

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項又は商業機密に属しますので公開できません。

※なお、本資料は抜粋版のため公開できない箇所はありません。

資料 2 - 1 - 3

## 女川原子力発電所 2 号炉

### 設計基準対象施設について

#### (4 条 地震による損傷の防止)

令和元年 5 月

東北電力株式会社

## 目次

- 4 条 地震による損傷の防止
- 5 条 津波による損傷の防止
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（その他外部事象）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）
- 7 条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止
- 8 条 火災による損傷の防止
- 9 条 溢水による損傷の防止等
- 10 条 誤操作の防止
- 11 条 安全避難通路等
- 12 条 安全施設
- 14 条 全交流動力電源喪失対策設備
- 16 条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設
- 17 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ
- 23 条 計測制御系統施設（第 16 条に含む）
- 24 条 安全保護回路
- 26 条 原子炉制御室等
- 31 条 監視設備
- 33 条 保安電源設備
- 34 条 緊急時対策所
- 35 条 通信連絡設備

下線は、今回の提出資料を示す。

## 第4条：地震による損傷の防止

### <目次>

#### 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浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・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 弾性設計用地震力  $S_d$  ・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 主要建屋の構造概要及び解析モデルについて
- 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（設置変更許可申請段階での整理）
- 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適切な組合せに関する検討について
- 別紙－4 サプレッションチェンバ内部水質量の考え方の変更について
- 別紙－5 竜巻防護ネットの耐震構造設計について
- 別紙－6 原子炉本体の基礎の復元力特性について
- 別紙－7 使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数について
- 別紙－8 規格適用範囲外の動的機能維持の評価
- 別紙－9 海水ポンプ室門型クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用
- 別紙－10 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－11 東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた建屋耐震設計方法への反映について
- 別紙－12 埋め込まれた建屋の周辺地盤による影響について
- 別紙－13 原子炉建屋屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の適用
- 別紙－14 原子炉建屋基礎版の応力解析モデルへの弾塑性解析の適用
- 別紙－15 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－16 後施工せん断補強筋による耐震補強について
- 別紙－17 液状化影響の検討方針について
- 別紙－18 地下水位低下設備について

## 女川原子力発電所 2 号炉

### 地下水位低下設備について

## 目次

第Ⅰ編 地下水位低下設備の要求機能及び地下水位の設定方針.....	1
1. 地下水位低下設備の要求機能.....	1
2. 設計用地下水位の設定方針.....	3
2.1 基本的な考え方.....	3
2.2 水位評価用モデル.....	6
2.3 再現解析による検証.....	6
2.4 機能喪失時の影響確認.....	11
2.5 観測による検証.....	17
第Ⅱ編 地下水位低下設備の信頼性向上の方針.....	18
1. 地下水位低下設備の目的, 機能及び位置付け.....	18
2. 安全施設への要求事項を参照した設備構成の検討.....	18
2.1 設置許可基準規則第12条の要求事項の抽出.....	18
2.2 設置許可基準規則第12条の要求事項に基づく設備構成の検討.....	21
2.3 設置許可基準規則第12条の要求事項に基づく設備構成の妥当性.....	38
3. 機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討.....	40
3.1 供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析.....	40
3.2 関係する条文の抽出.....	42
3.3 各構成部位の機能喪失要因の分析.....	43
3.4 分析結果を踏まえた信頼性向上のための配慮事項.....	47
3.5 監視・制御機能及び電源接続の系統構成.....	49
4. 運用管理・保守管理上の方針.....	50
5. 信頼性向上の方針のまとめ.....	54

添付資料1	既設の地下水位低下設備の概要
添付資料2	ドレーンの信頼性確保の検討
添付資料3	設置許可段階及び工事計画認可以降の提示内容

補足説明資料1	敷地の水文環境
補足説明資料2	建設時工認段階の浸透流解析結果
補足説明資料3	構内排水路の概要
補足説明資料4	三次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響確認結果(通常時)
補足説明資料5	基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方
補足説明資料6	地下水位低下設備の機能喪失後の水位上昇
補足説明資料7	現行の重要度分類上の位置付けの整理
補足説明資料8	新設揚水井戸・ドレーンの構造・配置及び施工例

## 第 I 編 地下水位低下設備の要求機能及び地下水位の設定方針

### 1. 地下水位低下設備の要求機能

原子炉建屋等の主要建屋直下及びその周囲には地下水位低下設備が設置され、建設時工認の施設評価において、その機能に期待した地下水位の設定を行っている。

地下水位低下設備（既設）設置位置を別紙 18-1 図に示す（添付資料 1 参照）。

地下水位低下設備は、各施設周囲の岩盤上に設置されたドレーン（硬質ポリ塩化ビニル製有孔管「以下、有孔塩ビ管」〈 $\phi$  100 mm～200 mm〉及び有孔遠心力鉄筋コンクリート管「以下、有孔ヒューム管」〈 $\phi$  500 mm～1,050 mm〉）により揚水井戸に集水し、揚水ポンプ・配管を介して構内排水路へ排水する構造となっている。

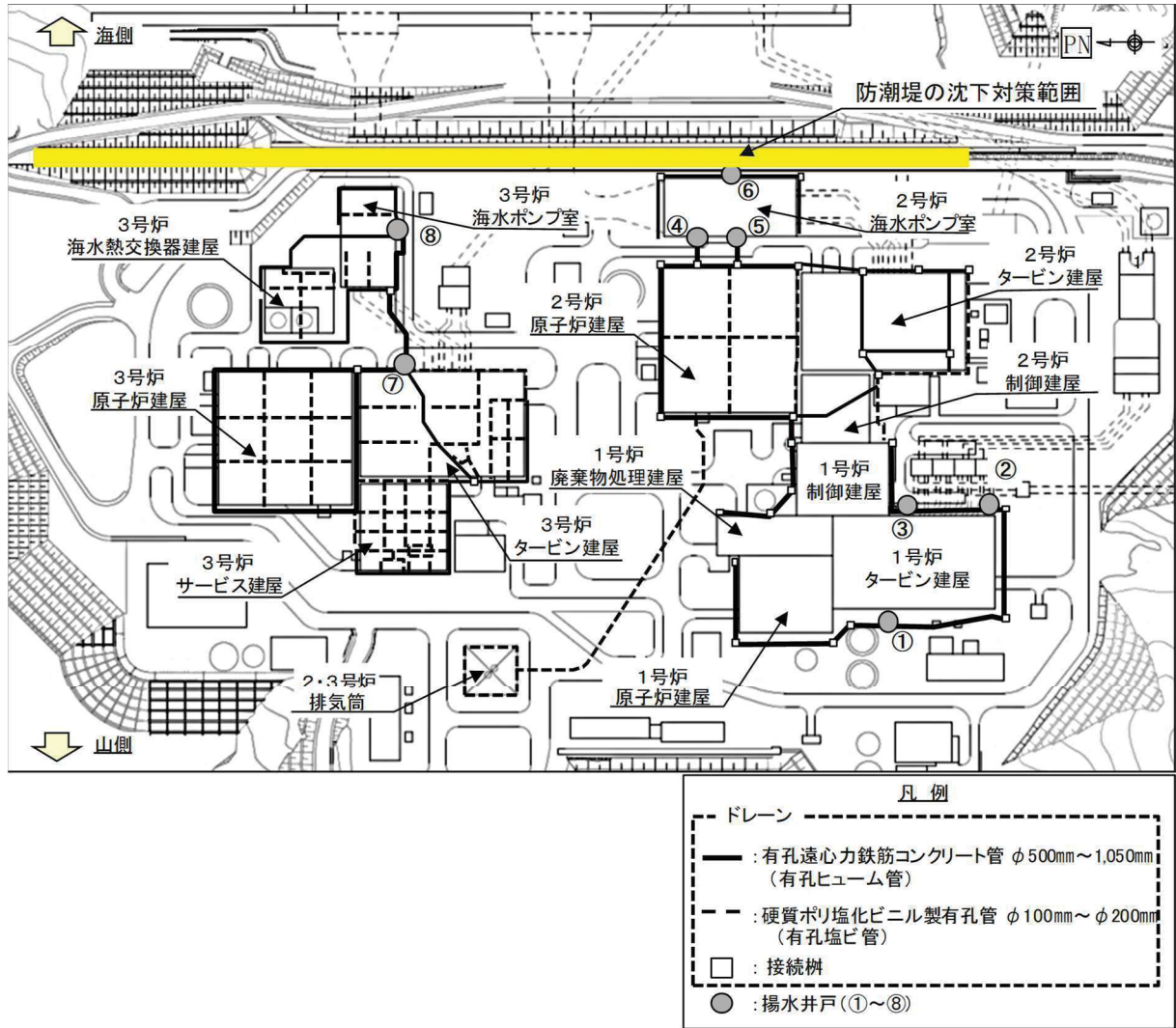
地下水位低下設備の機能は、地下水位を一定の範囲に保持することであり、これにより地下水位低下設備の機能に期待する施設（以下、対象施設）に及ぶ水位上昇に伴う影響が低減される。

一方、津波防護施設として敷地海側に設置する防潮堤の沈下対策概要を別紙 18-2 図に示す。

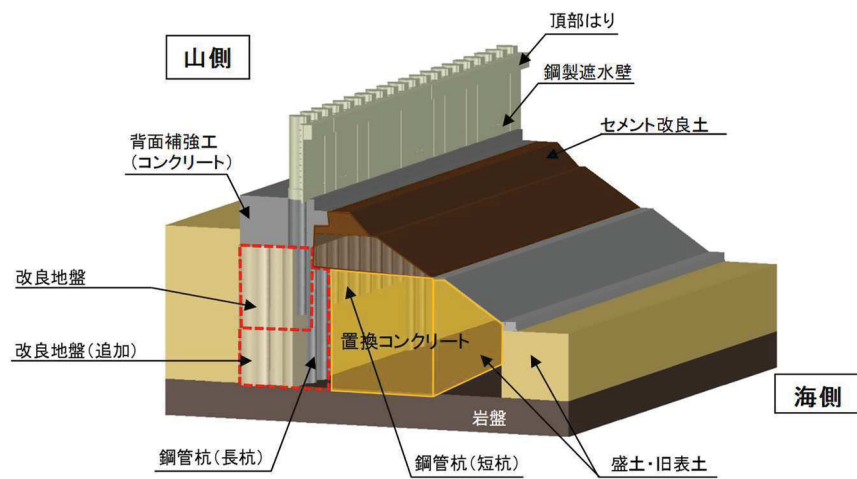
従前は山から海へ向かう一方向の流動場が形成されていたが（補足説明資料 1 参照）、今後、防潮堤直下の沈下対策を行うことにより敷地内の地下水の流れが遮断され、敷地内の流動場は大きく変化し、地下水位低下設備の機能に期待できない場合の地下水位は沈下対策前より上昇することから、地下水位低下設備の重要性は従前より増したと考えられる。

本資料では、今後の設計に用いる地下水位を設定するにあたり、防潮堤沈下対策後における対象施設の安全性に及ぼす影響を確認し、必要な機能を保持するための信頼性確保の方針について検討した。

この上で、信頼性向上策を踏まえた設計用地下水位の設定方法について整理した。



別紙 18-1 図 地下水位低下設備（既設）設置位置



別紙 18-2 図 防潮堤の沈下対策概要



## 2. 設計用地下水位の設定方針

### 2.1 基本的な考え方

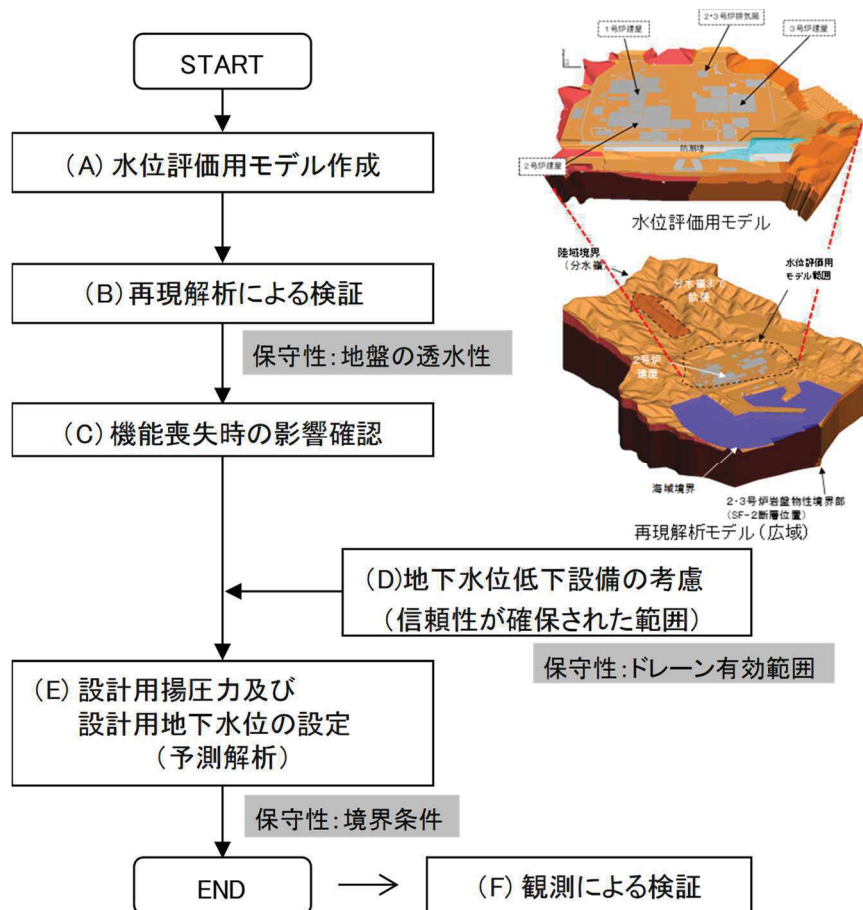
施設設計用の地下水位の設定については、地形等を適切にモデル化した浸透流解析により行うこととし、保守性を確保する方針とする。

解析の保守性については、解析に用いるパラメータや境界条件の保守的な設定の他、地下水位低下設備を信頼性が確保された範囲に限定し考慮することにより確保する。

設置許可段階においては、第 I 編 2.4 項に示す地下水位低下設備が機能しない場合の影響評価を踏まえ、揚圧力影響（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）第 4 条）により耐震性を確保できない対象施設については、設置許可基準規則の条文適合上必要な地下水位低下設備構成の設定の考え方を整理し、地下水位低下設備の設定にあたっては、建設時工認における設計用揚圧力を目安とする。

また、周辺地盤の液状化影響（設置許可基準規則第 3 条第 2 項）により耐震性や安定性への影響がある対象施設に対しては、上記により設定した設備構成にて算定される地下水位分布に基づき評価を行い、必要に応じて対策（地盤改良等）を行う。

この考え方にに基づき、工認段階において地下水位低下設備を考慮した浸透流解析を実施し、この結果に基づき対象施設の設計において参照する設計用揚圧力並びに設計用地下水位を設定する。浸透流解析を用いた設計用地下水位の設定フローを別紙 18-3 図に示す。



別紙 18-3 図 浸透流解析を用いた設計用揚圧力及び設計用地下水位の設定フロー

別紙 18-3 図の各プロセスにおける検討方針を以下に示す。なお、各審査段階における提示内容を添付資料 3 に示す。

(A)～(B) 水位評価用モデル作成・再現解析による検証

- 解析モデル・境界条件を建設時工認を参照し設定した上で、観測記録との比較等によりモデル全体としての保守性の確認を行う。

(C) 機能喪失時の影響確認

- 防潮堤沈下対策による地下水流動場の変化を考慮した水位評価用モデルにおいて地下水位低下設備による水位保持機能が期待できない場合の地下水位を算定する。
- 算定された水位に対し、常時及び地震時において対象施設へ与える影響を評価し、地下水位低下設備が有する機能の設置許可基準規則適合における位置付けを確認する。
- 影響評価を踏まえた信頼性向上を図る方針とする（第Ⅱ編にて詳述）。

(D) 地下水位低下設備の考慮

- 浸透流解析における算定条件として、対象施設周辺の地下水位保持に寄与し信頼性を確保できる範囲に限定し、地下水位低下設備（ドレーン）の有効範囲を設定する。

(E) 設計用揚圧力及び設計用地下水位の設定

- 工認時に(A)～(D)に基づく予測解析を実施する。対象施設の安全性へ影響が生じる場合には必要な対策を講じる。
- なお、建設時工認と同様に、解析境界の地表面に水位固定とすること等で保守性を確保する。

(F) 観測による検証

- 防潮堤沈下対策前後の地下水位観測データを取得し、(E)にて定める設計用揚圧力及び設計用地下水位の検証を行う。

設計用揚圧力及び設計用地下水位の設定にあたっては、以下に示す浸透流解析の保守性の確保方法のとおり、建設時工認段階の地下水位設定（二次元浸透流解析）において適用した保守性確保方針（解析に用いるパラメータや境界条件の保守的な設定、①と③）の他、さらに地下水位低下設備を信頼性が確保された範囲に限定し考慮する（②）ことにより確保する方針とする。

なお、②ドレーン有効範囲の考え方は、第Ⅱ編にて詳述する。

① 地盤の透水性

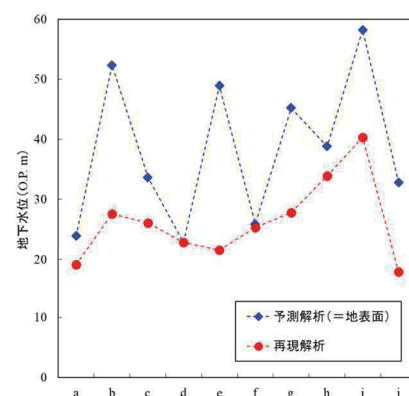
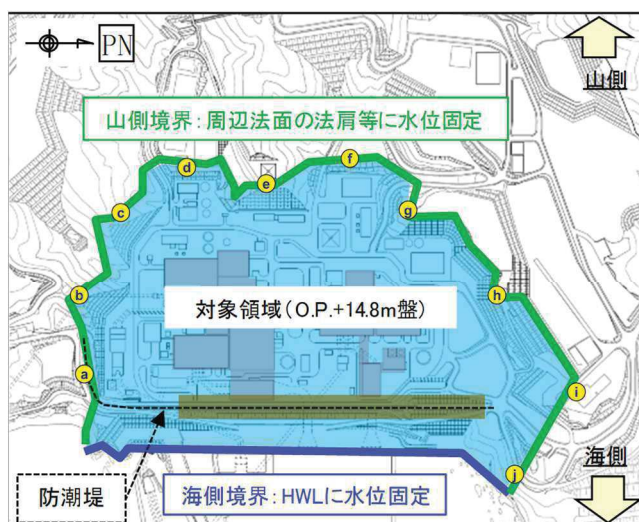
建設時工認の透水係数を基本とし地下水位を高めめに評価するよう保守的に設定する。

② ドレーンの有効範囲

信頼性が確保されたドレーンのみ管路として考慮する。有効範囲は耐震性、耐久性、保守管理性の3つの観点等を踏まえて検討し、いずれかの観点を満たさない場合等は地盤（透水係数）として考慮する。

③ 境界条件

解析境界の地表面に水位固定する（別紙 18-4 図、建設時工認と同様）。



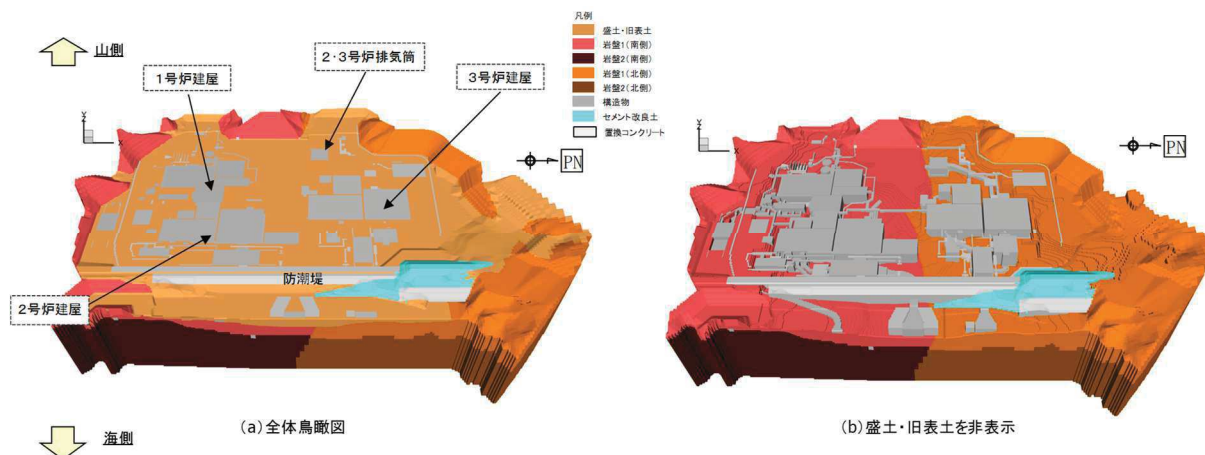
- 観測記録の再現解析(第Ⅰ編2.4項)における左図a～jの位置での地下水位(●)は、地表面高さ(◆)と同等若しくは下回る。(上図)
- 対象領域の設計用地下水位の算定においては、a～jに対応する解析境界にて地表面高さ(◆)に水位を固定することにより保守性を確保する。

別紙 18-4 図 保守的な解析条件の設定例 (③解析境界の地表面に水位固定)

## 2.2 水位評価用モデル

原子炉建屋等の施設が設置される主要エリア（O.P.+14.8m盤周辺）の地下水位の評価においては、O.P.+14.8m盤周辺の法肩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：GETFLOWS（GGeneral purpose Terrestrial fluid-FLOW Simulator）バージョン：ver. 6.64.0.1）。

