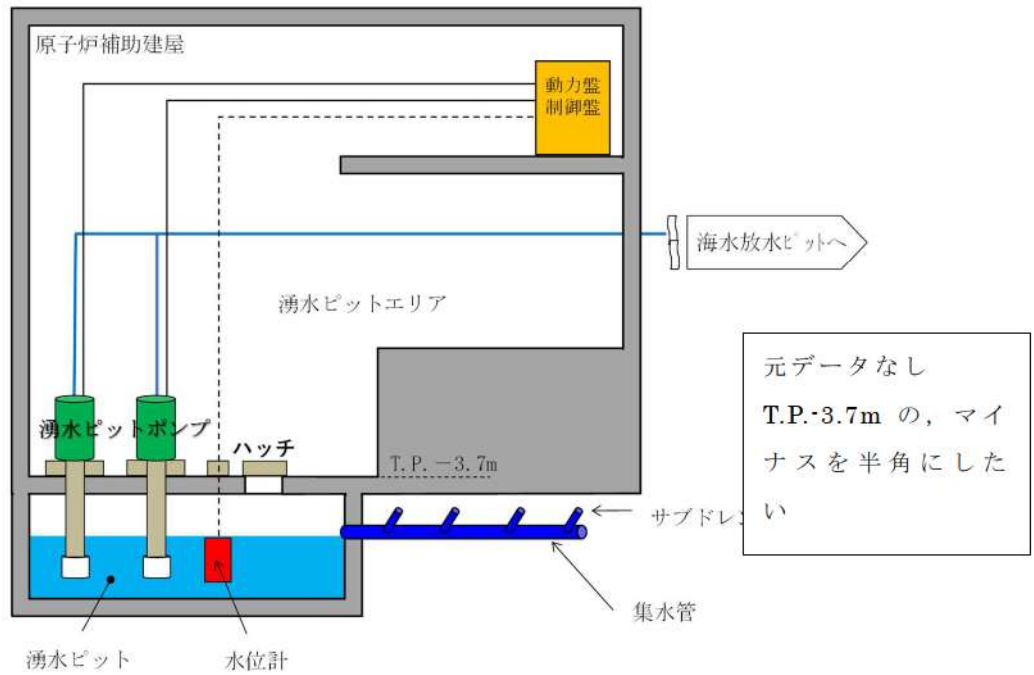
④ 地下水排水設備の排水能力、試験又は検査性、耐震重要度分類で定まる要求事項についても設備要件とした。

- (2) 5項では地下水排水設備（既設）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。
- (3) また、6項では地下水排水設備の運用管理・保守管理の方針として、保安規定及び保安規定の下部規定に定める事項を取り纏めた。