水位評価用モデル鳥瞰図を別紙 18-5 図に、水位評価用モデルの概要を別紙 18-1 表に示す。



別紙 18-5 図 水位評価用モデル鳥瞰図

別紙 18-1 表 水位評価用モデルの概要

項目	内容
モデル化範囲等	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設が配置される主要エリア（O.P.+14.8m盤周辺）を対象領域とする。（解析領域は周辺法面等を含む）</li> <li>対象領域内の構造物※をモデル化し、敷地造成時における掘削・埋戻しを反映する。</li> <li>なお、防潮堤下部の沈下対策（遮水効果）を考慮する。</li> </ul>

※：耐震裕度向上等の目的で実施した地盤改良等は、低透水層としてモデル化する。ただし、発電所建設時に施工性向上のために海側に設置した地中連続壁（仮設）による水位低下効果は、保守的に考慮しないものとする。

## 2.3 再現解析による検証

### (1) 再現解析と観測水位との比較

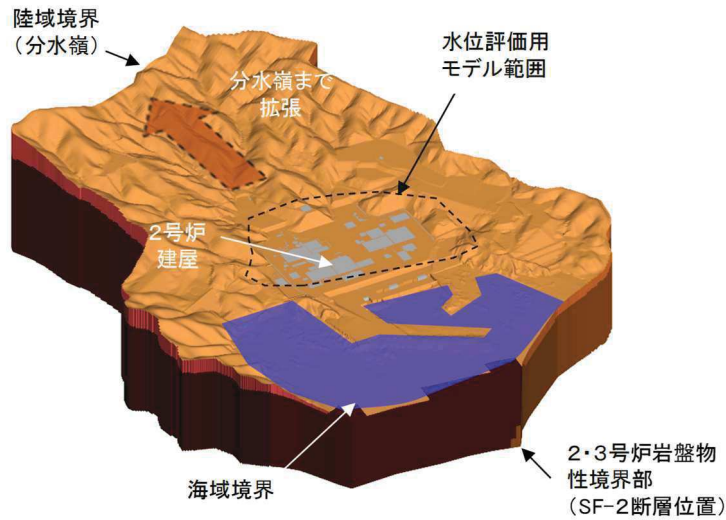
再現解析の目的は、水位評価用モデルに用いる透水係数等の解析用物性値を含めたモデル全体としての保守性を確認することである。

透水係数は、補足説明資料 2 に示す建設時工認段階の評価に用いた設定値等（ルジオン試験等に基づく値）とする。

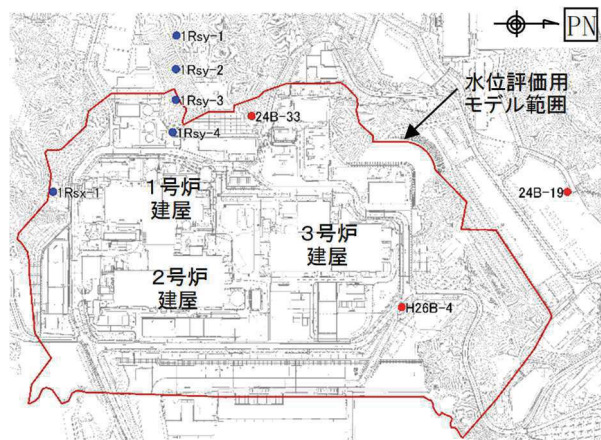
再現解析は、前述の水位評価用モデルを敷地周辺の分水嶺まで拡張し、観測降雨を与えることにより実施した。また、保守性は解析水位が観測水位を上回ることにより確認することとした（水位観測時点の構造物をモデル化しており防潮堤沈下対策は非考慮）。

再現解析モデル鳥瞰図を別紙 18-6 図に、観測孔位置を別紙 18-7 図に、観測値と解析値の比較を別紙 18-8 図に示す。

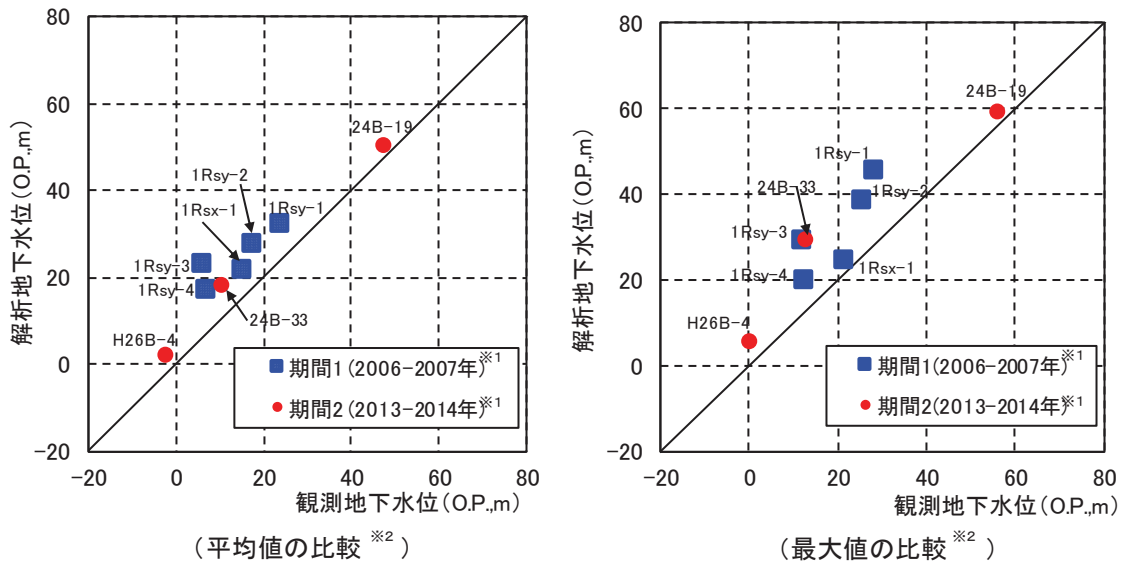
再現解析の結果，解析値は期間平均及び最大値のいずれにおいても観測値を上回ることを確認した。この結果から，予測解析においても解析値が安全側（地下水位が高め）に評価されると考えられ，モデル全体としての保守性が確保されることを確認した。



別紙 18-6 図 再現解析モデル鳥瞰図



別紙 18-7 図 観測孔位置



- ※1：安全対策工事に伴う敷地改変等に着手した2015年6月以前のうち、一定期間以上の水位観測データのある期間から選定した。
- ※2：上記期間における観測水位と解析水位それぞれの平均水位及び最大水位のプロットを示す。

別紙 18-8 図 観測値と解析値の比較

なお、岩盤が地表付近に近く、主に岩盤内を地下水が流れる観測孔（1Rsy-1～4, 1Rsx-1, 24B-33）において、観測値と解析値の差が比較的大きい結果が得られている。これは、建設時工認において設計用地下水水位（揚圧力）を高めめに評価するため、別紙 18-2 表に示すように岩盤 I の透水係数を  $-1\sigma$  小さく設定していることに起因するものと推察される。

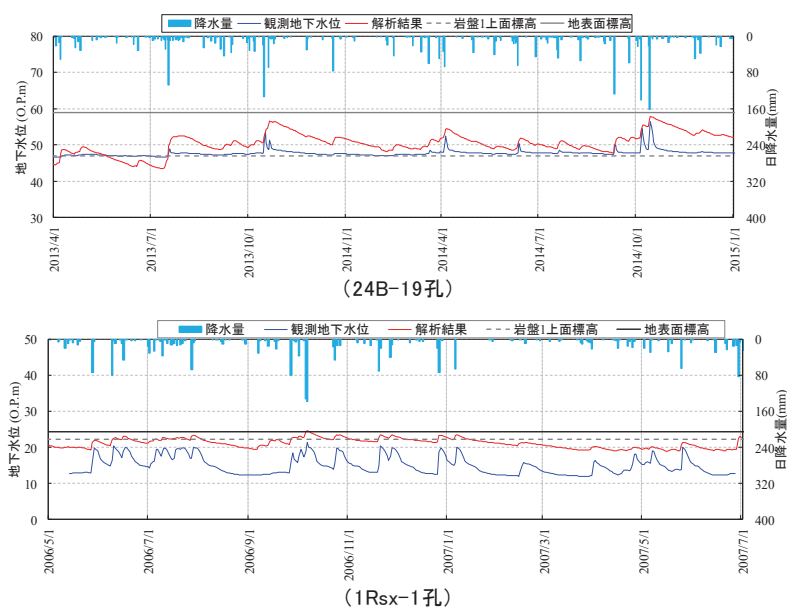
別紙 18-2 表 透水係数

地層区分		透水係数 (m/sec)	設定根拠
盛土・旧表土		$3 \times 10^{-5}$	平均値
2号炉周辺以南	岩盤 I	$7 \times 10^{-7}$	$-1\sigma$
	岩盤 II	$5 \times 10^{-7}$	平均値
3号炉周辺以北	岩盤 I	$2 \times 10^{-7}$	$-1\sigma$
	岩盤 II	$1 \times 10^{-7}$	平均値
改良地盤・セメント改良土※		$2 \times 10^{-7}$	平均値
構造物		0 (不透水)	—

※：建設時工認段階以降に取得

## (2) 水位経時変化の確認

別紙 18-8 図に示す観測値と解析値の比較において比較的裕度の小さい 24B-19 孔・1R<sub>sx</sub>-1 孔を例に、解析水位と観測水位の経時変化を別紙 18-9 図に示す。



別紙 18-9 図 地下水位の経時変化例

24B-19 孔は盛土層厚が大きい地点、1R<sub>sx</sub>-1 孔は岩盤が地表面に近い地点であるが、いずれも降雨時には解析値が観測値を上回っており、予測解析において解析値を安全側（地下水位が高め）に評価する目的から、保守的な結果となっている。

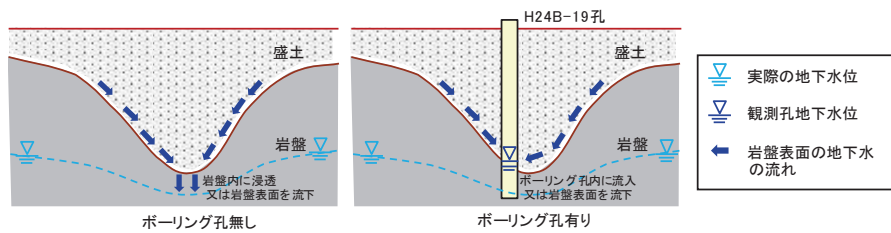
それぞれの観測孔における地下水位の経時変化の傾向は以下のとおり。

### a. 24B-19 孔

盛土層が厚い 24B-19 孔では、解析値と観測値それぞれの水位変動と降雨との連動性は概ね一致し、降雨時には解析値が観測値を全て上回っている。これは、盛土層が厚い他の観測孔（H26B-4 孔）においても同様である。

なお、観測水位が岩盤表面以下に下がらない状況が確認されるが、観測孔位置は沢部であるため周囲から岩盤表面の地下水が集まりやすい構造であることに起因するものと考えられる。

沢地形部における小降雨時の地下水の流れのイメージを別紙 18-10 図に示す。



別紙 18-10 図 沢地形部における小降雨時の地下水の流れ（イメージ）

b. 1Rsx-1 孔

岩盤が地表付近に近い 1Rsx-1 孔では、解析値と観測値それぞれの水位変動と降雨との連動性は概ね一致し、降雨時には解析値が観測値を全て上回っている。

これは、岩盤が地表付近に近い他の観測孔（1Rsy-1～4, 24B-33）においても同様である。



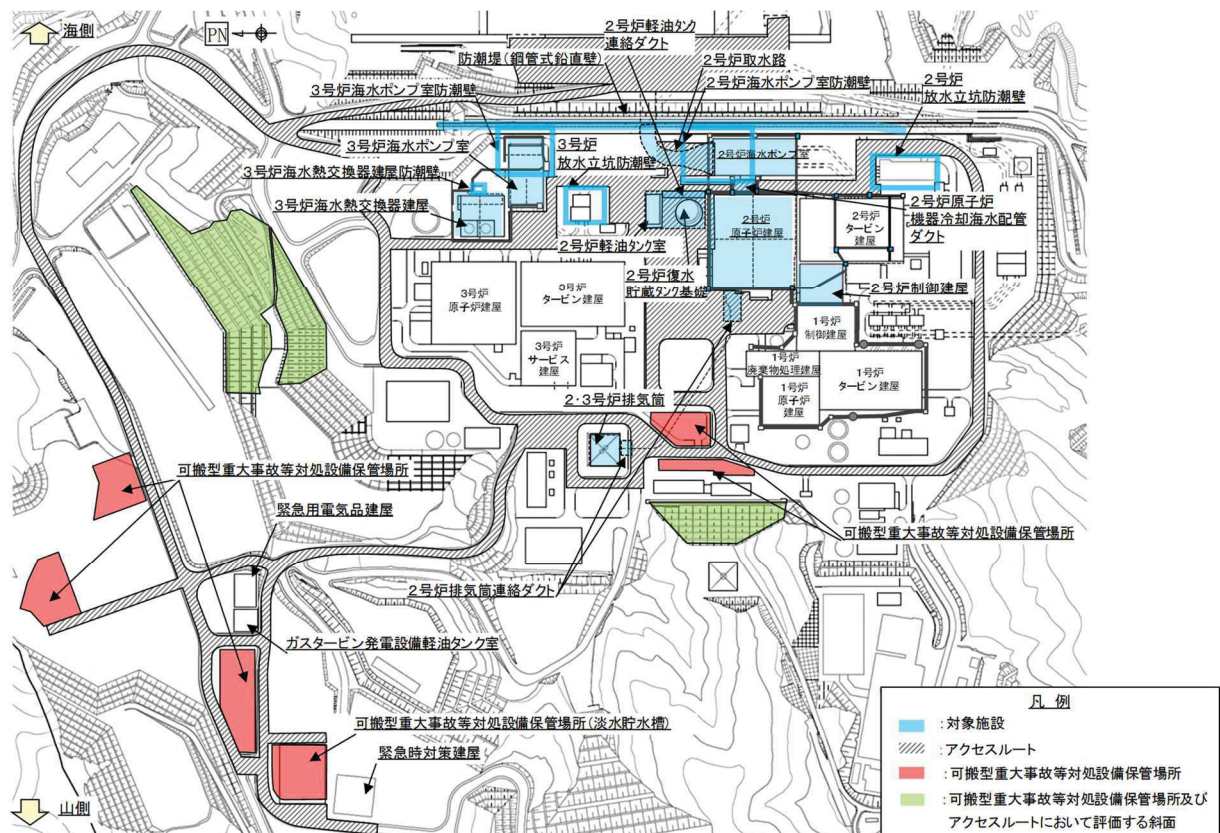
## 2.4 機能喪失時の影響確認

今回の2号炉の新規制基準適合性申請において、地下水位低下設備による水位保持機能に期待した設計値（揚圧力・地下水位）を設定している対象施設の配置を別紙18-11図に示す。これらの対象施設に対し、地下水位低下設備の機能が期待できない場合の影響評価を行う。

なお、対象施設の抽出にあたっては以下を考慮している。

- 高台エリア（O. P. +62.0m 盤周辺）に設置を計画している緊急時対策建屋、緊急用電気品建屋及びガスタービン発電設備軽油タンク室は、地下水位低下設備の機能に期待せず観測記録に基づく水位または地表面に設計用地下水位を設定する。
- 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートにおいて評価する斜面は、地下水位低下設備の機能に期待しない浸透流解析等により設計用地下水位を設定する。
- 可搬型重大事故等対処設備保管場所<sup>\*</sup>及びアクセスルートは周辺施設の建設時工認を参照した地下水位の設定（O. P. +14.8m 盤のみ地下水位低下設備の効果を考慮した O. P. +5.0m を設計用地下水位とし、他は地表面に設計用地下水位を設定する）にて設置許可段階の評価を行い、工認段階で設計用地下水位に変更が生じた場合は、必要に応じて担保すべき時間評価に影響を与えないよう対策を実施する。

※O. P. +14.8m 盤の保管場所は、施設の安全性の影響評価上、地下水位の影響を受けない。



別紙 18-11 図 対象施設の配置

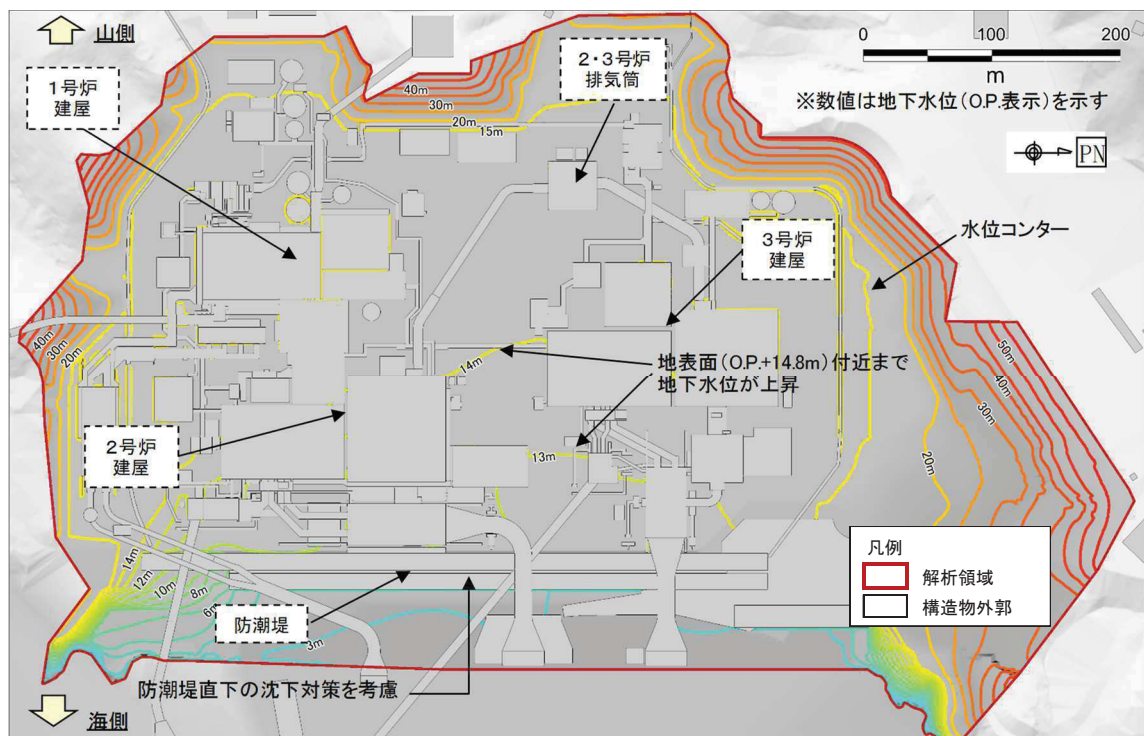
### (1) 地下水位低下設備が機能しない場合の地下水位分布

地下水位低下設備が機能しない状態が継続した場合の定常的な地下水位分布を概略的に予測した浸透流解析の結果を別紙 18-12 図に示す。

境界条件として、陸地は地表面に静水圧固定境界、海域は H. W. L. (O. P. +1.43m) に静水圧固定境界を設定した。また、透水係数は再現解析で保守性が確認された値（建設時工認段階の設定値）とした。

防潮堤の沈下対策（改良地盤・置換コンクリート）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、地下水位が地表面付近まで上昇する。

なお、地下水位低下設備の機能喪失後、地下水位が上昇し対象施設の安全性に影響を与えるレベルに達するまでの期間を「時間余裕」として定義する。この時間余裕は、地下水位に係る対策の妥当性を検証する場合等、必要に応じて参照する。



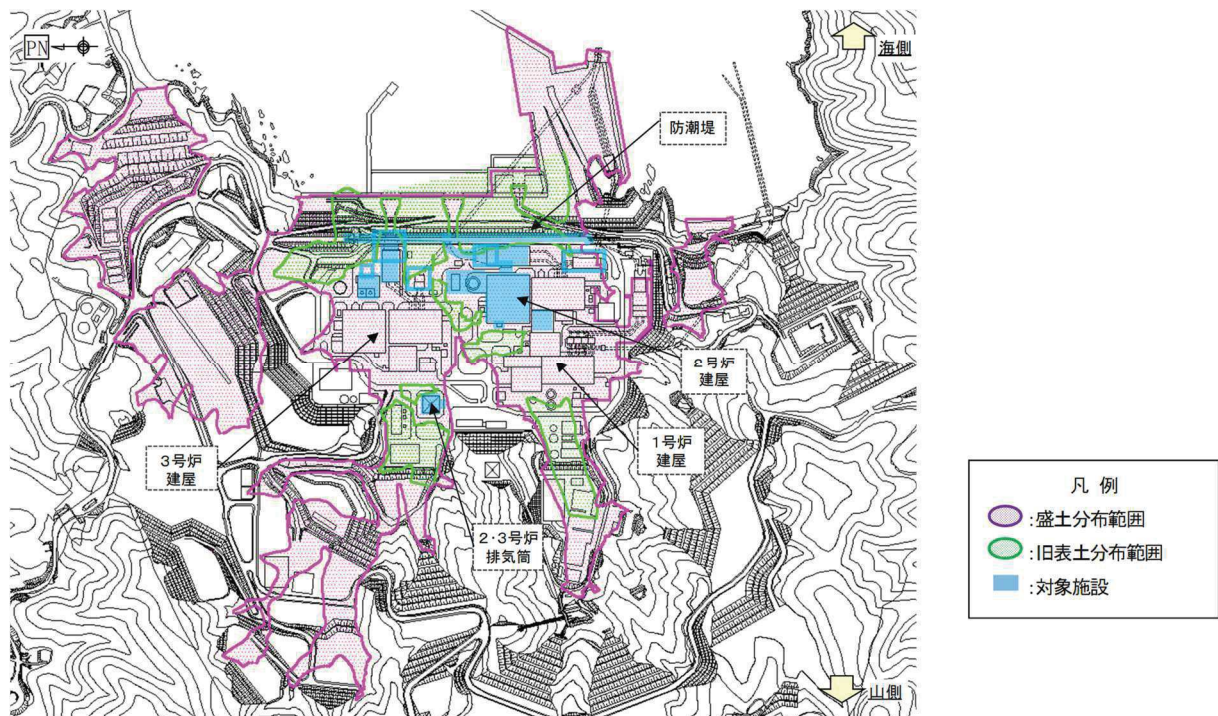
別紙 18-12 図 地下水位低下設備が機能しない場合の地下水位分布算定結果※

※：本図は解析境界の地表面に水位固定した定常解析により得られた地下水位分布であり、実際の降雨条件とは異なるが、解析開始（地下水位低下設備が機能喪失）から数年程度で地下水位が地表面近くに到達する。