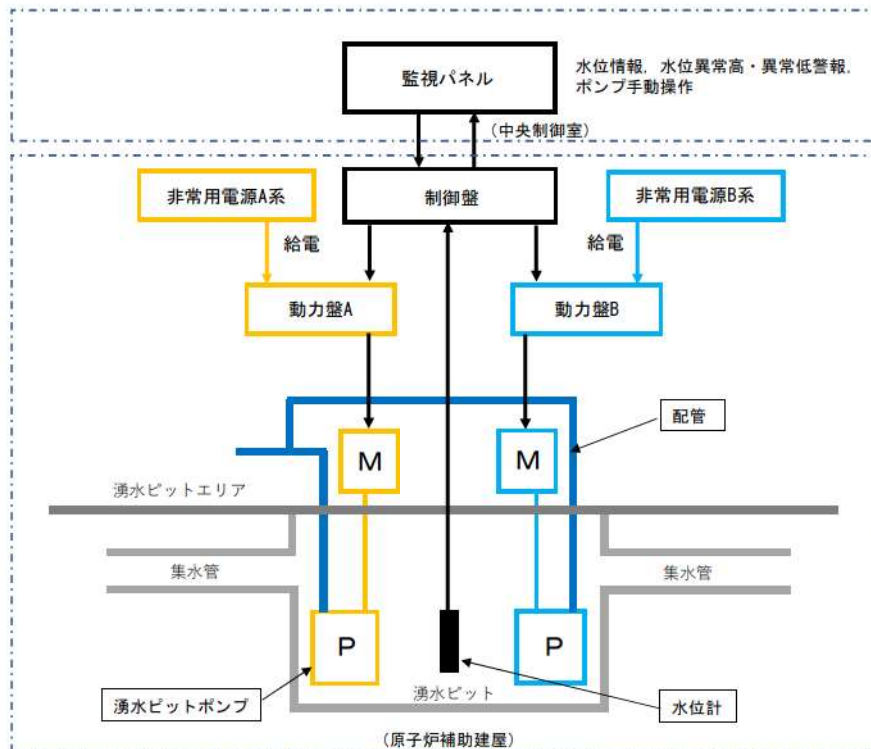
既設の地下水排水設備の概要

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。

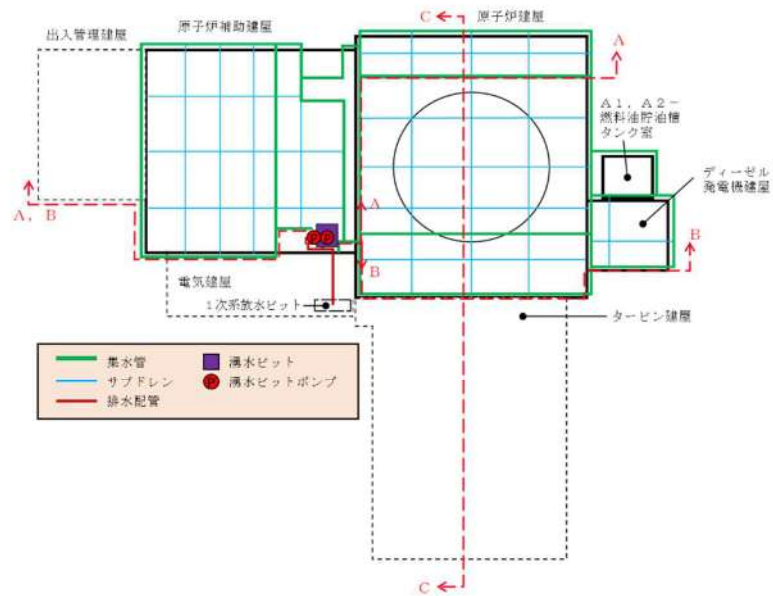
地下水排水設備の設備構成イメージを添付 1-1 図に、電源系、監視・制御系の系統構成概要を添付 1-2 図に、配置を添付 1-3 図に、集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベルを添付 1-4 図に、敷設断面図を添付 1-5 図に、敷設状況写真を添付 1-6 図に、湧水ピット断面図を添付 1-7 図に示す。