## (2) 盛土・旧表土分布と対象施設の配置との関係

液状化等による影響（設置許可基準規則3条2項）の観点から、盛土・旧表土の分布と対象施設の配置との関係を別紙18-13図に示すとおり確認した。

なお、女川原子力発電所における盛土・旧表土は、液状化強度試験結果から「非液状化」または「繰返し軟化」と分類され、有効応力がゼロまで低下して液体状とはならず、ひずみが漸増する粘り強い挙動を示すことが確認されている（別紙17参照）。



別紙18-13図 対象施設の配置と盛土・旧表土の分布

(3) 対象施設の影響評価

対象施設について設置許可基準規則の該当条項及び審査区分を整理し、地下水位が地表面付近まで上昇した場合の対象施設における常時及び地震時の影響を評価した（建設時工認等の設計における地下水位との相対比較による）。

対象施設の整理結果を別紙 18-3 表、別紙 18-4 表及び別紙 18-5 表に示す。

別紙 18-3 表 地下水位低下設備に期待する施設の整理（基礎地盤・周辺斜面）

対象施設	耐震クラス	設置許可基準規則		審査区分及び設置許可基準規則の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備の機能に期待しない場合の影響及び設置許可基準規則の該当条項			(参考) 建設時工認等の設計における地下水位の扱い	
		3条 38条	4条4項 39条2項	設置許可	工認	常時	地震時(地下水位は別紙18-12図参照)		設計用地下水位	設計への反映事項
		地盤	地震				周辺地盤(液状化)影響	揚圧力影響		
基礎地盤※1・ 周辺斜面※2	—	○ (基礎地盤)	○ (周辺斜面)	3条, 38条 (基礎地盤) 4条4項, 39条2項 (周辺斜面)	—	—	地震時(地下水位は別紙18-12図参照) 周辺地盤※3に設定しているため影響なし		地表面※2に設定	—

※1：基礎地盤の評価は設置許可段階において実施。O.P.+14.8m 盤の直接基礎構造物は2号炉原子炉建屋及び防潮堤（盛土堤防）、杭基礎構造物は防潮堤（鋼管式鉛直壁（一般部））で代表。

※2：対象となる周辺斜面はない。

※3：周辺地盤（タービン建屋を含む）の地下水位は地表面に設定。原子炉建屋の地下水位は基礎版中央に設定。なお、

別紙 18-4 表 地下水位低下設備に期待する施設の整理（建物・構築物）

対象施設	耐震クラス (検討用 地震動)	設置許可基準規則			審査区分及び設置許可基準規則の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備の機能に期待しない場合の影響及び設置許可基準規則の該当条項			(参考) 建設時工認等の設計における地下水位の扱い	
		3条2項 38条2項	4条 39条	5条 40条	設置許可	工認※5	常時	地震時(地下水位は別紙18-12参照)		設計用揚圧力	設計への反映事項
		地盤	地震	津波・ 余震重畳				周辺地盤(液状化)影響	揚圧力影響		
2号炉 原子炉建屋 (直接基礎)	S※1	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	地下外壁の設計では、地下水位が低下している状態として地下水圧を考慮していないため、基礎版上端レベルを上回る地下水位となった場合には、地下水圧が上昇し躯体の耐震性に影響が生じる可能性<4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条>	設計用地下水位(設計用揚圧力)を上回る場合には、基礎版の耐震性(間接支持機能)を確保できない可能性<4条, 39条, 5条, 40条>	揚圧力29.4kN/m <sup>2</sup> (建屋基礎底面) O.P.-14.1m	地下水位低下設備の効果を 見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施
2号炉 制御建屋 (直接基礎)	S※2	○	○	—	—	4条(3条2項) 39条(38条2項)	OK	同上	同上	揚圧力0kN/m <sup>2</sup> (建屋基礎底面) O.P.-1.5m	地下水位低下設備の効果を 見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施
3号炉 海水熱 交換器建屋 (直接基礎)	—※3 (Ss)	○	○	○	—	4条(3条2項) 39条(38条2項) 5条, 40条	OK	同上	同上	揚圧力14.7kN/m <sup>2</sup> (建屋基礎底面) O.P.-12.5~ -16.25m	地下水位低下設備の効果を 見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施
2・3号炉 排気筒 (直接基礎)	S※4	○	○	—	—	4条(3条2項) 39条(38条2項)	OK	設計地下水位を上回る地下水位に対して、排気筒の耐震性に影響が生じる可能性<4条(3条2項), 39条(38条2項)>	設計地下水位(揚圧力)を上回る地下水位に対して、排気筒の耐震性を確保できない可能性<4条, 39条>	揚圧力85kN/m <sup>2</sup> (排気筒基礎底面) O.P.-4.0m	地下水位低下設備の効果を 見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施

※1：原子炉建屋原子炉棟のみ耐震Sクラス。それ以外については、耐震Sクラス設備等の間接支持構造物。

※2：中央制御室遮蔽のみ耐震Sクラス。それ以外については、耐震Sクラス設備等の間接支持構造物。

※3：防潮壁（耐震Sクラス）等の間接支持構造物。

※4：非常用ガス処理系の排気機能を有するため耐震Sクラス。

※5：A条(B条)の表示は、A条の適合確認をもってB条の適合確認が併せて可能であることを示す。

別紙 18-5 表 地下水位低下設備に期待する施設の整理(土木構造物・津波防護施設)

対象施設	耐震クラス 検討用 地震動	設置許可基準規則			審査区分及び 設置許可基準規則 の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備 の機能に期待しない場合の影響及び 設置許可基準規則の該当条項		(参考) 建設時工認等の設計における地下水位の扱い	
		3条2項 38条2項	4条 39条	5条 40条	設置 許可	工認※5	常時	地震時(地下水位は別紙18-12図参照) 周辺地盤(液状化)影響	設計用地下水位	設計への反映事項
		地盤	地震	津波・ 余震重畳						
防潮堤 (杭基礎)	S	○	○	○	—※6	4条※9(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	OK	地盤改良する杭周辺の地盤には液状化が 発生しないため、耐震性への影響は軽微。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条▶	— (新設)	—
防潮壁 (杭基礎)	S	○	○	○	—	4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下 により、土圧、加速度が変化し、耐震性に影響 が生じる可能性。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条▶	— (新設)	—
2号炉 海水ポンプ室 (直接基礎)	—※1~4 (Ss)	○	○	○	—	4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	OK	躯体周辺は地盤改良するため、耐震性への 影響は軽微。また、間隙水圧の上昇に伴う浮 力の増大とせん断抵抗の減少により躯体の安 定性を確保できない可能性(浮き上がり※7)。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条▶	EW断面: O.P.-14.2m~ +2.43m NS断面: O.P.-14.1m~ +14.8m	耐震評価に用いる地震応答 解析の解析条件として考慮
2号炉原子炉機器冷 却海水配管ダクト (直接基礎)	—※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体周辺は地盤改良するため、耐震性への 影響は軽微。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項)▶	O.P.-14.2m	耐震評価に用いる地震応答 解析の解析条件として考慮
2号炉 取水路 (直接基礎)	—※1, 2 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下 により、土圧、加速度が変化し、耐震性に影響 が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う 浮力の増大とせん断抵抗の減少により躯体の 安定性を確保できない可能性(浮き上がり※7)。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項)▶	EW断面: O.P.-14.2m~ +2.43m	耐震評価に用いる地震応答 解析の解析条件として考慮
2号炉 軽油タンク室 (直接基礎)	—※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下 により、土圧、加速度が変化し、耐震性に影響 が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う 浮力の増大とせん断抵抗の減少により躯体の 安定性を確保できない可能性(浮き上がり※7)。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項)▶	— (建設工認時対象外)	—
2号炉 復水貯蔵タンク基礎 (直接基礎)	—※3 (Ss)	○ (38条2 項のみ)	○ (39条 のみ)	—	—	39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下 により、土圧、加速度が変化し、耐震性に影響 が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う 浮力の増大とせん断抵抗の減少により躯体の 安定性を確保できない可能性(浮き上がり※7)。 ◀39条(38条2項)▶	EW断面: O.P.-6.0m NS断面: O.P.-11.1m~ +10.725m	耐震評価に用いる地震応答 解析の解析条件として考慮
2号炉軽油タンク 連絡ダクト (直接基礎)	—※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下 により、土圧、加速度が変化し、耐震性に影響 が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う 浮力の増大とせん断抵抗の減少により躯体の 安定性を確保できない可能性(浮き上がり※7)。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条▶	— (建設工認時対象外)	—
2号炉 排気筒連絡ダクト (直接基礎)	—※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下 により、土圧、加速度が変化し、耐震性に影響 が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う 浮力の増大とせん断抵抗の減少により躯体の 安定性を確保できない可能性(浮き上がり※7)。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条▶	O.P.-8.0m~ +4.5m	耐震評価に用いる地震応答 解析の解析条件として考慮
3号炉 海水ポンプ室 (直接基礎)	—※4 (Ss)	○	○	○	—	4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下 により、土圧、加速度が変化し、耐震性に影響 が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う 浮力の増大とせん断抵抗の減少により躯体の 安定性を確保できない可能性(浮き上がり※7)。 ◀4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条▶	EW断面: O.P.-14.6m~ +2.43m NS断面: O.P.-14.7m~ +1.5m	耐震評価に用いる地震応答 解析の解析条件として考慮

- ※1：屋外重要土木構造物。 ※2：常設重大事故防止設備等。 ※3 常設重大事故防止設備等の間接支持構造物。  
 ※4：浸水防止設備の間接支持構造物。  
 ※5：A条(B条)の表示は、A条の適合確認をもってB条の適合確認が併せて可能であることを示す。  
 ※6：鋼管式鉛直壁(一般部)山側の地下水位をH.W.L.(O.P.+1.43m, 約1mの沈降を考慮)に設定し構成成立性の見通しを説  
 明の上、工認段階で地下水位に変更が生じる場合には、安全性への影響を評価した上で必要に応じて対策を実施。な  
 お、鋼管式鉛直壁(岩盤部)及び盛土堤防は山側の地下水位を地表面に設置。  
 ※7：女川の盛土及び旧表土は、繰返しせん断による有効応力の減少はあってもせん断抵抗が完全に失われることはない。また  
 も、せん断応力の作用により有効応力が回復し、粘り強い挙動を示すため、浮上がりに対する耐性は大きいと考えられ  
 るが、保守的に浮上がるものと評価した。なお、その影響は、地下水位低下設備が機能停止してから地下水位が地表面  
 近くに到達するまで数年程度(参考値)であることを踏まえると、地下水位低下設備の機能停止後、直ちに発生するも  
 のではない。

(4) 機能喪失時の影響まとめ

三次元浸透流解析により、地下水位低下設備が機能しない場合の地下水位分  
 布を概略的に予測し、地下水位低下設備が機能せず、地下水位が地表面付近まで  
 上昇した場合における常時及び地震時の対象施設への影響を評価した。

この結果、地下水位低下設備の機能が失われた場合、常時における地下水位  
 上昇の影響はないものの、地震時には施設の安全性に影響が生じることが以下  
 のとおり確認された。

- 建物・構築物は、地震時において、揚圧力影響により基礎版の耐震性を確保  
 できない可能性がある(設置許可基準規則第4条, 第39条)。また、基礎  
 版上端レベルを上回る地下水位となった場合、耐震性に影響が生じる可能性  
 がある(上記に加え同第3条第2項, 第38条第2項)。

- 土木構造物・津波防護施設は、地震時において、周辺地盤の液状化影響により耐震性への影響や躯体の安定性を確保できない可能性がある（設置許可基準規則第3条第2項、第38条第2項）。
- また、津波防護施設あるいはこれを支持する建物・構築物、土木構造物の一部において、津波と余震の重畳時に津波防護機能に影響する可能性のある条項を整理した（設置許可基準規則第5条、第40条）。

一方、可搬型重大事故等対処設備アクセスルートは周辺施設の建設時工認を参照した地下水位の設定（O.P.+14.8m 盤のみ地下水位低下設備の効果を考慮した O.P.+5.0m を設定水位とし、他は地表面に地下水位を設定する）にて設置許可段階の評価を行い、工認段階で設計用地下水位に変更が生じた場合は、必要に応じて担保すべき時間評価に影響を与えないよう対策を実施する。

以上より、設置許可基準規則第3条、第4条、第5条、第38条、第39条、第40条及び第43条への適合上、地下水位を一定の範囲に保持する必要があることから、地下水位低下設備を設計基準対象施設とする（地下水位低下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」とはしない）。

なお、設置許可基準規則第3条及び第38条、第4条及び第39条並びに第5条及び第40条は、それぞれ同一の地盤、地震及び津波に対する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の適合性を要求しているものであり、同第3条第1項は基礎地盤の審査において別途確認、同第3条第2項は第4条への適合をもって併せて確認する。

また、設置許可基準規則第5条、第40条は余震時に対する要求であることから、同じ地震時である同第4条への適合をもって確認する。

以上から、地震時の影響については、代表的に設置許可基準規則第4条への適合性を示すことにより確認する。

地下水位低下設備の機能を保持するための信頼性向上の方針は第Ⅱ編で詳述する。

## 2.5 観測による検証

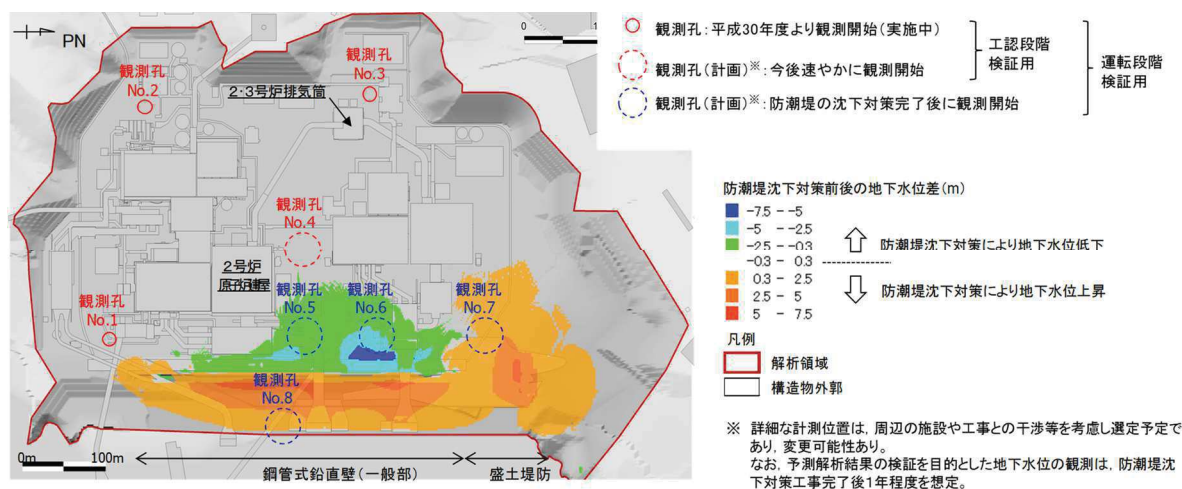
設計用揚圧力及び設計用地下水位の設定に用いる予測解析は防潮堤沈下対策完了後の状態をモデル化することから、予測解析結果の妥当性の検証として、防潮堤沈下対策の工事完了後に地下水位の観測を行い、解析にて想定した地下水位を観測水位が下回ることを確認する。

観測孔は、防潮堤の沈下対策による地下水位への影響範囲を考慮し設定する。

地下水位観測計画位置を別紙 18-14 図に示す。

工認段階の予測解析の検証においては、防潮堤の沈下対策の影響を受けない No. 1～No. 4 孔の観測記録を参照する。また、防潮堤の沈下対策工事完了後の運転段階においては、防潮堤外も含めて No. 5～No. 8 孔の観測記録を検証材料に加える。

なお、今後の地下水位設定の信頼性確認等への活用を念頭に、別紙 18-14 図のうち複数孔については防潮堤沈下対策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。



別紙 18-14 図 地下水位観測計画位置

## 第Ⅱ編 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

### 1. 地下水位低下設備の目的，機能及び位置付け

地下水位低下設備の目的及び機能，また，機能維持を要求する期間は，以下のとおりである。

#### ①地下水位低下設備の目的及び機能

- ▶ 原子力発電所の対象施設の機能・構造は，地盤の健全性が確保された前提で各種設計がなされている。
- ▶ 地下水位低下設備の機能は，対象施設の設計の前提が確保されるよう，「地下水位を一定の範囲に保持する」ことである。
- ▶ 地下水位低下設備が機能することにより，対象施設周辺の地下水位が一定の範囲に保持され，対象施設に及ぶ揚圧力及び地震時における液状化影響が低減される。

#### ②地下水位低下設備の機能維持を要求する期間

- ▶ 地下水位低下設備は，以下に示す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。
  - ・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，地下水位低下設備の設計を行う上で配慮する。

地下水位低下設備の目的，機能及び要求期間を踏まえ，原子炉施設の安全性を維持する観点から，地下水位低下設備を設置許可基準規則第12条で規定される「安全機能の重要度分類」における重要度の高い「クラス1」に相当する設備として設計・運用を行っていくこととする。

### 2. 安全施設への要求事項を参照した設備構成の検討

#### 2.1 設置許可基準規則第12条の要求事項の抽出

ここでは，地下水位低下設備に対して，設計上配慮すべき要件及び機能喪失要因の分析を行うことにより，信頼性向上のあり方について整理を行う。

地下水位低下設備を安全機能の重要度分類上のクラス1に相当する設備と位置



付けるに際して、設置許可基準規則第 12 条を一部準用することとし、地下水位低下設備の設計上配慮すべき要求事項を別紙 18-6 表のとおり抽出した。

別紙 18-6 表(1) 設置許可基準規則第 12 条の要求事項 (1/3)

設置許可基準規則		「設置許可基準規則の解釈」から抜粋
(安全施設) 第十二条	安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。	1 第 1 項に規定する「安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたもの」については、「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」による。ここで、当該指針における「安全機能を有する構築物、系統及び機器」は本規定の「安全施設」に読み替える。
	2 安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものは、 <u>当該系統を構成する機械又は器具の単一故障</u> （単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故障を含む。）をいう。以下同じ。）が発生した場合であって、 <u>外部電源が利用できない場合においても機能できるように、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保する【要求事項①】</u> ものでなければならない。	2 第 2 項の「 <u>単一故障</u> 」は、従属要因に基づく多重故障に含まれる。【要求事項②】 3 第 2 項に規定する「安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するもの」は、上記の指針を踏まえ、以下に示す機能を有するものとする。 一 その機能を有する系統の多重性又は多様性を要求する安全機能 二 その機能を有する複数の系統があり、それぞれの系統について多重性又は多様性を要求する安全機能 4 第 2 項に規定する「単一故障」は、動的機器の単一故障及び静的機器の単一故障に分けられる。重要度の特に高い安全機能を有する系統は、 <u>短期間では動的機器の単一故障を仮定しても、長期間では動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかを仮定しても、所定の安全機能を達成できるように設計されていることが必要【要求事項③】</u> である。 5 第 2 項について、短期間と長期間の境界は 24 時間を基本とし、運転モードの切替えを行う場合はその時点が短期間と長期間の境界とする。例えば運転モードの切替えとして、加圧水型軽水炉の非常用炉心冷却系及び格納容器熱除去系の注入モードから再循環モードへの切替えがある。また、動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかを仮定すべき長期間の安全機能の評価に当たっては、想定される最も過酷な条件下においても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実であれば、その単一故障を仮定しなくてよい。 さらに、単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合、あるいは、単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できれば、当該機器に対する多重性の要求は適用しない。

別紙 18-6 表(2) 設置許可基準規則第 12 条の要求事項 (2/3)

設置許可基準規則	「設置許可基準規則の解釈」から抜粋	
<p>(安全施設) 第十二条</p>	<p>3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮【要求事項④】することができるものでなければならない。</p>	<p>6 第3項に規定する「想定される全ての環境条件」とは、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、その機能が期待されている構築物、系統及び機器が、その間にさらされると考えられる全ての環境条件【要求事項⑤】をいう。</p>
	<p>4 安全施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる【要求事項⑥】ものでなければならない。</p>	<p>7 第4項に規定する「発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる」とは、実系統を用いた試験又は検査が不適当な場合には、試験用のバイパス系を用いること等を許容することを意味する。</p> <p>8 第4項に規定する「試験又は検査」については、次の各号によること。</p> <p>一 発電用原子炉の運転中に待機状態にある安全施設は、運転中に定期的に試験又は検査（実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。）に規定される試験又は検査を含む。）ができること。【要求事項⑦】ただし、運転中の試験又は検査によって発電用原子炉の運転に大きな影響を及ぼす場合は、この限りでない。また、多重性又は多様性を備えた系統及び機器にあっては、各々が独立して試験又は検査ができること。【要求事項⑧】</p> <p>二 運転中における安全保護系の各チャンネルの機能確認試験にあっては、その実施中においても、その機能自体が維持されていると同時に、原子炉停止系及び非常用炉心冷却系等の不必要な動作が発生しないこと。</p> <p>三 発電用原子炉の停止中に定期的に行う試験又は検査は、原子炉等規制法及び技術基準規則に規定される試験又は検査を含む。</p> <p>9 第4項について、下表の左欄に掲げる施設に対しては右欄に示す要求事項を満たさなければならない。</p>
	<p>5 安全施設は、蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわない【要求事項⑨】ものでなければならない。</p>	<p>10 第5項に規定する「蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物」とは、内部発生エネルギーの高い流体を内蔵する弁及び配管の破断、高速回転機器の破損、ガス爆発又は重量機器の落下等によって発生する飛散物をいう。なお、二次的飛散物、火災、化学反応、電氣的損傷、配管の破損又は機器の故障等の二次的影響も考慮する【要求事項⑩】ものとする。</p> <p>また、上記の「発生する飛散物」の評価については、「タービンミサイル評価について」（昭和52年7月20日原子力委員会原子炉安全専門審査会）等によること。</p>

別紙 18-6 表(3) 設置許可基準規則第 12 条の要求事項 (3/3)

設置許可基準規則	「設置許可基準規則の解釈」から抜粋
<p>(安全施設) 第十二条</p> <p>6 重要安全施設は、二以上の発電用原子炉施設において共用し、又は相互に接続するものであってはならない【要求事項⑪】。ただし、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続することによって当該二以上の発電用原子炉施設の安全性が向上する場合は、この限りでない。</p> <p>7 安全施設（重要安全施設を除く。）は、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。</p>	<p>11 第 6 項に規定する「重要安全施設」については、「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」においてクラスMS-1に分類される下記の機能を有する構築物等を対象とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉の緊急停止機能</li> <li>・未臨界維持機能</li> <li>・原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能</li> <li>・原子炉停止後の除熱機能</li> <li>・炉心冷却機能</li> <li>・放射性物質の閉じ込め機能並びに放射線の遮蔽及び放出低減機能（ただし、可搬型再結合装置及び沸騰水型発電用原子炉施設の排気筒（非常用ガス処理系排気筒の支持機能を持つ構造物）を除く。）</li> <li>・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</li> <li>・安全上特に重要な関連機能（ただし、原子炉制御室遮蔽、取水口及び排水口を除く。）</li> </ul> <p>12 第 6 項に規定する「安全性が向上する場合」とは、例えば、ツインプラントにおいて運転員の融通ができるように居住性を考慮して原子炉制御室を共用した設計のように、共用対象の施設ごとに要求される技術的要件を満たしつつ、共用することにより安全性が向上するとの評価及び設計がなされた場合をいう。</p> <p>13 第 6 項に規定する「共用」とは、2 基以上の発電用原子炉施設間で、同一の構築物、系統又は機器を使用することをいう。</p> <p>14 第 6 項に規定する「相互に接続」とは、2 基以上の発電用原子炉施設間で、系統又は機器を結合することをいう。</p>

## 2.2 設置許可基準規則第 12 条の要求事項に基づく設備構成の検討

ここでは、2.1 で抽出した設置許可基準規則第 12 条に係る地下水位低下設備への設計上の要求事項に照らして、集水機能（ドレーン等）及び排水機能（揚水ポンプ等）の機能保持が可能な設備構成を検討する。

なお、検討にあたっては、網羅的に故障想定を行うため、動的機器の単一故障（短期、長期）として揚水ポンプの故障、並びに静的機器の単一故障（長期）としてドレーンの閉塞を想定することとした。

設備構成の検討においては、第 I 編の整理から地下水位低下設備が機能しない場合の影響として、建物・構築物へ作用する揚圧力上昇（設置許可基準規則第 4 条）と土木構築物他に作用する周辺地盤の液状化による土圧等の変化（設置許可基準規則第 3 条 2 項）が抽出されているが、揚圧力上昇に対しては対象施設側での設備対応が困難であることから、揚圧力影響（設置許可基準規則第 4 条）に着目した集・排水機能に係る設備構成の検討を行った。

なお、液状化影響（設置許可基準規則第 3 条 2 項）に対しては、上記により設定した設備構成にて算定される地下水位分布に基づき評価を行い、必要に応じて

対策（地盤改良等）を行う。

また、設備構成の検討にあたっては信頼性確保が重要となることから、添付資料 2 に示す通り、対象施設に対するドレーンの配置から期待範囲を設定し、信頼性の確保に係る 3 つの観点（耐久性、耐震性、保守管理性）を満たす範囲を抽出した上で、設置許可基準規則第 12 条の要求に対して機能保持できる範囲を有効なドレーンとして設定した。

2 号炉原子炉建屋及び 3 号炉海水熱交換器建屋直下の有孔塩ビ管は、その構造や堆砂事象の進展速度等から閉塞しないものと評価しているが、万が一閉塞等が発生した場合の検知と修復が不確実と考えられるため、閉塞した状態（管路ではなく透水層）を前提とした。

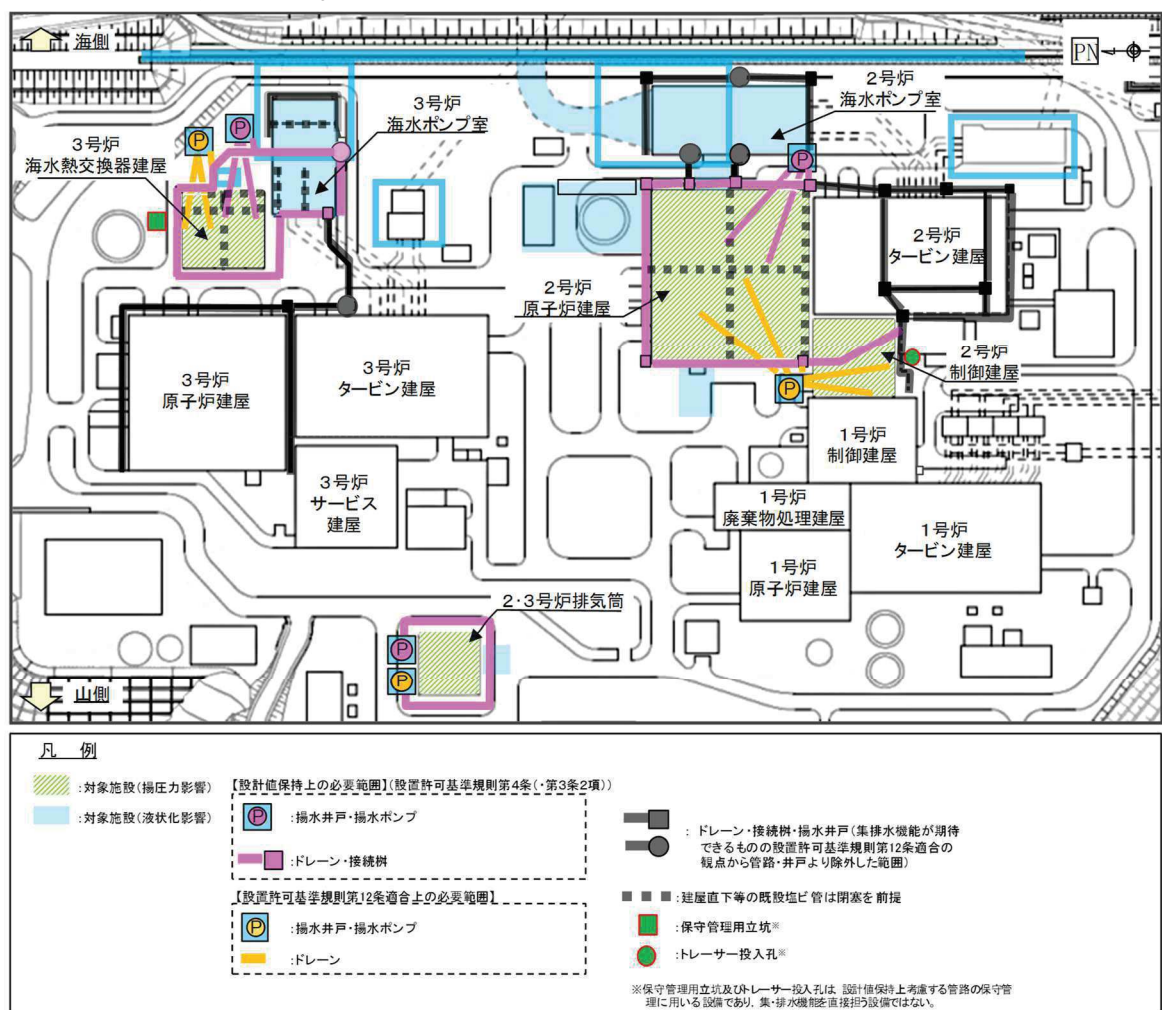
(1) 設備構成概要

設置許可基準規則 4 条（・ 3 条 2 項）及び第 12 条要求を考慮した地下水位低下設備の構成例を別紙 18-15 図に示す。

これは、揚圧力影響（設置許可基準規則 4 条）に着目した対象施設（2 号炉原子炉建屋、2 号炉制御建屋、2・3 号炉排気筒、3 号炉海水熱交換器建屋）に対し、設置許可基準規則条文適合上必要な集・排水機能の範囲を示したものであり、設計値保持上の必要範囲（■）と、設置許可基準規則第 12 条適合上の必要範囲（■）にて構成される。

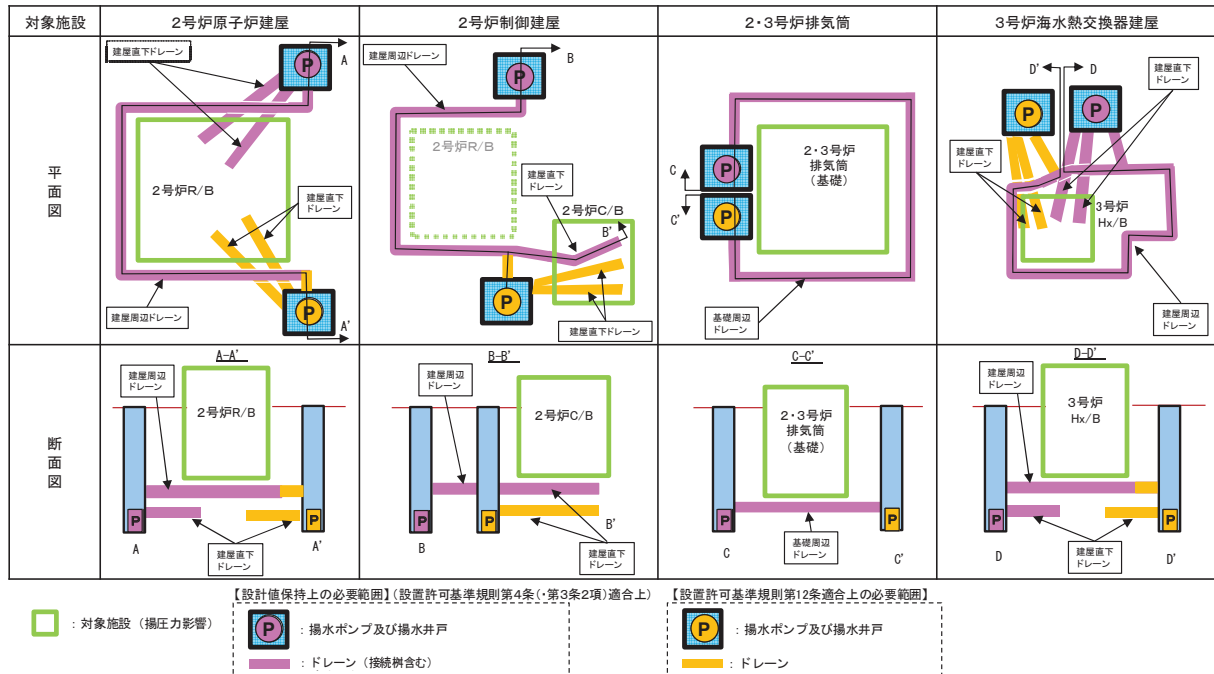
また、ドレーン・接続樹・揚水井戸としての集・排水機能が期待できるものの、設置許可基準規則第 12 条適合の観点から管路より除外した範囲（■）については透水層として取扱う。

なお、別紙 18-15 図は揚圧力影響（設置許可基準規則 4 条）に着目した設備構成案であるが、前頁に記載のとおり、液状化影響（設置許可基準規則第 3 条 2 項）に着目した対象施設に対しても同じ設備構成にて算定される地下水位分布に基づき評価を行う。



別紙 18-15 図 設置許可基準規則 4 条（・ 3 条 2 項）及び第 12 条要求を考慮した地下水位低下設備の構成例

別紙 18-15 図における揚圧力影響に着目した各対象施設の範囲における集・排水機能の設備構成例（模式図）を別紙 18-16 図に示す。本模式図を用い、対象施設毎に、集・排水機能を構成する動的・静的機器の単一故障に対する機能保持の考え方を整理し、検討結果を以降に示す。



別紙 18-16 図 揚圧力影響に着目した各対象施設の範囲における集・排水機能の設備構成例（模式図）

(2) 2号炉原子炉建屋周辺ドレーンにおける信頼性向上の対応

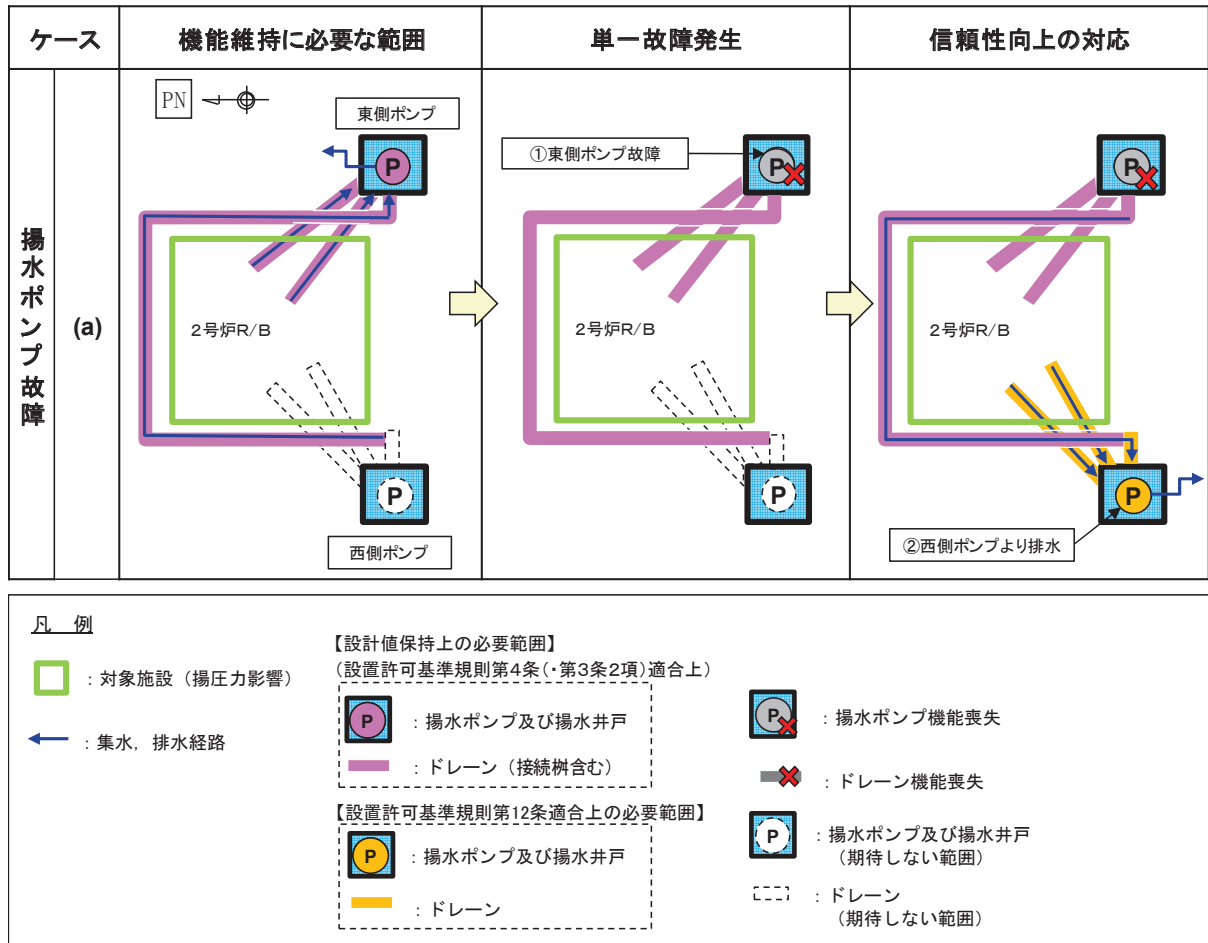
2号炉原子炉建屋における検討例を別紙 18-7 表に示す。別紙 18-7 表に故障想定の内容を示し、以降の別紙 18-17 図及び別紙 18-18 図に各故障想定に対する機能保持の考え方を示す。

別紙 18-7 表 設置許可基準規則第 12 条を考慮した検討ケース  
(2号炉原子炉建屋)

機能維持に必要な範囲	ケース	短期・長期		故障想定		備考
		短期	長期	ポンプ故障	ドレーン閉塞	
	(a)	○	○	東側ポンプ故障	—	ポンプ故障により、建屋周辺ドレーンからの排水機能が喪失する
	(b)	—	○	—	建屋周辺ドレーン部分閉塞	ドレーン部分閉塞により、閉塞箇所上流の集水機能が喪失する
	(c)	—	○	—	—	建屋直下ドレーン部分閉塞