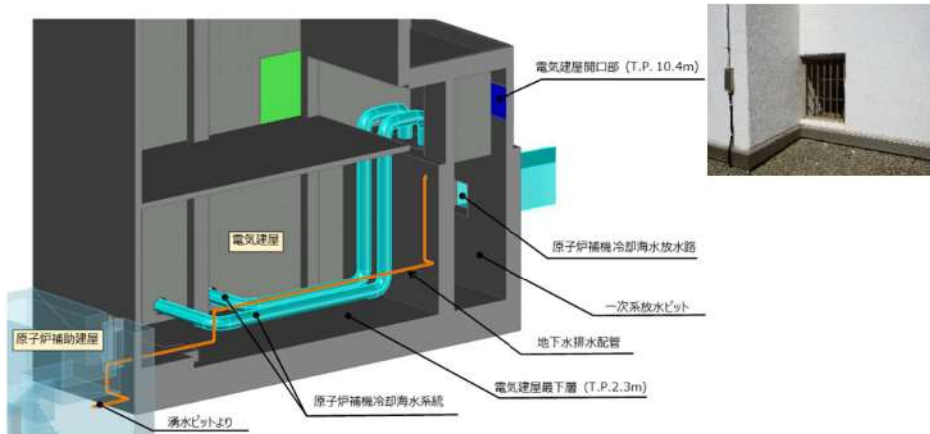
添付 1-1 図 設備構成イメージ



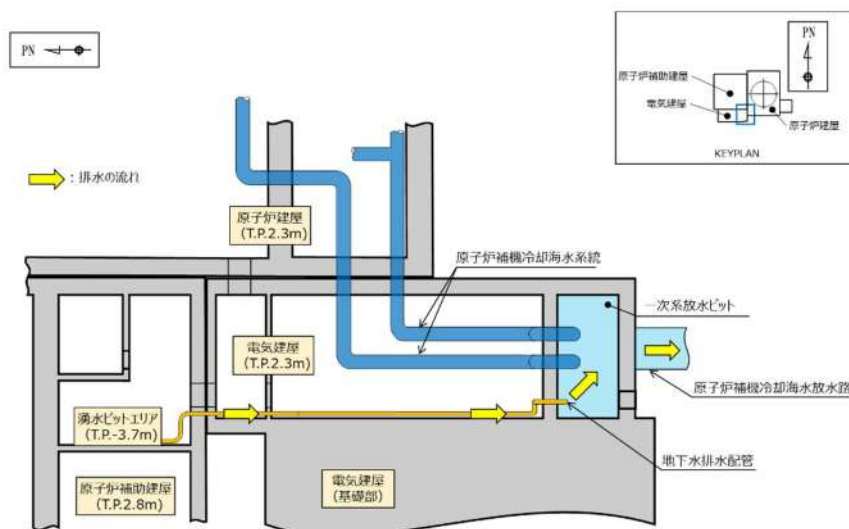
添付 1-2 図 電源系，監視・制御系の系統構成概要



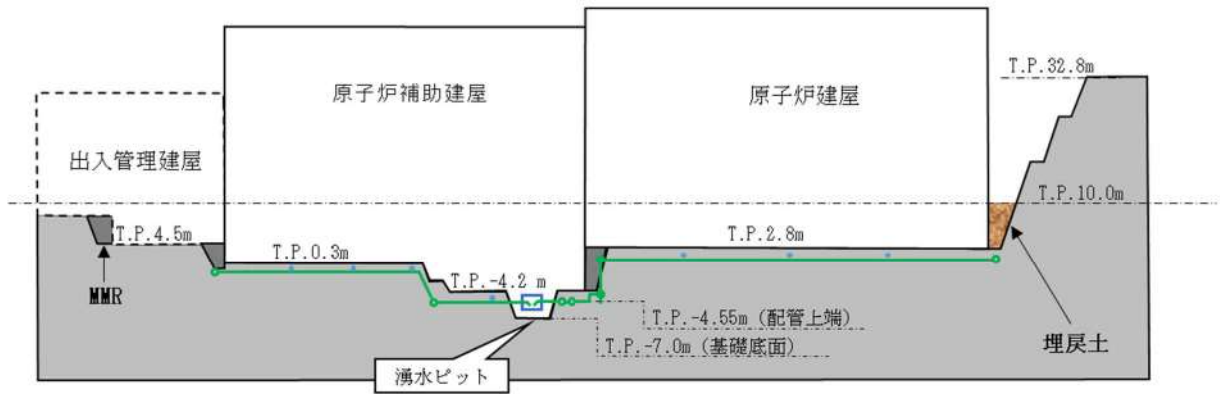
添付 1-3 (1) 図 地下水排水設備の配置



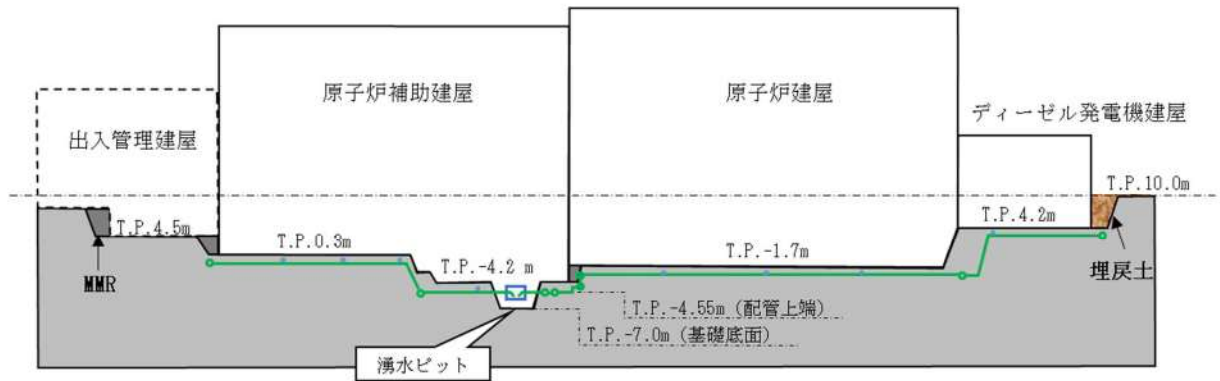
添付 1-3 (2) 図 地下水排水設備の配置 (電気建屋内の排水配管①)



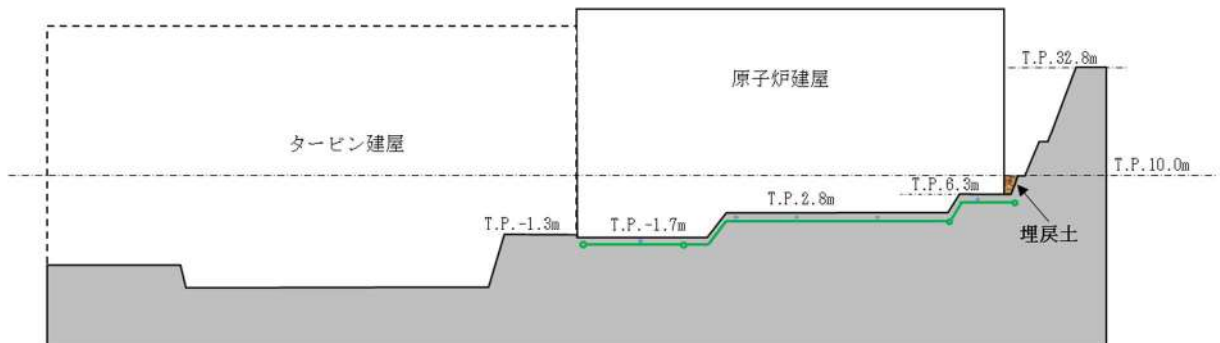
添付 1-3 (3) 図 地下水排水設備の配置 (電気建屋内の排水配管②)



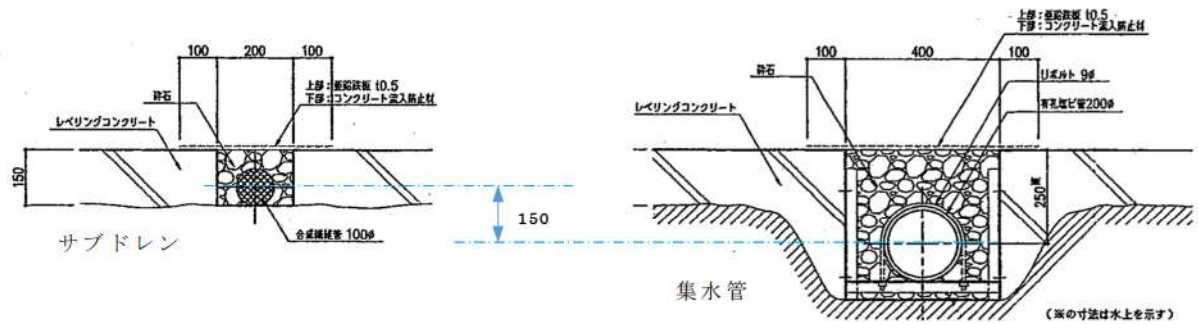
添付 1-4(1) 図 集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベル
(添付 1-3(1) 図の A - A)



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)



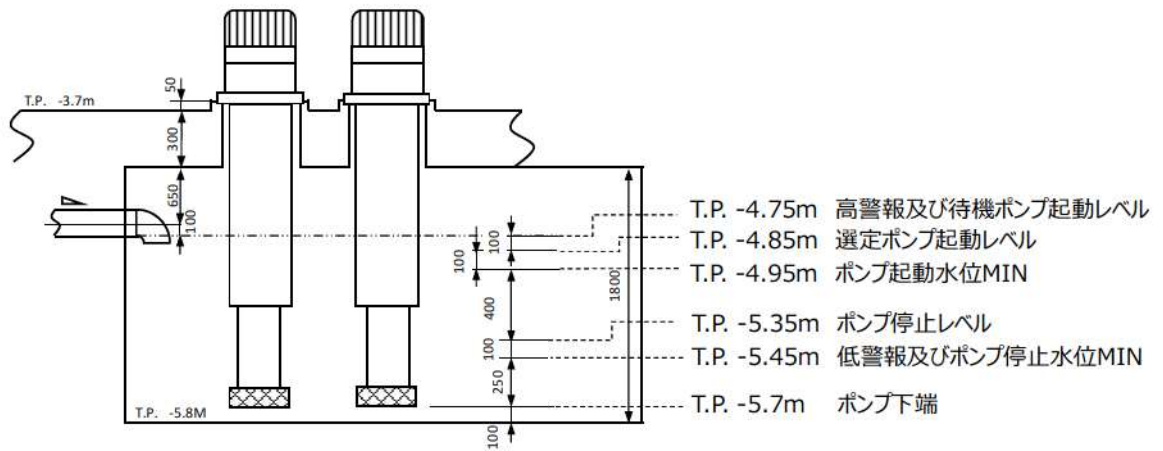
添付 1-4(3) 図 集水管及びサブドレンの配置と建屋基礎底面のレベル
(添付 1-3(1) 図の C - C)