2号炉原子炉建屋における、動的機器（揚水ポンプ）の単一故障（短期・長期）に係る検討例を別紙 18-17 図に示す。

揚水ポンプの単一故障に対して、多重化により要求される機能（揚圧力を保持）が維持される。

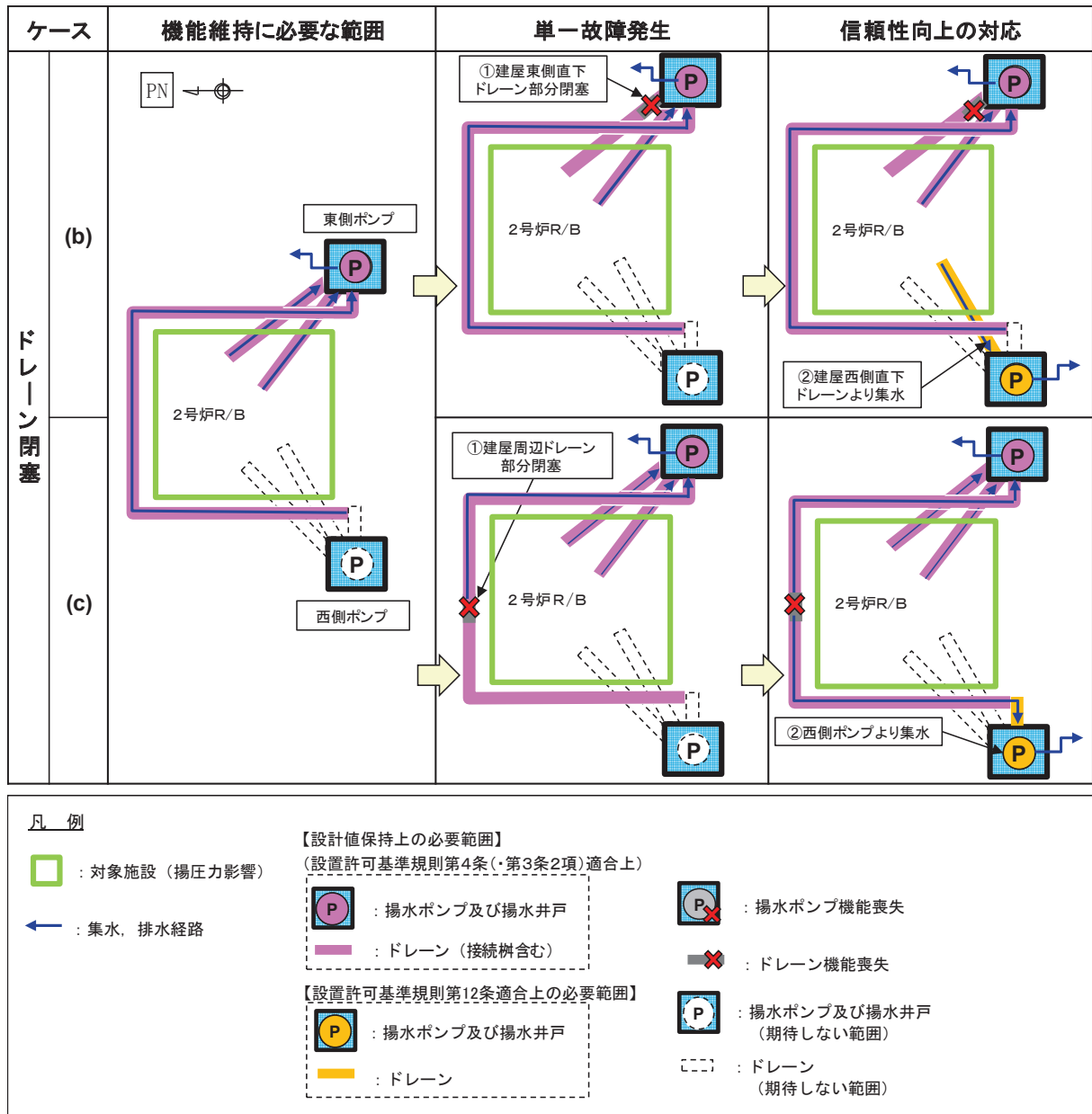


別紙 18-17 図 2号炉原子炉建屋の設備構成検討例  
（動的機器（揚水ポンプ）の単一故障）



2号炉原子炉建屋における、静的機器（ドレーン）の単一故障（長期）に係る検討例を別紙 18-18 図に示す。

ドレーンの単一故障に対して、揚水井戸・揚水ポンプの配置により機能（揚圧力の保持）が維持される。



別紙 18-18 図 2号炉原子炉建屋の設備構成検討例  
（静的機器（ドレーン）の単一故障）

(3) 2号炉制御建屋周辺ドレーンにおける信頼性向上の対応

2号炉制御建屋周辺ドレーンにおける故障想定を別紙 18-8 表に示す。

別紙 18-8 表に故障想定の内容を示し、以降の別紙 18-19 図及び別紙 18-20 図に各故障想定に対する機能保持の考え方を示す。

別紙 18-8 表 設置許可基準規則第 12 条を考慮した検討ケース（2号炉制御建屋）

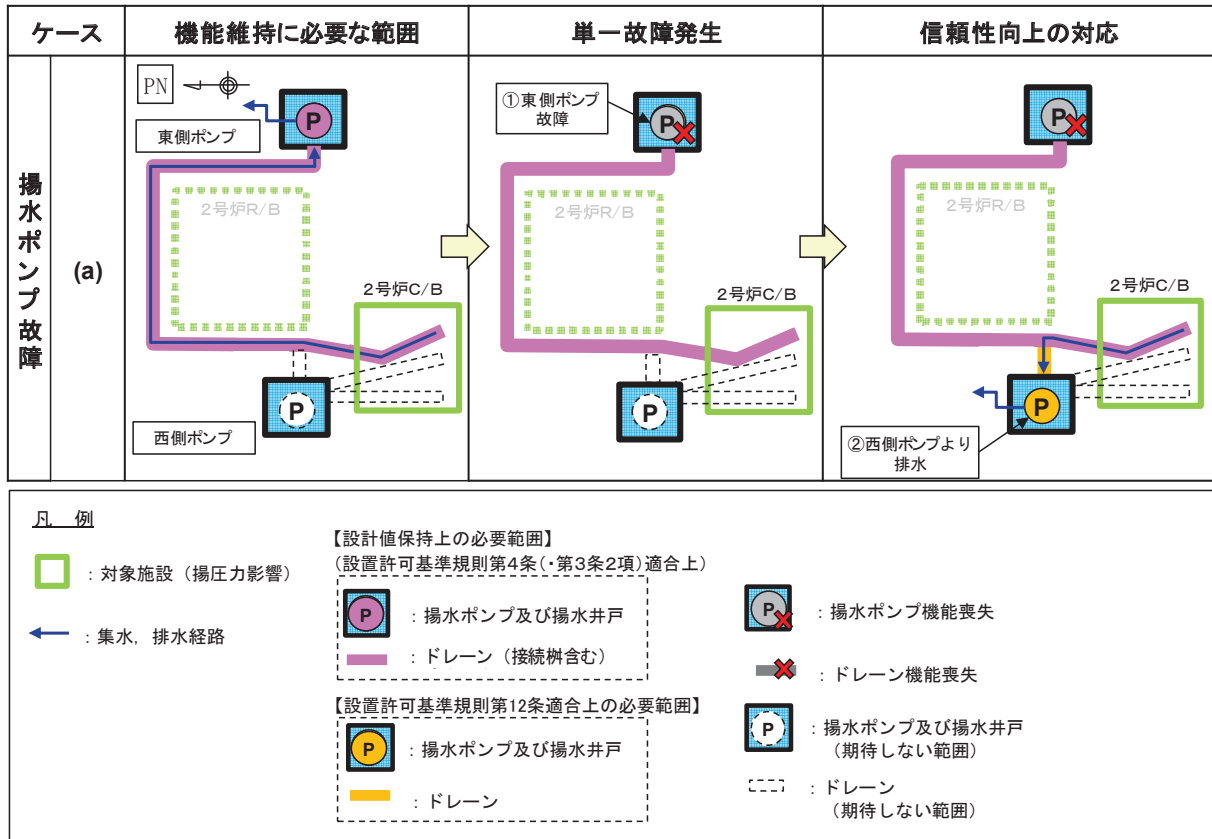
機能維持に必要な範囲	ケース	短期・長期		故障想定		備考
		短期	長期	ポンプ故障	ドレーン閉塞	
	(a)	○	○	東側ポンプ故障	—	ポンプ故障により、建屋直下ドレーンからの排水機能が喪失する
	(b)	—	○	—	建屋直下ドレーン部分閉塞	ドレーン部分閉塞により、閉塞箇所上流の集水機能が喪失する
	(c)	—	○	—	R/B建屋周辺ドレーン部分閉塞	ドレーン部分閉塞により、閉塞箇所上流の集水機能が喪失する

<p>□ : 対象施設 (揚圧力影響)</p> <p>✕ : 単一故障想定箇所</p>	<p>【設計値保持上の必要範囲】(設置許可基準規則第4条(第3条2項)適合上)</p> <p>Ⓟ : 揚水ポンプ及び揚水井戸</p> <p>— : ドレーン (接続樹含む)</p>	<p>【設置許可基準規則第12条適合上の必要範囲】</p> <p>Ⓟ : 揚水ポンプ及び揚水井戸</p> <p>— : ドレーン</p>
---	--	--

2号炉制御建屋における、動的機器（揚水ポンプ）の単一故障（短期・長期）に係る検討例を別紙 18-19 図に示す。

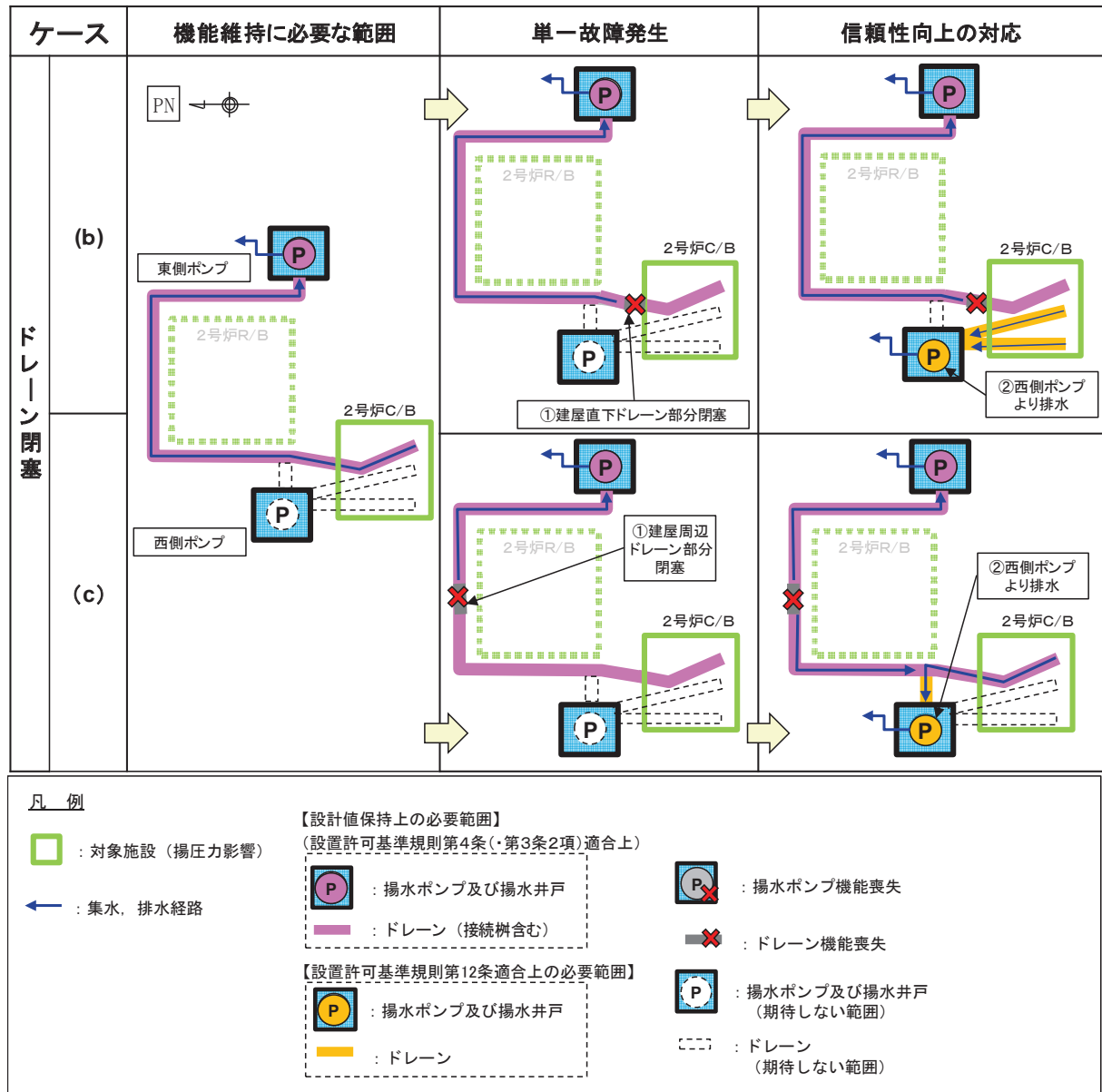
揚水ポンプの単一故障に対して、多重化により要求される機能（揚圧力を保持）が維持される。



別紙 18-19 図 2号炉制御建屋の設備構成検討例  
(動的機器（揚水ポンプ）の単一故障)

2号炉制御建屋における，静的機器（ドレーン）の単一故障（長期）に係る検討例を別紙 18-20 図に示す。

ドレーンの単一故障に対して，揚水井戸・揚水ポンプの配置により要求される機能（揚圧力を保持）が維持される。



別紙 18-20 図 2号炉制御建屋の設備構成検討例  
（静的機器（ドレーン）の単一故障）

(4) 2・3号炉排気筒基礎周辺ドレーンにおける信頼性向上の対応

2・3号炉排気筒基礎周辺ドレーンにおける故障想定を別紙 18-9 表に示す。

別紙 18-9 表に故障想定の内容を示し、以降の別紙 18-21 図及び別紙 18-22 図に各故障想定に対する機能保持の考え方を示す。

別紙 18-9 表 設置許可基準規則第 12 条を考慮した検討ケース  
(2・3号炉排気筒基礎)

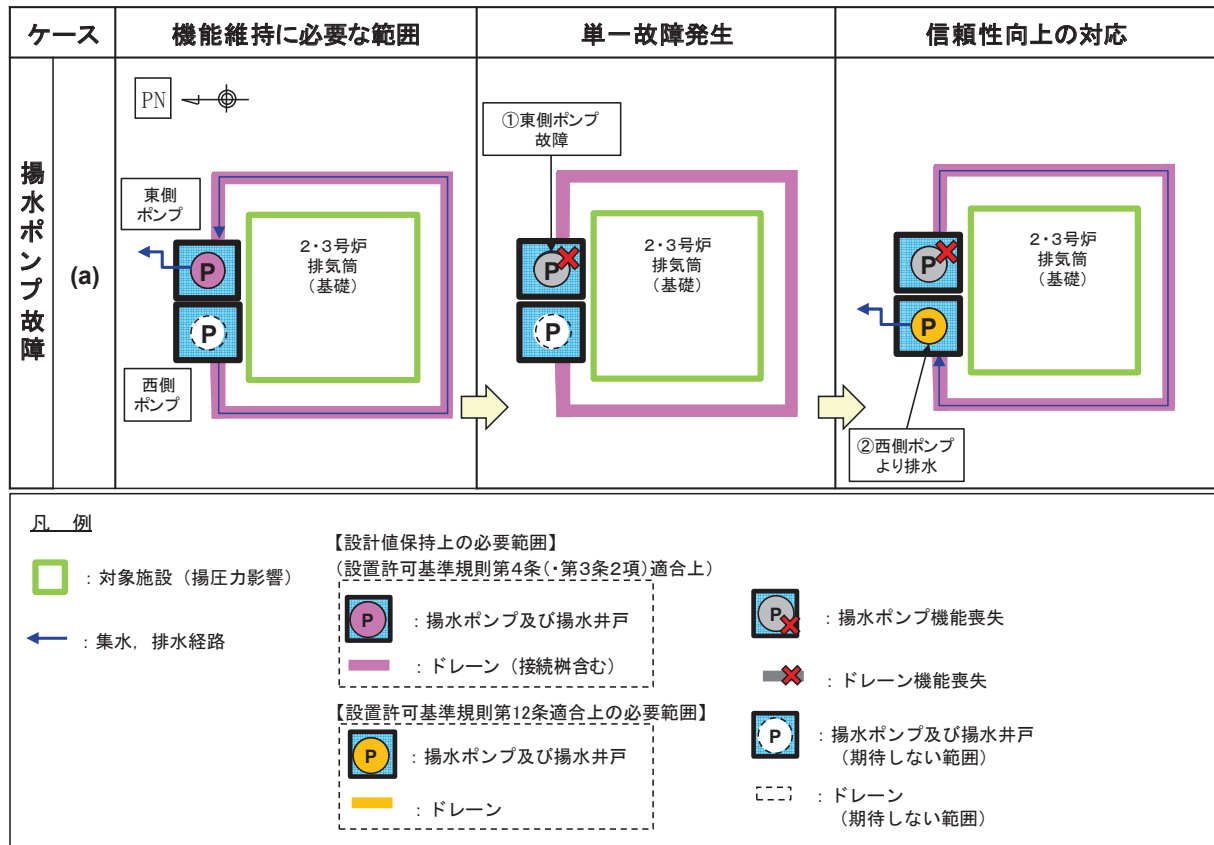
機能維持に必要な範囲	ケース	短期・長期		故障想定		備考
		短期	長期	ポンプ故障	ドレーン閉塞	
<p>(a) 東側ポンプ故障 ポンプ故障により、排水機能が喪失</p> <p>2・3号炉排気筒(基礎)</p> <p>(b) 基礎周辺ドレーン部分閉塞 部分閉塞により、閉塞箇所から上流側の集水機能が喪失</p>	(a)	○	○	東側ポンプ故障	—	ポンプ故障により、基礎周辺ドレーンからの排水機能が喪失する
	(b)	—	○	—	基礎周辺ドレーン部分閉塞	—

<p>□ : 対象施設 (揚圧力影響)</p> <p>✕ : 単一故障想定箇所</p>	<p>【設計値保持上の必要範囲】(設置許可基準規則第4条(第3条2項)適合上)</p> <p> : 揚水ポンプ及び揚水井戸</p> <p> : ドレーン (接続部含む)</p>	<p>【設置許可基準規則第12条適合上の必要範囲】</p> <p> : 揚水ポンプ及び揚水井戸</p> <p> : ドレーン</p>
---	--	--

2・3号炉排気筒基礎における，動的機器（揚水ポンプ）の単一故障（短期・長期）に係る検討例を別紙 18-21 図に示す。

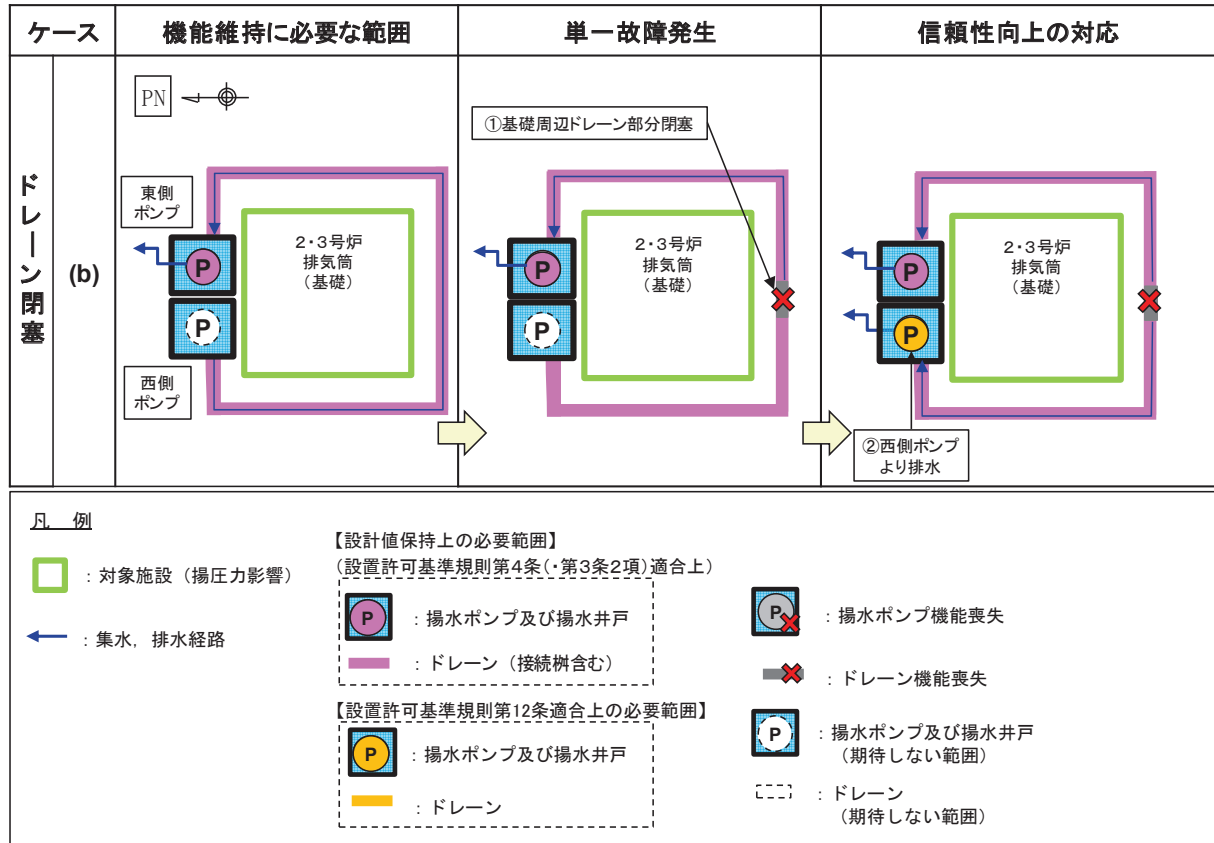
揚水ポンプの単一故障に対して，多重化により要求される機能（揚圧力を保持）が維持される。



別紙 18-21 図 2・3号炉排気筒基礎の設備構成検討例  
（動的機器（揚水ポンプ）の単一故障）

2・3号炉排気筒における，静的機器（ドレーン）の単一故障（短期・長期）に係る検討例を別紙 18-22 図に示す。

ドレーンの単一故障に対して，揚水井戸・揚水ポンプの配置により機能要求される機能（揚圧力を保持）が維持される。



別紙 18-22 図 2・3号炉排気筒基礎の設備構成検討例  
 (静的機器（ドレーン）の単一故障)

(5) 3号炉海水熱交換器建屋周辺ドレーンにおける信頼性向上の対応

3号炉海水熱交換器建屋周辺ドレーンにおける故障想定を別紙 18-10 表に示す。

別紙 18-10 表に故障想定の内容を示し、以降の別紙 18-23 図及び別紙 18-24 図に各故障想定に対する機能保持の考え方を示す。

別紙 18-10 表 設置許可基準規則第 12 条を考慮した検討ケース  
(3号炉海水熱交換器建屋)

機能維持に必要な範囲	ケース	短期・長期		故障想定		備考
		短期	長期	ポンプ故障	ドレーン閉塞	
<p>(a) 南側ポンプ故障 ポンプ故障により、排水機能が喪失</p> <p>(b) 建屋直下ドレーン部分閉塞 部分閉塞により、閉塞箇所から上流側の集水機能が喪失</p> <p>(c) 建屋周辺ドレーン部分閉塞 部分閉塞により、閉塞箇所から上流側の集水機能が喪失</p>	(a)	○	○	南側ポンプ故障	—	ポンプ故障により、基礎周辺ドレーンからの排水機能が喪失する
	(b)	—	○	—	建屋直下ドレーン部分閉塞	ドレーン部分閉塞により、閉塞箇所上流の集水機能が喪失する
	(c)	—	○	—	建屋周辺ドレーン部分閉塞	ドレーン部分閉塞により、閉塞箇所上流の集水機能が喪失する

【設計値保持上の必要範囲】(設置許可基準規則第4条(第3条2項)適合上)

: 対象施設 (揚圧力影響)

: 単一故障想定箇所

: 揚水ポンプ及び揚水井戸

: ドレーン (接続含む)