添付 1-5 図 集水管及びサブドレンの敷設断面図



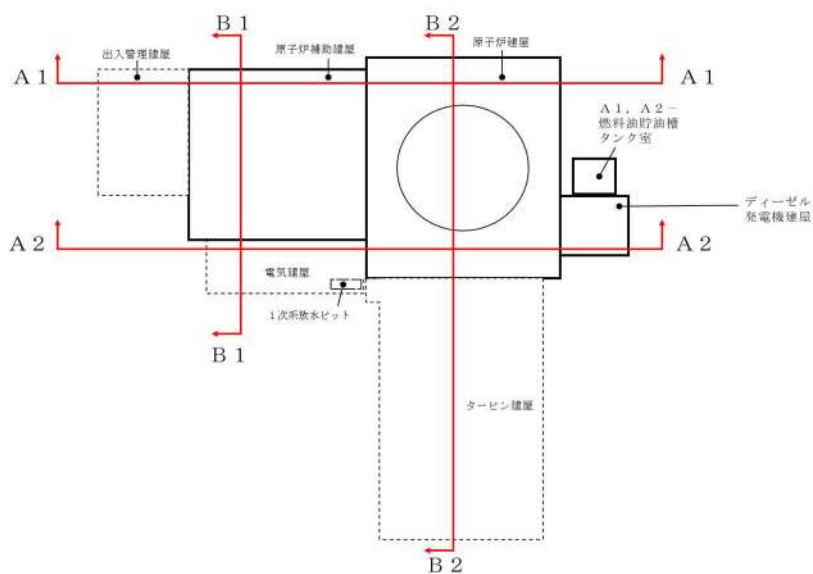
添付 1-6 図 集水管及びサブドレンの敷設状況写真 (泊発電所 3号炉建設時)



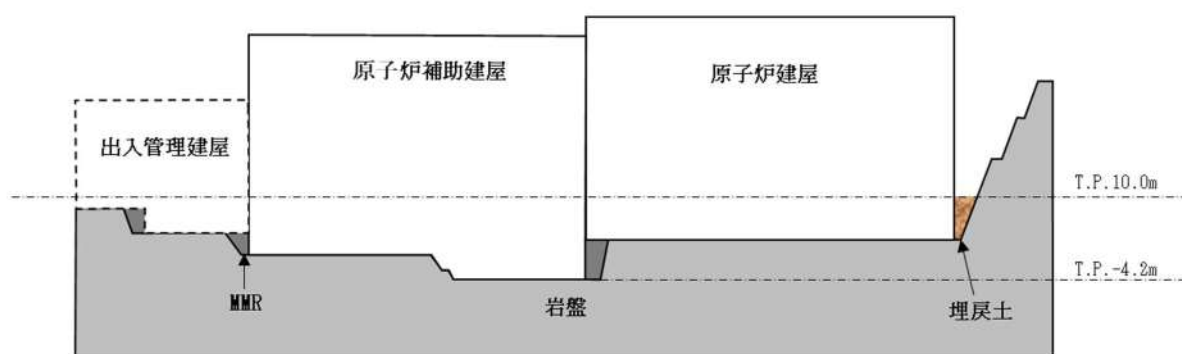
添付 1-7 図 湧水ピット断面図

原子炉建屋等の主要建屋の設置断面図

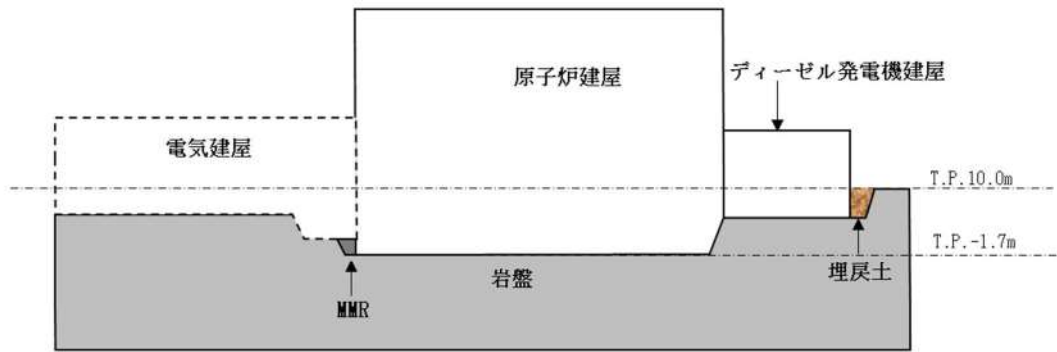
泊発電所 3 号炉の原子炉建屋等の主要建屋は、建設時に岩盤を掘削し設置されており、建屋地下部の側方は主に岩盤や他構造物に囲まれている。添付 2-1 図の断面指示図による各断面図を、添付 2-2 図～添付 2-5 図に示す。



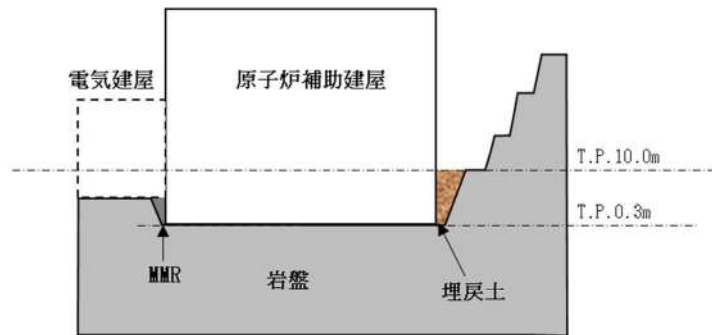
添付 2-1 図 断面指示図



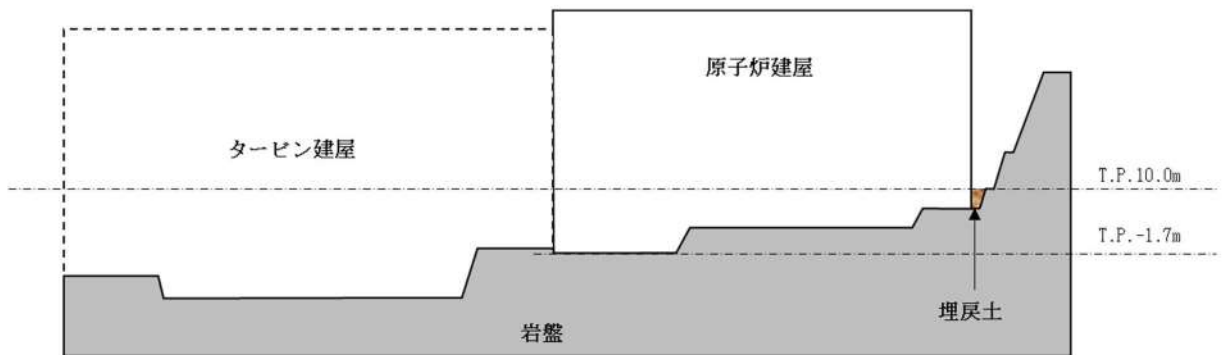
添付 2-2 図 A1-A1 断面図



添付 2-3 図 A 2 - A 2 断面図



添付 2-4 図 B 1 - B 1 断面図



添付 2-5 図 B 2 - B 2 断面図

地下水排水機能喪失後の猶予時間について

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、補修作業による地下水の排水機能の復旧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」として算出する。

2. 猶予時間の算出

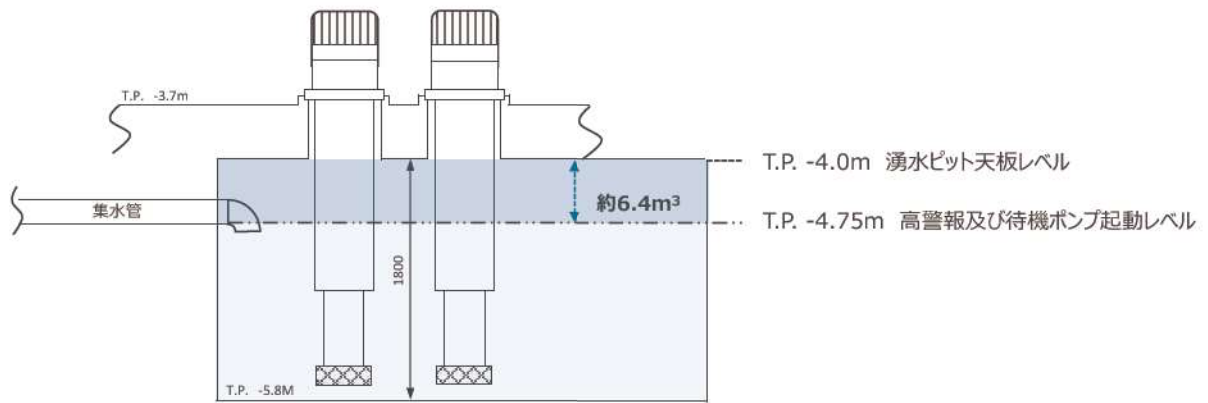
猶予時間の算出は、建屋の耐震性を維持できると想定される地下水位の上限を設定し、当該の地下水位より深部に設置される湧水ピットと集水管で地下水を貯留できる容量（下記 a.）を想定湧水量（下記 b.）で除して算出する。

a. 湧水ピットと集水管による貯留可能量

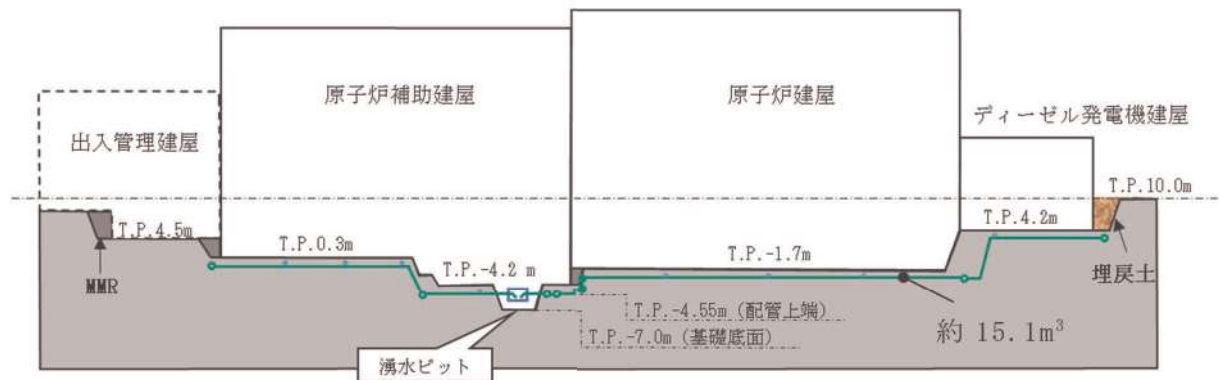
貯留可能量は、地下水排水設備（既設）により地下水の排水機能が維持された状態において、想定される最も高い湧水ピット水位を初期水位とし、初期水位で地下水の排水機能を期待できなくなった以降の水位上昇時に、原子炉建屋等の主要建屋の耐震性を維持できると想定される地下水位より深部において、確実に貯留を見込める容量として算出する。