【設置許可基準規則第12条適合上の必要範囲】

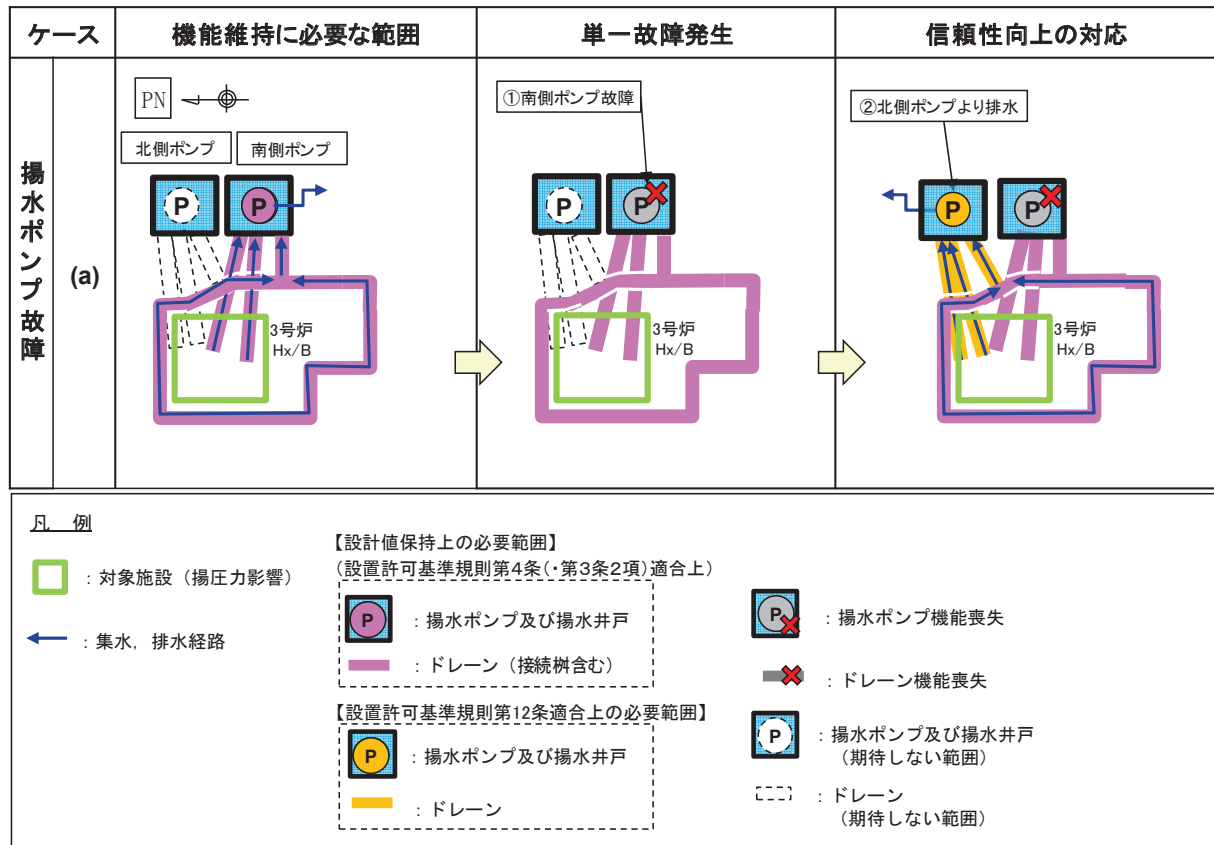
: 揚水ポンプ及び揚水井戸

: ドレーン



3号炉海水熱交換器建屋における、動的機器（揚水ポンプ）の単一故障（短期・長期）に係る検討例を別紙 18-23 図に示す。

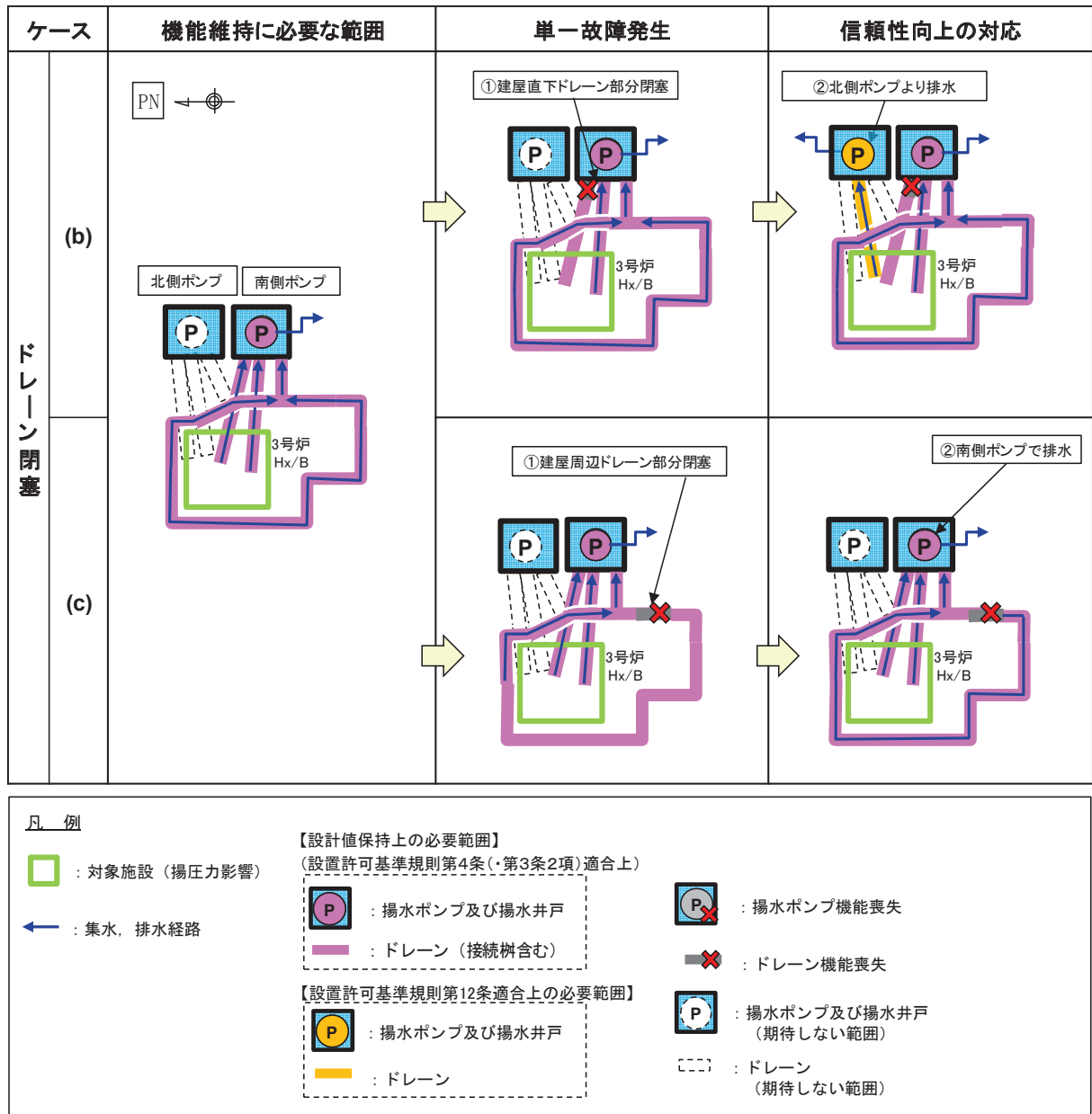
揚水ポンプの単一故障に対して、多重化により要求される機能（揚圧力を保持）が維持される。



別紙 18-23 図 3号炉海水熱交換器建屋の設備構成検討例  
(動的機器（揚水ポンプ）の単一故障)

3号炉海水熱交換器建屋における、静的機器（ドレーン）の単一故障（長期）に係る検討例を別紙 18-24 図に示す。

ドレーンの単一故障に対して、揚水井戸・揚水ポンプの配置により要求される機能（揚圧力を保持）が維持される。



別紙 18-24 図 3号炉海水熱交換器建屋の設備構成検討例  
（静的機器（ドレーン）の単一故障）

(6) まとめ

設置許可基準規則 3 条 2 項及び第 4 条並びに第 12 条に係る要求事項に照らし、地下水位低下設備の集・排水機能に係る設備構成を検討した。

検討の結果、別紙 18-15 図に示した設備構成案にて設置許可基準規則第 12 条の要求事項に対しても集・排水機能が保持されることを確認した。ここまでに整理した設備構成について、設置許可基準規則第 12 条の要求事項全体を踏まえた設備設計の妥当性は「2.3 設置許可基準規則第 12 条の要求事項に基づく設備構成の妥当性」にて確認する。

工認段階においては、設計上の必要範囲が機能する場合並びに設置許可基準規則第 12 条適合上の必要範囲が機能する場合等、検討ケース毎に対応した三次元浸透流解析を実施し、設計用揚圧力並びに設計用地下水位を設定する（第 I 編及び添付資料 2 を参照）。

新設する揚水井戸の構造・配置例について補足説明資料 8 に示す。なお、詳細な配置・構造等については工認段階における詳細検討で確定する。

## 2.3 設置許可基準規則第12条の要求事項に基づく設備構成の妥当性

「2.2 設置許可基準規則第12条の要求事項に基づく設備構成の検討」において整理した地下水位低下設備の設備構成について、設置許可基準規則第12条の要求事項全体を踏まえた設備設計の妥当性について、以下に整理する。なお、整理にあたっては、設置許可基準規則第12条で規定される、単一故障想定毎（短期間については「動的機器単一故障」、長期間については「動的機器の単一故障」及び「静的機器の単一故障」）に分けて、妥当性を確認する。

### (1) 短期間に発生する故障想定に対する設備設計の妥当性

短期間において、動的機器に単一故障を想定した場合の地下水位低下設備の設備設計の妥当性を別紙18-11表に示す。

別紙18-11表 設置許可基準規則第12条の要求事項を踏まえた地下水位低下設備の部位毎に配慮すべき事項（短期間）

設置許可基準規則第12条	設置許可基準規則第12条解釈	集水機能	支弁・閉塞防止機能	排水機能	監視・制御機能		電源機能
		ドレーン・接続樹	揚水井戸	揚水ポンプ (吐出配管含む)	制御盤	水位計	電源
当該系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるよう、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保する【要求事項①】	「単一故障」は、従属要因に基づく多重故障を含まれる。【要求事項②】 短期間では動的機器の単一故障を仮定しても、長期間では動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかを仮定しても、所定の安全機能を達成できるように設計されていることが必要【要求事項③】	○	○	○ (動的機器であるポンプに単一故障を想定)	○ (ポンプの単一故障で代表)	○ (ポンプの単一故障で代表)	○ (ポンプの単一故障で代表)
設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮【要求事項④】	「想定される全ての環境条件」とは、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、その機能が期待されている構築物、系統及び機器が、その間に与えられると考えられる全ての環境条件【要求事項⑥】	○					
原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる【要求事項⑤】	運転中に定期的に試験又は検査(実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。))に規定される試験又は検査を含む。【要求事項⑦】	○	○	○	○	○	○
蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわない【要求事項⑧】	二次的飛散物、火災、化学反応、電氣的損傷、配管の破損又は機器の故障等の二次的影響も考慮する【要求事項⑨】	○					
二以上の発電用原子炉施設において共用し、又は相互に接続するものであってはならない【要求事項⑩】	地下水位低下設備は、全て2号炉に帰属する設備として設計	○					

○: 要求事項を踏まえて設計上の配慮を行った項目

(2) 長期間に発生する故障想定に対する設備設計の妥当性

長期間において、動的機器に単一故障を想定した場合の地下水位低下設備の設備設計の妥当性を別紙 18-12 表に示す。

別紙 18-12 表 設置許可基準規則第 12 条の要求事項を踏まえた  
地下水位低下設備の部位毎に配慮すべき事項（長期間：動的機器）

設置許可基準規則 第 12 条	設置許可基準規則第 12 条解釈	集水機能	支持・設置防止 機能	排水機能	監視・制御機能		電源機能
		ドレーン・接続 網	揚水井戸	揚水ポンプ (吐出配管含む)	制御盤	水位計	電源
当該系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるように、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保する【要求事項①】	「単一故障」は、従属要因に基づく多重故障を含まれる。【要求事項②】 短期間では動的機器の単一故障を仮定しても、長期間では動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかを仮定しても、所定の安全機能を達成できるように設計されていることが必要【要求事項③】	○ (静的であり不要)	○ (静的であり不要)	○ (動的機器であるポンプに単一故障を想定) ・多重化(井戸も含めて多重化を図り、1つの井戸に100%容量のポンプを1台設置) ・井戸は独立設計・非常用電源から給電(別紙18-25図参照)	○ (ポンプの単一故障で代表)	○ (ポンプの単一故障で代表)	○ (ポンプの単一故障で代表)
設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮【要求事項④】	「想定される全ての環境条件」とは、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、その機能が期待されている構築物、系統及び機器が、その間にさらされると考えられる全ての環境条件【要求事項⑤】	○					
原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる【要求事項⑥】	運転中に定期的に試験又は検査(実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。))に規定される試験又は検査を含む。【要求事項⑦】	○					
多重性又は多様性を備えた系統及び機器にあつては、各々が独立して試験又は検査ができること【要求事項⑧】		○	○	○	○	○	○
蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわない【要求事項⑨】	二次的飛散物、火災、化学反応、電氣的損傷、配管の破損又は機器の故障等の二次的影響も考慮する【要求事項⑩】	○					
二以上の発電用原子炉施設において共用し、又は相互に接続するものであつてはならぬ【要求事項⑪】		○					
	地下水位低下設備は、全て2号炉に帰属する設備として設計						

○：要求事項を踏まえて設計上の配慮を行った項目

長期間において、静的機器に単一故障を想定した場合の地下水位低下設備の設備設計の妥当性を別紙 18-13 表に示す。

別紙 18-13 表 設置許可基準規則第 12 条の要求事項を踏まえた地下水位低下設備の部位毎に配慮すべき事項（長期間：静的機器）

設置許可基準規則第 12 条	設置許可基準規則第 12 条解釈	集水機能		支持・閉塞防止機能	排水機能		監視・制御機能		電源機能
		ドレーン・接続網	揚水井戸	揚水ポンプ (吐出配管含む)	制御盤	水位計	電源		
当該システムを構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるように、当該システムを構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保する【要求事項①】	「単一故障」は、従属要因に基づく多重故障を含める。【要求事項②】 短期間では動的機器の単一故障を仮定しても、長期間では動的機器の単一故障又は想定される静的機器の単一故障のいずれかを仮定しても、所定の安全機能を達成できるように設計されていることが必要【要求事項③】	○ (閉塞による機能喪失を想定)	○ (閉塞による機能喪失を想定)	—	—	—	—	—	
		新設ドレーン・揚水井戸の配置等における配慮		(動的であり不要)	(動的であり不要)	(動的であり不要)	(動的であり不要)		
設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮【要求事項④】	「想定される全ての環境条件」とは、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時において、その機能が期待されている構築物、系統及び機器が、その間に与えられると考えられる全ての環境条件【要求事項⑤】	○							
原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる【要求事項⑥】	運転中に定期的に試験又は検査(実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(平成 25 年原子力規制委員会規則第 6 号。以下「技術基準規則」という。)に規定される試験又は検査を含む。)ができること。【要求事項⑦】	○	○	○	○	○	○	○	
	多重性又は多様性を備えた系統及び機器にあつては、各々が独立して試験又は検査ができること。【要求事項⑧】	○	○	○	○	○	○	○	
蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわない【要求事項⑨】	二次的飛散物、火災、化学反応、電氣的損傷、配管の破損又は機器の故障等の二次的影響も考慮する【要求事項⑩】	—							
二以上の発電用原子炉施設において共用し、又は相互に接続するものであってはならない【要求事項⑪】		○							
		地下水位低下設備は、全て 2 号炉に帰属する設備として設計							

○：要求事項を踏まえて設計上の配慮を行った項目

### 3. 機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討

#### 3.1 供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析

前述のとおり、地下水位低下設備の機能を維持するために、設置許可基準規則第 12 条における安全機能の重要度分類を踏まえたクラス 1 に相当する設備としての設計にあたっての考え方を説明した。

ここでは、通常運転時から大規模損壊発生時までの供用期間中の全ての状態における地下水位低下設備の信頼性を向上するために必要な耐性を検討するため、以下の分析を行う。

#### 【分析 1】

- 地下水位低下設備の機能毎に、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、「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 18-14 表のとおり、地下水位低下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。
- 地下水位低下設備の構成部位が、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 18-15 表）する。

- 分析結果を踏まえ、地下水位低下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】

- 分析 1 から抽出された、地下水位低下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」が発生するかについて分析（別紙 18-16 表）する。
- 分析結果を踏まえ、地下水位低下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】

- 「運転時の異常な過渡変化」，「設計基準事故」又は「重大事故等」発生後に、何らかの原因により地下水位低下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 18-17 表）する。
- 分析結果を踏まえ、地下水位低下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】

- 大規模損壊の発生要因について、プラントの損壊状況を踏まえ、地下水位低下設備の設計を行う上で配慮する。

### 3.2 関係する条文の抽出

地下水位低下設備の機能喪失要因と設置許可基準規則との関係を別紙 18-14 表に示す。

地下水位低下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、ランダム故障に加え、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）、内部溢水（第 8 条）、内部火災（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。

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。

別紙 18-14 表 地下水位低下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 地震	—	・地下水位低下設備は、発電用原子炉施設の各設備を本文に適合させるために設置するものであることから、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)	○	—	2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	—
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	—	・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	—		



### 3.3 各構成部位の機能喪失要因の分析

#### (1) 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）

地下水位低下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が発生するかについて分析する。分析の前提条件と分析結果は以下のとおり。

#### <分析1 前提条件>

- 機能喪失有無の判定においては、地下水位低下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、すべての構成部位に対し設計上の外部事象への配慮が講じられていない状態を前提とする。
- 地下水位低下設備の全ての構成部位は、屋外に設置されている状態を前提とする（別紙18-15表の黄色網掛け箇所：既設設備で設置上配慮されている項目）。

#### <分析結果>

- 分析の結果、地下水位低下設備の各構成部位に対する機能喪失要因として別紙18-15表のとおり結果を得た。
- これらの機能喪失要因を踏まえ地下水位低下設備の設計上の信頼性を向上させる観点から別紙18-19表のとおり、設計上の配慮を行うこととする。
- なお、既設の地下水位低下設備において、設置にあたり配慮されている事項については下表の網掛けのとおりであるが、これらについても新規設置にあたり、配慮した設計とする。

別紙18-15表 地下水位低下設備の各構成部位の機能喪失要因の分析

機能	構成部位	ランダム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														人の不正な侵入(7条)	内部火災(8条)	内部溢水(9条)	誤操作防止(10条)	安全避難誘導(11条)	安全施設(12条)	過渡事故の拡大防止(13条)
		ランダム故障(3条)	地震(4条)	津波(5条)	風(台風)(6条)	竜巻(6条)	凍結(6条)	降雪(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)									
集水機能	ドレーン・接続管	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
	排水ポンプ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
排水機能	排水ポンプ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
	配管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
監視・制御機能	制御盤	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
	水位計	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
電源機能	電源(非常用DC)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							

※1: 外部電源はS;未済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: 分析1では誤操作による機能喪失はランダム故障に含めた取り扱いとする。

凡例 ○: 事象に対し設備に影響を受けない。×: 事象に対し設備に影響を受ける可能性あり。-: 静的機器であり評価対象外

## (2) 供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析（分析2）

地下水位低下設備の機能喪失要因により、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」）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前提条件>

- 地下水位低下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。
- 地下水位低下設備のすべての構成部位に対し設計上の外部事象へ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、非常用電源の共通要因による機能喪失は考慮しない。また、非常用DGの状態において、プラント運転中は2系列が待機状態にあることとする。
- プラント停止中は、外部電源はS s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、停止中は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、停止中の非常用DGに対しては、ランダム故障要因を考慮する。

### <分析結果>

- 別紙18-16表に示すとおり、地下水位低下設備が機能喪失する外部事象発生時には、外部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、地下水位低下設備には、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、建屋の安定性等の継続的な確保が必要である。
- このため、地下水位低下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、「地下水位低下設備の機能喪失により地下水位が上昇した状態でS s規模の地震が発生する」という状況を回避でき、建屋の安定性等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18-17表に示すとおり、地下水位低下設備が機能喪失する外部事象発生時には、外部事象により、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、地下水位低下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からの常設代替交流電源から電源供給



(3) 供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析（分析3）

「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、地下水位低下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前提条件>

- 運転時の異常な過渡変化等の発生後に、地下水位低下設備が機能喪失する状態及び地下水位低下設備の機能喪失後に、更にS s規模の地震が発生する状態に対し分析する。
- 地下水位低下設備のすべての構成部位に対し外部事象への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 18-18 表に示すとおり、地下水位低下設備は、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、地下水位低下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S s規模の地震の発生を想定した場合には、建屋の安定性等に影響があることから、事象の収束に対する影響の懸念がある。
- このため、地下水位低下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、「地下水位低下設備の機能喪失により地下水位が上昇した状態でS s規模の地震が発生する」という状況を回避でき、建屋の安定性等が確保されることとなる。
- また、地下水位低下設備の状態に対して網羅的に対策を講じる観点から、地下水位低下設備が機能喪失した場合に備え、予め必要な予備品等を確保し、手順を整備することで、機能喪失時には補修による復旧を行う。

別紙 18-18 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位低下設備が機能喪失した場合の影響

	運転時の異常な過渡変化														設計基準事故									
	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	原子炉冷却材流量の部分喪失	原子炉冷却材の停止ループの誤起動	給水加熱喪失	原子炉冷却材流量制御系の誤動作	負荷の喪失	主蒸気隔離弁の誤閉止	給水制御系の故障	原子炉圧力制御系の故障	給水流量の全喪失	外部電源喪失	原子炉冷却材流量の喪失	原子炉冷却材ポンプの軸隙増大	制御棒落下	放射性気体処理施設の破損	主蒸気管破断	燃料集合体の落下	可燃性ガスの発生	動荷重の発生				
地下水位低下設備の機能喪失のみの場合	○(影響なし)																							
	地下水位低下設備は、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																							
地下水位低下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)																							
	建屋の安定性等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																							
	重大事故等																							
	高圧・低圧注水機能喪失	高圧注水・減圧機能喪失	全交流動力電源喪失	崩壊熱除去機能喪失	原子炉停止機能喪失	LOCA時注水機能喪失	格納容器バypass (ES/LOCA)	蒸気圧力・温度に起因する格納容器過圧破損	高圧溶融物(放出/格納)容器異常加熱	原子炉圧力容器外の溶融燃料/冷却材相互作用	溶融炉心・コンクリート相互作用	水素燃焼	想定事故1	想定事故2	崩壊熱除去機能喪失(炉心の破損による停止時冷却機能喪失)	原子炉冷却材の流出	反応度の暴入	全交流動力電源喪失(停止時)						
地下水位低下設備の機能喪失のみの場合	○(影響なし)																							
	地下水位低下設備は、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																							
地下水位低下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)																							
	建屋の安定性等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																							