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。

※ 仮に T.P. 0m 付近まで地下水位が上昇した場合に揚圧力の影響を受ける範囲は、原子炉建屋等の主要建屋の基礎面積のうち 2 割程度であり、また揚圧力は排水機能喪失後に徐々に増加していくと想定されることから、この程度の地下水位レベルまでであれば耐震性への影響は極めて小さいものと判断した。



添付 3-1 図 貯留を考慮する範囲（湧水ピット）



添付 3-2 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 3-1 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 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.）
21.5 m ³	172.1 m ³ /日	2 時間 59 分

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、補修作業による排水機能の復旧を実現するのは、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**建屋の耐震性を維持できる上限を超えた**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、猶予時間が短いほど、地下水の排水に期待できずに**建屋の耐震性を維持できる地下水位の上限を超えてしまう**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。**したがって**、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**建屋の耐震性を維持できる地下水位の上限を超えてしまう**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、長期間にわたり原子炉建屋等の主要建屋の**耐震性**を満足する状態が継続するのであれば、その期間において補修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。

泊発電所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3時間**）は変わらない。**約3時間**は補修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により地下水の排水機能を復旧することには期待**しない**。

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

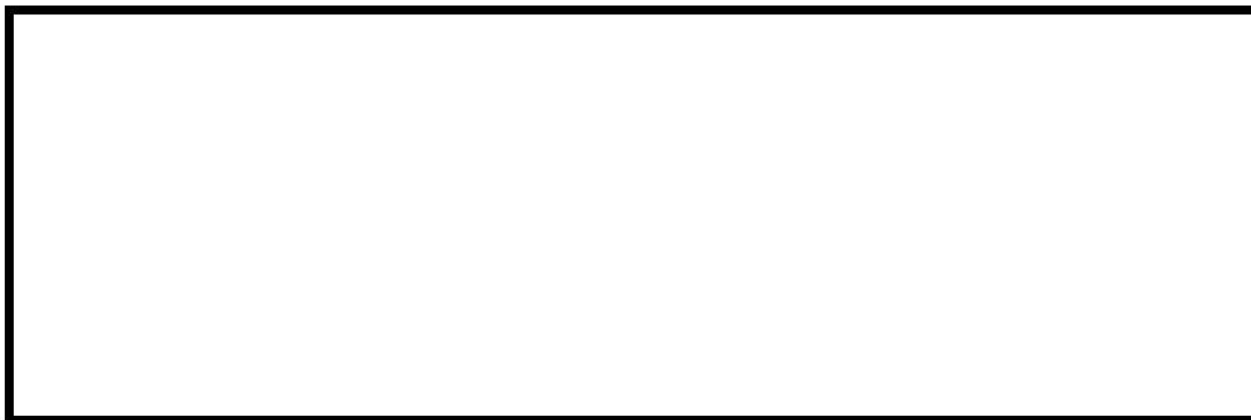
現在，泊発電所 3 号炉では集水管の内部点検と管内清掃を実施する装置として，農業用の暗渠管向けに開発された管内清掃装置の採用を検討している。装置の概略を以下に示す。

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

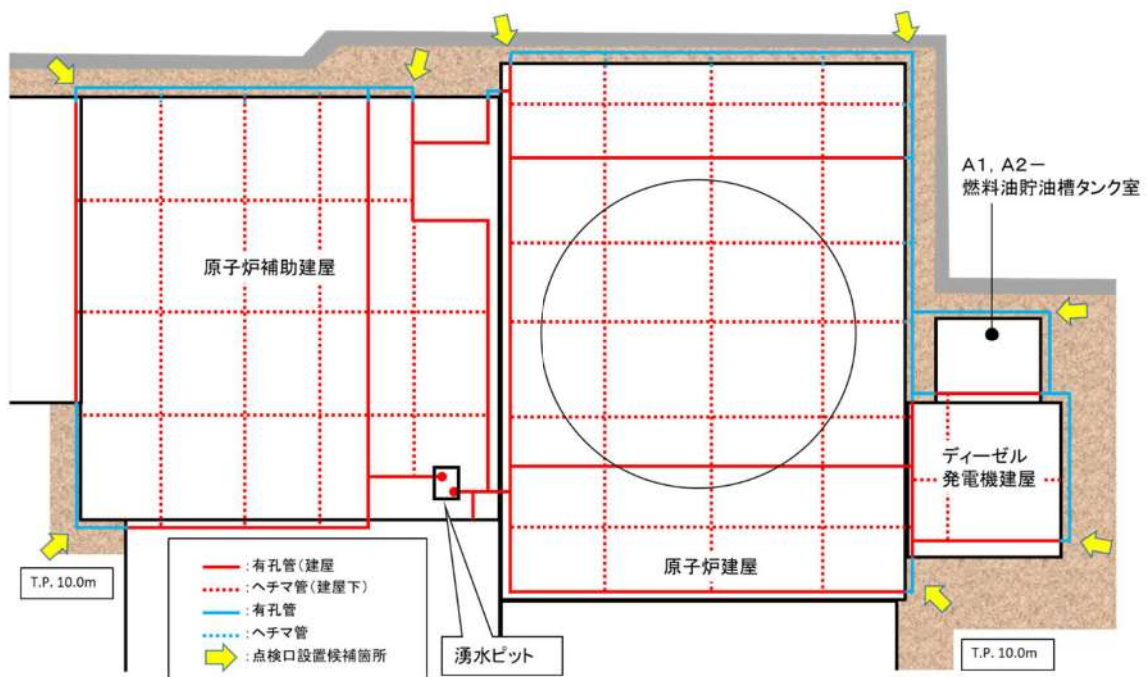
噴射ノズル外径との遊びが少ない場合（配管系φ100mm）に，直管に対して推進距離が 300m までの実績がある。遊びが少なければ噴射の反力が推進力として効率的に利用されるが，配管径が大きくなると遊びも大きくなるため挿入距離は変わる。