### 3.4 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、地下水位低下設備を機能維持する観点から、地下水位低下設備の設計に係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している。

分析1の結果から、地下水位低下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対策を別紙18-19表のとおり整理した。

別紙18-19表 機能喪失要因とこれを踏まえた設計上の配慮項目

機能	構成部位	機能喪失要因	対策
集水機能	ドレーン・接続柵	ランダム故障	・閉塞による機能喪失の可能性に対して、ドレーンの配置・形状を考慮した新設ドレーン・揚水井戸の配置等の配慮により機能維持
		地震	・Ss機能維持することにより集水機能を確保
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	地震	・Ss機能維持することにより支持・閉塞防止機能を確保
排水機能	揚水ポンプ	ランダム故障	・ポンプ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揚水ポンプの機能を確保
		竜巻	・井戸に飛来物影響の防護が可能な蓋を設置
		落雷	・制御盤への保安器の設置等による避雷対策、又は避雷針の保護範囲内への設置
		火山	・井戸に対する火山灰の侵入を蓋の設置により防止
	配管	ランダム故障	・吐出配管の多重化
		地震	・Ss機能維持
		竜巻	・井戸に飛来物影響の防護が可能な蓋を設置
監視・制御機能	制御盤	ランダム故障	・多重化により機能維持。また、水位計、動力・制御盤及び中央制御室監視盤間を接続するケーブルについても同様に多重化
		地震	・Ss機能維持
		台風、竜巻	・屋内設置
		凍結	・凍結防止装置を設置、又は屋内設置
		降水	・防水処理、又は屋内設置
		積雪	・積雪荷重を受けないように屋根等を設置、又は屋内設置
		落雷	・制御盤への保安器の設置等による避雷対策、又は屋内設置
		火山	・火山灰の侵入防止措置の実施、又は屋内設置
		生物学的事象	・止水や貫通部処理による小動物の侵入防止、又は屋内設置
		森林火災(外部火災)	・火災の影響を受けないよう屋内設置
		内部火災	・制御盤の分離、離隔距離を確保した配置
		内部溢水	・共通要因故障に配慮した配置
	水位計	ランダム故障	・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
		竜巻	・井戸に飛来物影響の防護が可能な蓋を設置
落雷		・制御盤への保安器の設置等による避雷対策、又は避雷針の保護範囲内への設置	
火山		・井戸に対する火山灰の侵入を蓋の設置により防止	
電源機能	電源(非常用DG)	ランダム故障	・ランダム故障に対しては多重化による機能維持

分析1の結果から抽出された個々の機能喪失要因に対する対策（別紙18-19表）を集約し、別紙18-20表のとおり整理した。

別紙18-20表 地下水位低下設備の設計に係る信頼性向上のための配慮事項

機能	構成部位	対策	備考
集水機能	ドレーン・接続柵	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">Ss機能維持</a></li> <li>・ <a href="#">ドレーンの配置・形状を考慮した新設ドレーン・揚水井戸の配置等の配慮</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Ss機能維持の確認方法は別紙18-21表参照</li> <li>・ 閉塞に関する配慮は「2.3安全施設への要求事項を参照した設備構成の検討」参照</li> </ul>
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">Ss機能維持</a></li> <li>・ 蓋の設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Ss機能維持の確認方法は別紙18-21表参照</li> </ul>
排水機能	揚水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">多重化</a></li> <li>・ <a href="#">Ss機能維持</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 多重化の概要は別紙18-25図参照</li> <li>・ Ss機能維持の確認方法は別紙18-21表参照</li> </ul>
	配管	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">Ss機能維持</a></li> <li>・ 吐出配管の多重化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Ss機能維持の確認方法は別紙18-21表参照</li> </ul>
監視・制御機能	制御盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">多重化</a></li> <li>・ <a href="#">水位計・動力・制御盤及び中央制御室監視盤間を接続するケーブルについても多重化</a></li> <li>・ <a href="#">Ss機能維持</a></li> <li>・ <a href="#">離隔を確保した屋内設置</a></li> <li>・ <a href="#">内部事象に起因する共通要因故障に配慮した配置</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 多重化の概要は別紙18-25図参照</li> <li>・ Ss機能維持の確認方法は別紙18-21表参照</li> </ul>
	水位計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">多重化</a></li> <li>・ <a href="#">Ss機能維持</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 多重化の概要は別紙18-25図参照</li> <li>・ Ss機能維持の確認方法は別紙18-21表参照</li> </ul>
電源機能	電源（非常用DG）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <a href="#">多重化</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 多重化の概要は別紙18-25図参照</li> </ul>

青字:分析結果を踏まえ、新たに設計上の配慮事項として講じる対策

分析2の結果からは分析1と同様の対策（別紙18-19表）が必要という結果を得た。また、これに加えて、停止時における全交流動力電源喪失への配慮として、常設代替交流電源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18-19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を踏まえ、地下水位低下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、地下水位低下設備が機能喪失する状態も考え、予備品を用いた補修又は可搬型設備を用いた機動的な復旧対応が可能となるよう、資機材の配備及び手順の整備を行う（「4.運用管理・保守管理上の方針」参照）。

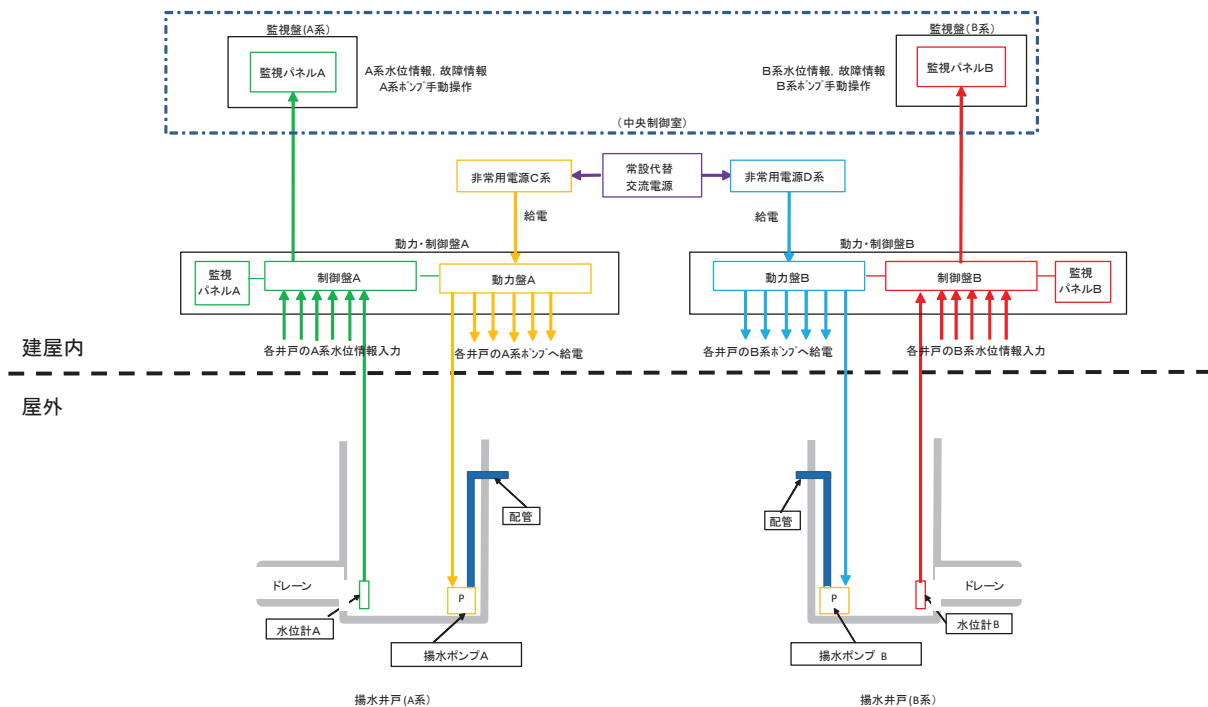
地下水位低下設備の各構成部位における S s 機能維持の確認方法を別紙 18-21 表に示す。

別紙 18-21 表 地下水位低下設備の各構成部位における S s 機能維持の確認方法と設計方針

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	ドレーン・接続桝	解析	・基準地震動Ssに対し地下水の集水機能を維持する設計とする。
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	解析	・基準地震動Ssに対し機能(揚水ポンプ及び配管の支持機能並びに閉塞防止機能)を維持する設計とする。
排水機能	揚水ポンプ	解析・加振試験	・基準地震動Ss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Ssに対し機能(揚水ポンプの支持機能)を維持する設計とする。
	配管	解析	・基準地震動Ssに対し揚水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Ssに対し機能(配管の支持機能)を維持する設計とする。
監視・制御機能	制御盤	解析・加振試験	・基準地震動Ssに対し機能(揚水ポンプの制御機能)を維持する設計とする。
	水位計	解析・加振試験	・基準地震動Ssに対し機能(揚水井戸内に継続的に流入する地下水位監視機能、揚水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Ssに対し機能(水位計の支持機能)を維持する設計とする。

### 3.5 監視・制御機能及び電源接続の系統構成

地下水位低下設備の電源系，監視・制御系の系統構成概要を別紙 18-25 図に示す。各井戸における揚水ポンプ，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全て多重性及び独立性を確保した設計とする。



別紙 18-25 図 地下水位低下設備の電源系，監視・制御系の系統構成概要

#### 4. 運用管理・保守管理上の方針

##### (1) 運用管理及び保守管理に係る位置付け

原子炉施設保安規定及びこれに関連付けた社内規定類において、地下水位低下設備の運用管理、保守管理に係る事項を定める。具体的には、運用管理については運転上の制限等を定めるとともに、必要な手順を整備したうえで管理していく（運用イメージを別紙 18-26 図に示す）。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。

##### 【運用管理の方針(案)】

- 原子炉施設保安規定において、地下水位低下設備に運転上の制限(以下、「LCO」という。)を設定する。

##### <具体的な対応>

- LCO, LCOを満足していない場合に要求される措置及び要求される措置の完了時間(以下、「AOT」という。)を設定し、逸脱した場合には、原子炉を停止することを定める。
- 地下水位低下設備が動作可能であることを定期的に確認することを定める。
- 原子炉施設保安規定に関連付けた社内規定類において地下水位低下設備の運転管理方法を定める。

##### <具体的な対応>

- 地下水位低下設備の運用に係る体制、確認項目・対応等を整備する。
- 地下水位低下設備が機能喪失した場合に、可搬型設備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。

##### 【保守管理の方針(案)】

- 保全計画の策定では、原子炉施設保安規定において地下水位低下設備に LCO を設定することから、他の LCO 設定設備と同様に、地下水位低下設備を「予防保全」の対象と位置付け管理していく。
- 機能喪失した場合に備え予め予備品を確保した上で、機能喪失時には原因調査を行い補修する。

##### <確保する予備品の例>

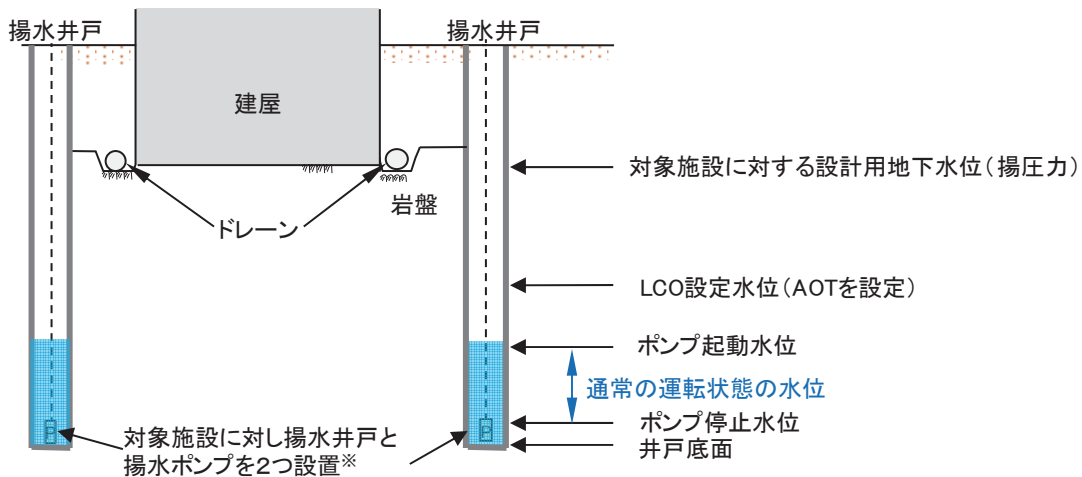
(動的機器)

- 揚水ポンプ
- 水位計
- 制御盤



- ① LCO の設定の考え方:  
LCO は新たに設置する6箇所の揚水井戸の水位に対して設定する。
  - ② 要求される措置の考え方:  
LCO が揚水井戸の水位であることから、可搬型設備を用いて地下水位を低下させるとともに対象施設への揚圧力影響を考慮し、原子炉を停止する。
  - ③ AOT の設定の考え方:  
浸透流解析結果を踏まえ設定※する。
  - ④ LCO を満足していることの確認(サーベランス) の考え方:
    - 運転上の制限を満足していることを確認するため、揚水井戸の水位を毎日1回確認する。
    - 地下水位低下設備が動作可能であることを確認するため、1回/月の頻度で揚水ポンプが起動することを確認する。
- ※: LCO 逸脱時の水位から対象施設の設計用地下水位に至るまでの時間に余裕を考慮する。

(詳細は原子炉施設保安規定の審査において説明予定)



※: 揚水ポンプ1つが動作可能であれば地下水位を低下させることが可能であることからLCOは満足していると判断する。

別紙 18-26 図 新たに設置する揚水ポンプの運用イメージ

(2) 地下水位低下設備の具体的な試験又は検査

設置許可基準規則第 12 条の解釈において、試験又は検査について以下の要求事項がある。

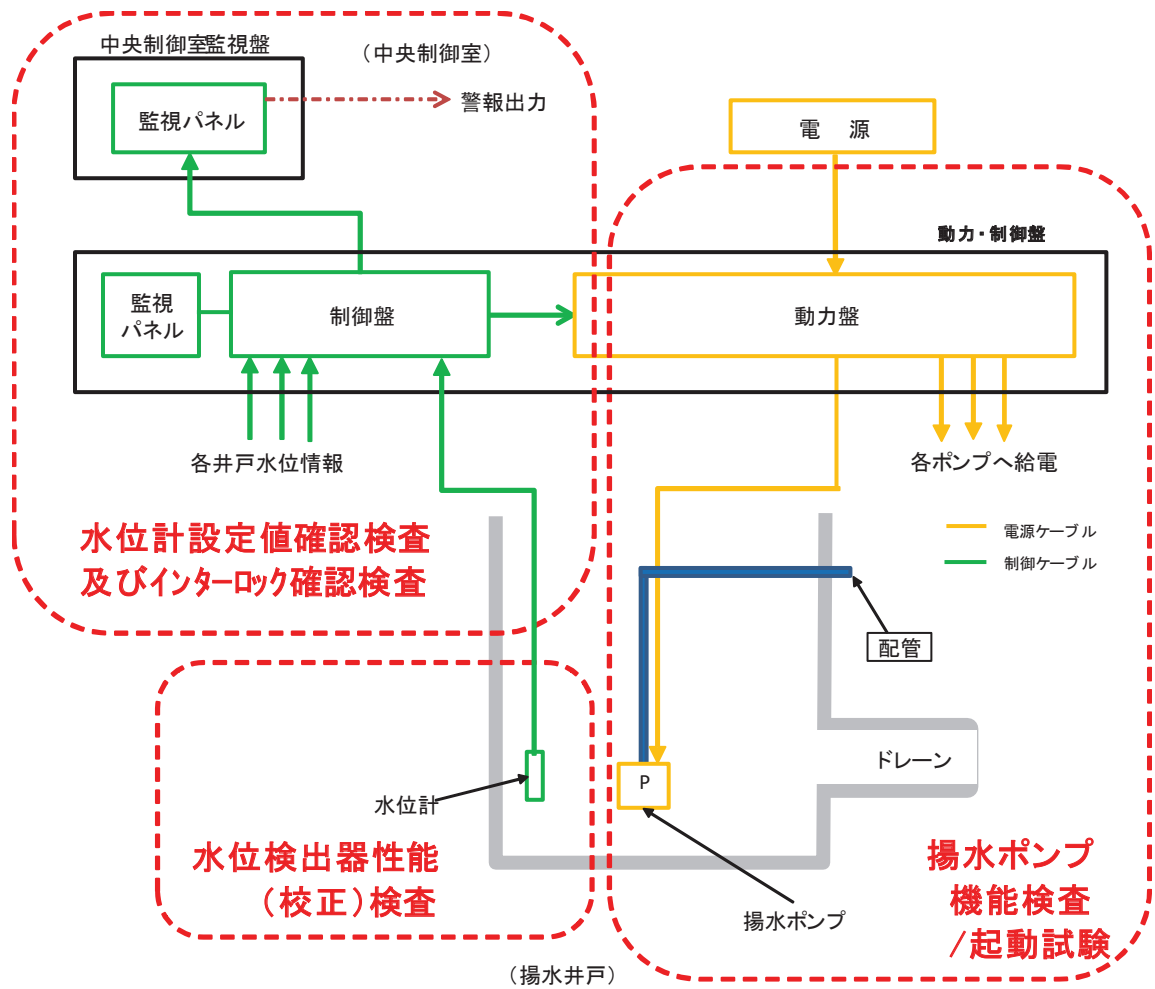
- 運転中に定期的に試験又は検査（実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成 25 年原子力規制委員会規則第 6 号）に規定される試験又は検査を含む。）ができること。
- 多重性又は多様性を備えた系統及び機器にあつては、各々が独立して試験又は検査ができること。

これを踏まえて、地下水位低下設備は独立して試験又は検査ができる設計とする。

地下水位低下設備に係る試験又は検査の例を別紙 18-22 表に、地下水位低下設備の検査項目と範囲を別紙 18-27 図に示す。

別紙 18-22 表 地下水位低下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。	定期検査毎
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。	定期検査毎
揚水ポンプ機能検査	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。	定期検査毎
揚水ポンプ起動試験	揚水ポンプが起動することを確認する。	1 回／月



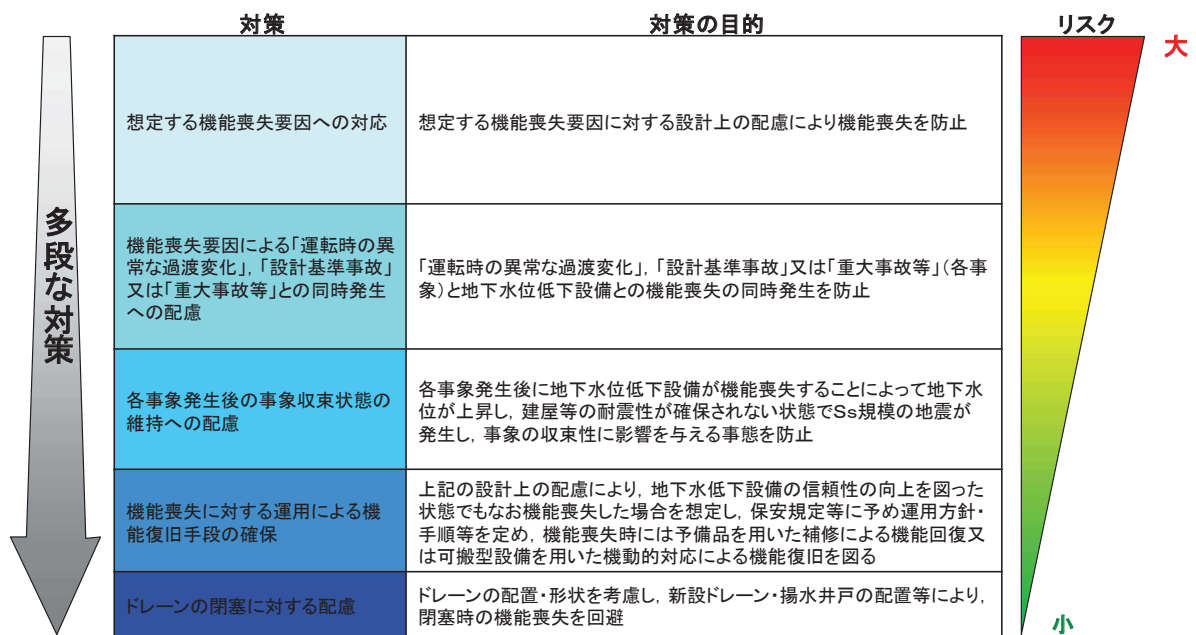
別紙 18-27 図 地下水位低下設備の試験又は検査項目と範囲

## 5. 信頼性向上の方針のまとめ

地下水位低下設備の設置目的と機能の重要性に鑑み、安全機能の重要度分類におけるクラス1に相当する設備と位置付け、設備構成を検討した。

更に、地下水位低下設備については、機能の目的及び機能の維持期間を踏まえ、別紙 18-28 図に示すようにハード対策及びソフト対策といった多段な対策によりその信頼性向上に努める。