(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。



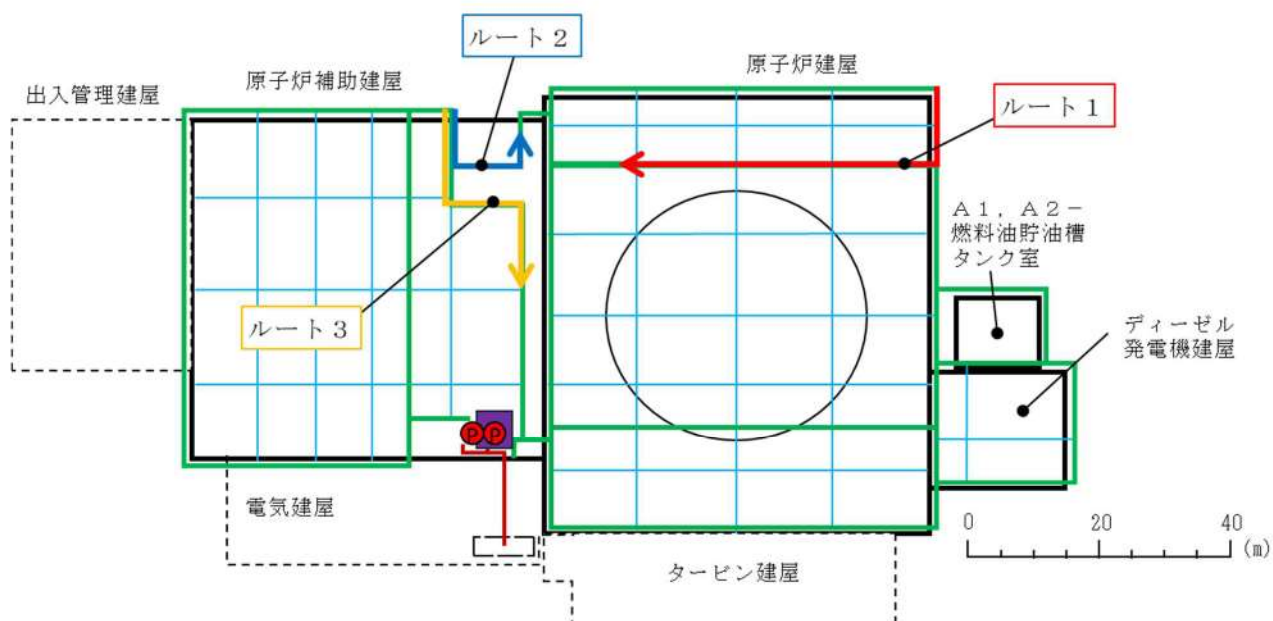
添付 5-2 図 点検口の設置候補箇所

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



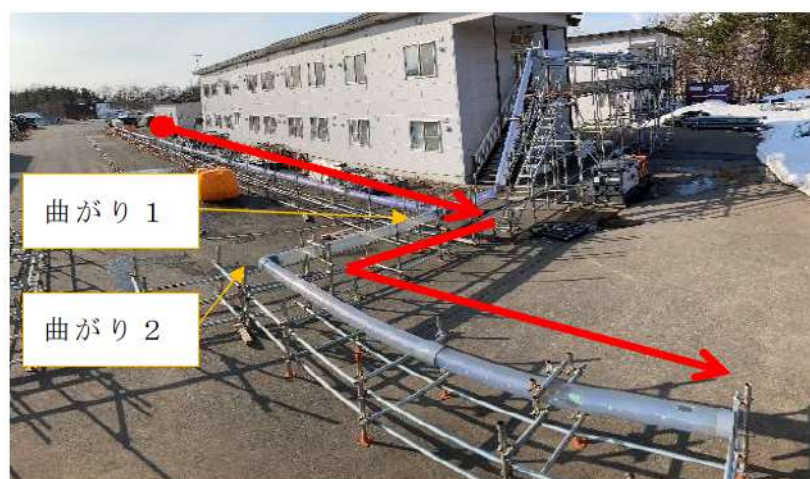
曲がり数：3，管路の長さ：約70m

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

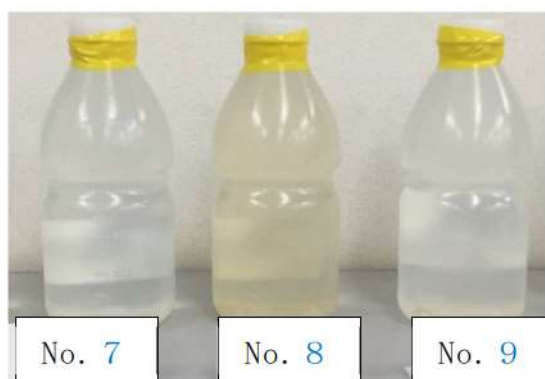
泊発電所3号炉の地下水位観測孔のうち、集水管及びサブドレンに近接している3箇所から地下水を採水し水質分析を実施した。



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）

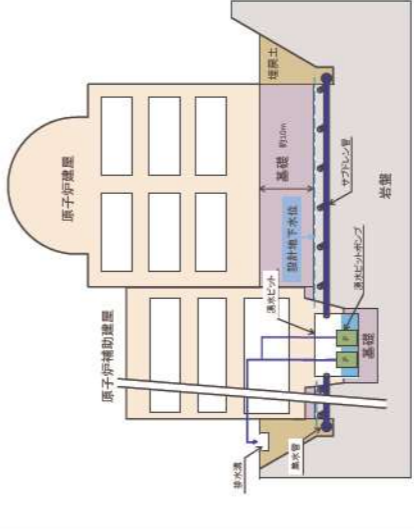
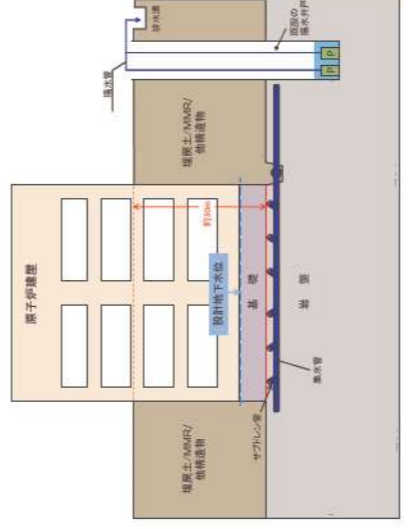
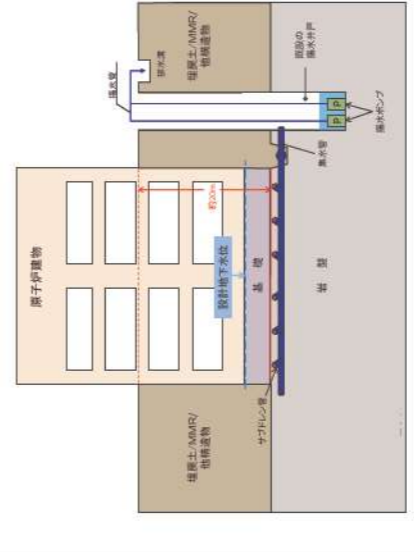
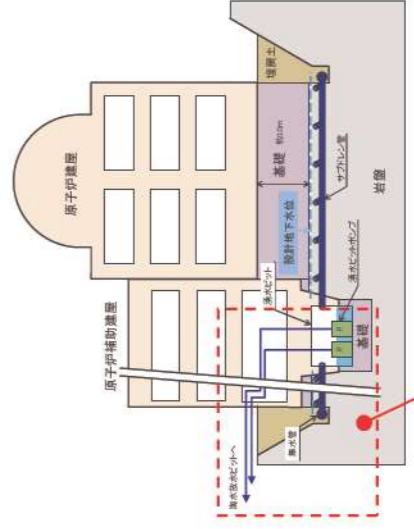
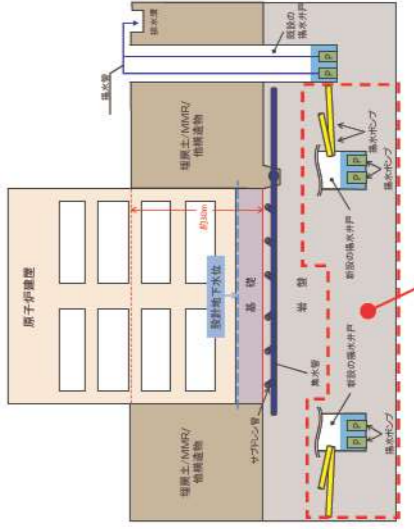
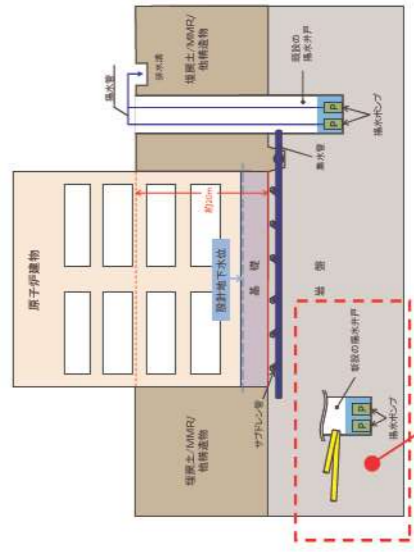
防潮堤を設置した先行炉との比較

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 6-1 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「地下水の排水を期待する施設等」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。

添付 6-1 表 先行炉との比較

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	<ul style="list-style-type: none"> 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） 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> ☆ 原子炉建屋等の主要建屋（原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼゼル発電機建屋及びA1、A2 - 燃料油貯油槽タンク室） 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 建物・構築物（原子炉建屋、制御建屋、3号炉海水熱交換器建屋、排気筒） □ 液状化影響を受ける「敷地広範囲」のアクセスルート、屋外重要土木構造物等 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 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排除／低減を期待する地下水位の影響	「☆」に生じる揚圧力影響	「◇」と「□の一部」に生じる揚圧力影響及び液状化影響	「◎」に生じる揚圧力影響
地下水排水設備／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 	<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	—
保守管理性	<ul style="list-style-type: none"> 点検用アクセス開口の設置により原子炉建屋等の主要建屋基礎下の集水管全てを点検可能とする サブドレンは合成繊維管であり直接的な目視点検は集水管との接続部に限られるが、岩盤からサブドレンに流入する湧水は清浄であり、埋戻土由来の土砂類の持ち込みが定で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 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 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
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）			

※ 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と