これにより、原子炉施設に対する炉心損傷又は燃料破損等のリスクの低減を図ることができる。



別紙 18-28 図 地下水位低下設備の信頼性向上の方針まとめ

既設の地下水位低下設備の概要

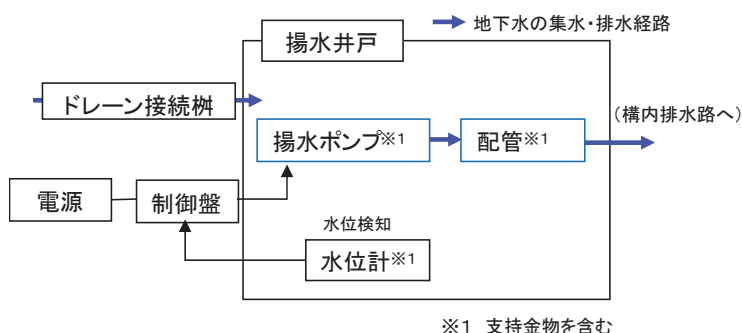
1. 全体構成

既設の地下水位低下設備は、原子炉建屋、制御建屋、タービン建屋及び排気筒、海水ポンプ室等の各号炉の主要施設下部周辺に設置しており、地下水はドレーンによって集水し、揚水井戸内に設置した揚水ポンプ・配管により構内排水路（補足説明資料3）へ排水される。

建設時工認（女川2号炉，3号炉工認）では地下水位低下設備の機能を考慮した二次元浸透流解析を参照し，周辺施設（屋外重要土木構造物等）の設計用地下水位の設定，揚水ポンプ容量等の設定を行っている（補足説明資料2）。

地下水位低下設備は，添付 1-1 図に示す部位により構成され，添付 1-2 図に示す地下水の集排水機能，支持・閉塞防止機能並びに地下水位の監視機能他を維持することによりその機能を保持する。

女川原子力発電所の地下水位低下設備は，各号炉の建設時に設置され，その後，保守管理を行いながらその機能を維持している。なお，平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後に実施した主要な設備の目視確認の範囲においては，ドレーン及び揚水井戸の集排水機能に異常は確認されなかった（添付資料 1 「5. 保守管理の状況」を参照）。



※1 支持金物を含む

添付 1-1 図 地下水位低下設備（既設）の基本構成

機能	構成部位	設備構成のイメージ
集水機能	ドレーン・接続樹	
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	
排水機能	揚水ポンプ	
	配管※3	
監視・制御※2機能	水位計※3	
	制御盤	
電源機能	電源	

※2 伝送機能を含む ※3 支持金物を含む

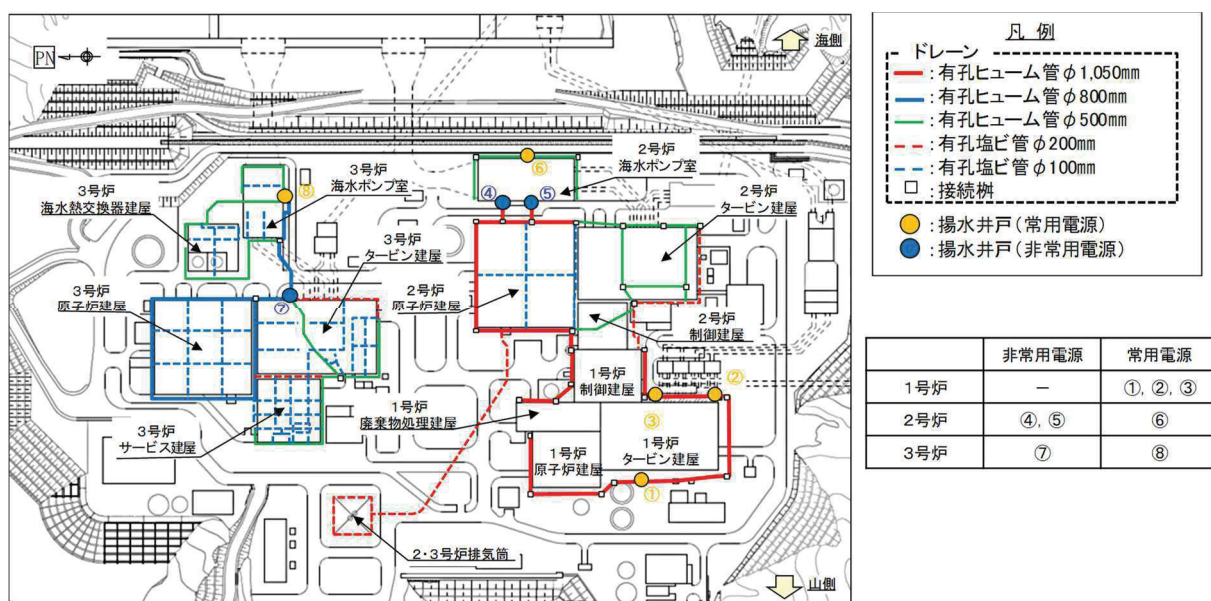
添付 1-2 図 地下水位低下設備（既設）の機能と構成部位

## 2. 地下水位低下設備の設置位置

地下水位低下設備のうちドレーン・揚水井戸の配置を添付 1-3 図に示す。

地下水位低下設備は、各施設周囲の岩盤上に設置されたドレーン（有孔塩ビ管〈φ100 mm, 200 mmの2種類〉及び有孔ヒューム管〈φ500 mm, 800 mm, 1,050 mmの3種類〉）により揚水井戸に集水し、揚水ポンプ（2台/1箇所）・配管を介して構内排水路へ排水する構造となっている。ドレーンの分岐部、曲がり部は鉄筋コンクリート造の接続枿が設置されている箇所もある。

女川原子力発電所においては、異常時等において点検を行う場合を考慮し、原子炉建屋周辺等において一部大口径のドレーン（φ800 mm, φ1,050 mmの有孔ヒューム管）を採用している。



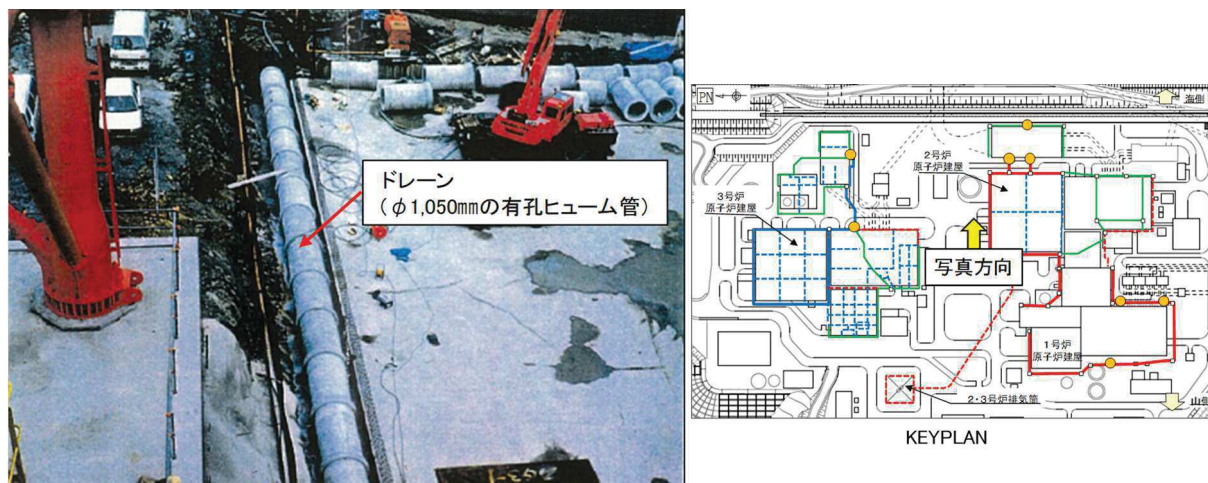
添付 1-3 図 地下水位低下設備（既設）のドレーン・揚水井戸区分

## 3. 各構成部位の設置状況

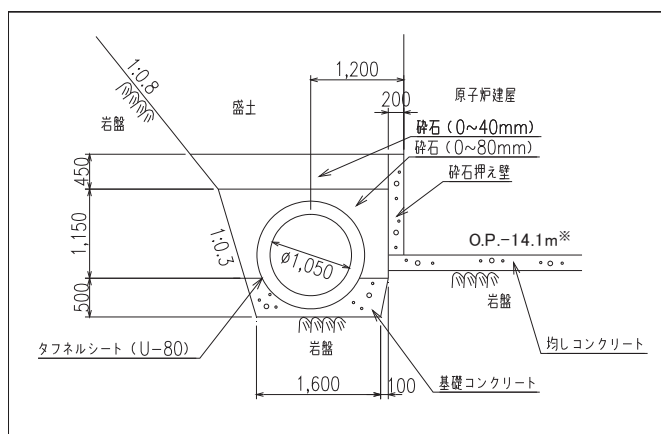
### (1) ドレーン・接続枿

#### a. 建屋等の外周のヒューム管

ドレーンは、掘削した岩盤内に敷設している。2号炉原子炉建屋外周のヒューム管設置状況を添付 1-4 図に示す。また、土砂等の流入により有孔ヒューム管に目詰まりが生じないように、管を覆うように連続長繊維不織布（タフネルシート）を巻き、建屋側に砕石押え壁を設置して管周辺を連続した高透水性材料（砕石）で充填している。なお、管底部は基礎コンクリートにより固定している。施工概念を添付 1-5 図に、ドレーン関連部材の役割を添付 1-1 表に示す。



添付 1-4 図 建屋外周のヒューム管設置状況  
(2号炉原子炉建屋北側 φ1,050 mmの有孔ヒューム管の例)



※: O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり, 東京湾平均海面(T.P.)-0.74m.以降, 地下水位はO.P.表示

添付 1-5 図 建屋外周のヒューム管施工概念  
(φ1,050 mm有孔ヒューム管の例)

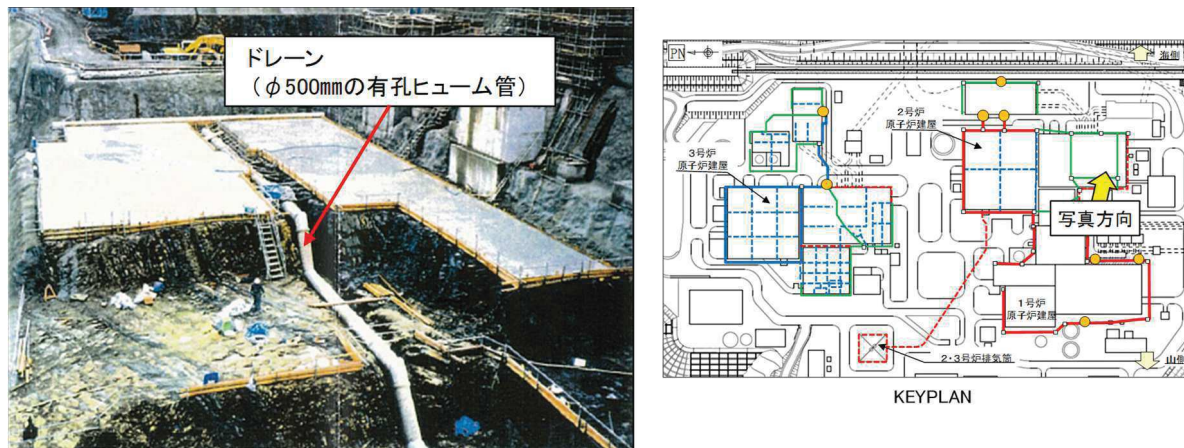
添付 1-1 表 ドレーン関連部材の役割

各部材の役割		備考
集水の流れ	高透水性材料 (砂, 砕石)	透水性の良い土質材で, 岩盤や盛土中の地下水をドレーンに導水する。 砂: 有孔塩ビ管周辺 砕石: 有孔ヒューム管周辺
	連続長繊維不織布 (タフネルシート)	フィルター材で, 土中水の移動による土粒子のドレーンへの流入を抑制する。 高強度繊維布を不織布で挟んだ3層構造で耐酸性, 耐アルカリ性に優れる材料
	ドレーン (有孔塩ビ管, 有孔ヒューム管, 接続桝)	有孔管路で, 地下水を集水する。

b. 建屋等の直下のヒューム管

2・3号炉タービン建屋等の直下及び周辺には, φ500 mmの有孔ヒューム管等を敷設している。2号炉タービン建屋直下の有孔ヒューム管の敷設状況を添付 1-6 図に示す。

この有孔ヒューム管は、岩盤を掘削して管を敷設後、同じく連続長繊維不織布（タフネルシート）を巻き、管周辺を連続した高透水性材料（砕石）で充填している（添付 1-5 図参照）。

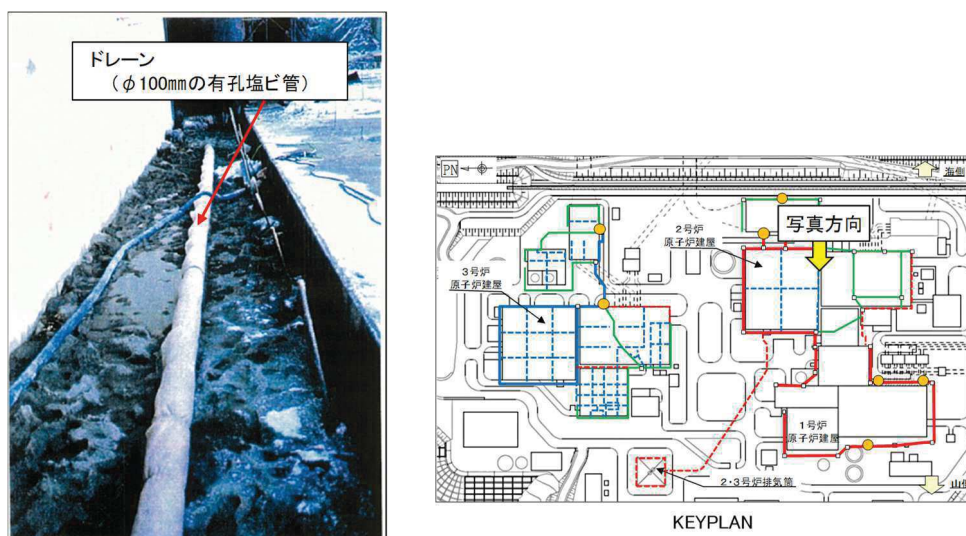


添付 1-6 図 建屋等の直下のヒューム管設置状況  
（2号炉タービン建屋直下のφ500有孔ヒューム管の例）

c. 建屋等の外周の有孔塩ビ管

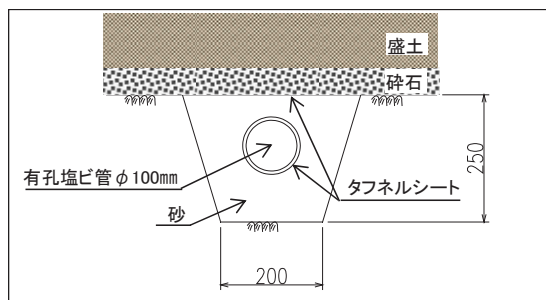
2号炉及び3号炉原子炉建屋直下や2号炉原子炉建屋と2号炉タービン建屋間等にφ100mmの有孔塩ビ管を敷設している。2号炉原子炉建屋と2号炉タービン建屋間の有孔塩ビ管の設置状況を添付 1-7 図に、施工概念を添付 1-8 図示す。

この有孔塩ビ管は、岩盤を掘削して管を敷設後、土砂等の流入により有孔塩ビ管に目詰まりが生じないように連続長繊維不織布（タフネルシート）を巻き、管周辺を連続した高透水性材料（砂）で充填している。



添付 1-7 図 2号炉原子炉建屋・タービン建屋間（φ100mmの有孔塩ビ管）



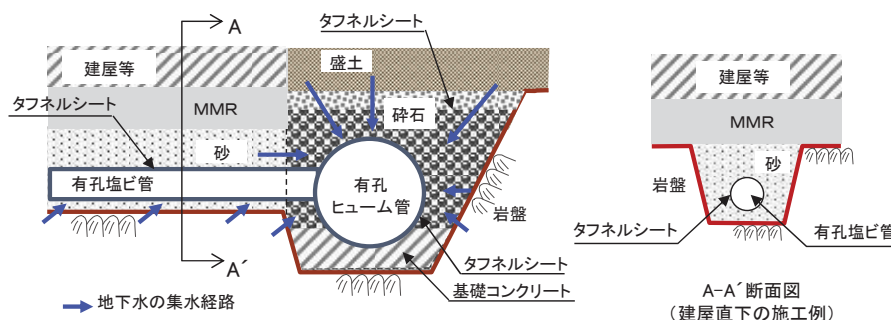


添付 1-8 図 ドレーン（有孔塩ビ管）施工概念図（建屋間の施工例）

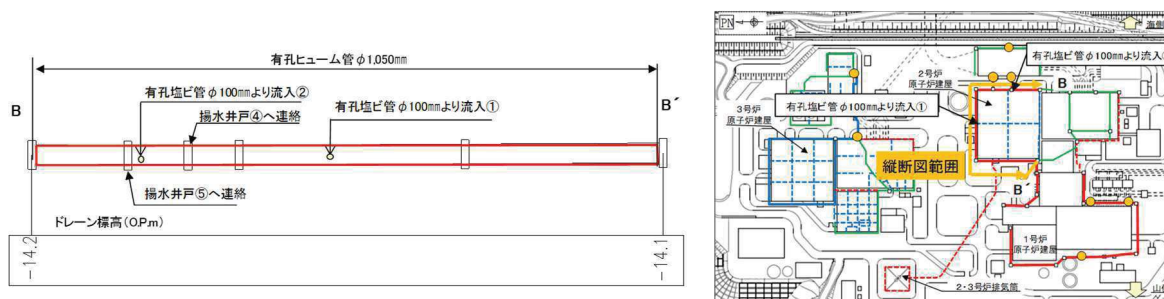
d. 建屋等直下の有孔塩ビ管

建屋直下の有孔塩ビ管は建屋外縁の有孔ヒューム管に接続されている。有孔塩ビ管と有孔ヒューム管の接続概念を添付 1-9 図に、ドレーン縦断を添付 1-10 図に示す。

有孔塩ビ管，有孔ヒューム管いずれも岩盤を掘り込み敷設後，土砂等の流入により有孔塩ビ管，有孔ヒューム管に目詰まりが生じないように，管を覆うように連続長繊維不織布（タフネルシート）を巻き，管周辺を連続した高透水性材料（砂，砕石）で充填している。



添付 1-9 図 有孔塩ビ管と有孔ヒューム管の接続概念

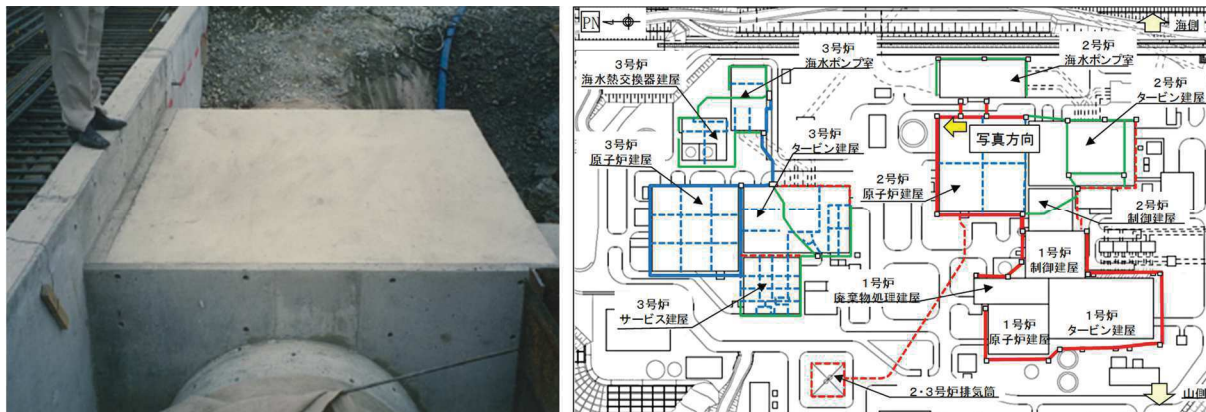


添付 1-10 図 2号炉原子炉建屋周辺 ドレーン縦断（B-B'断面）

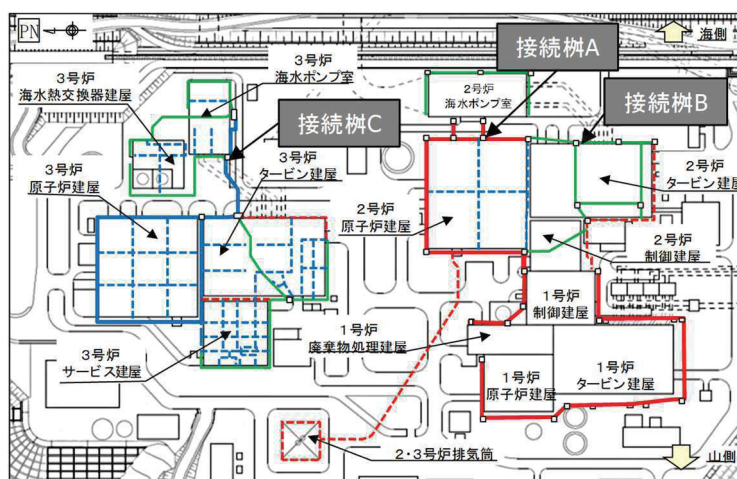
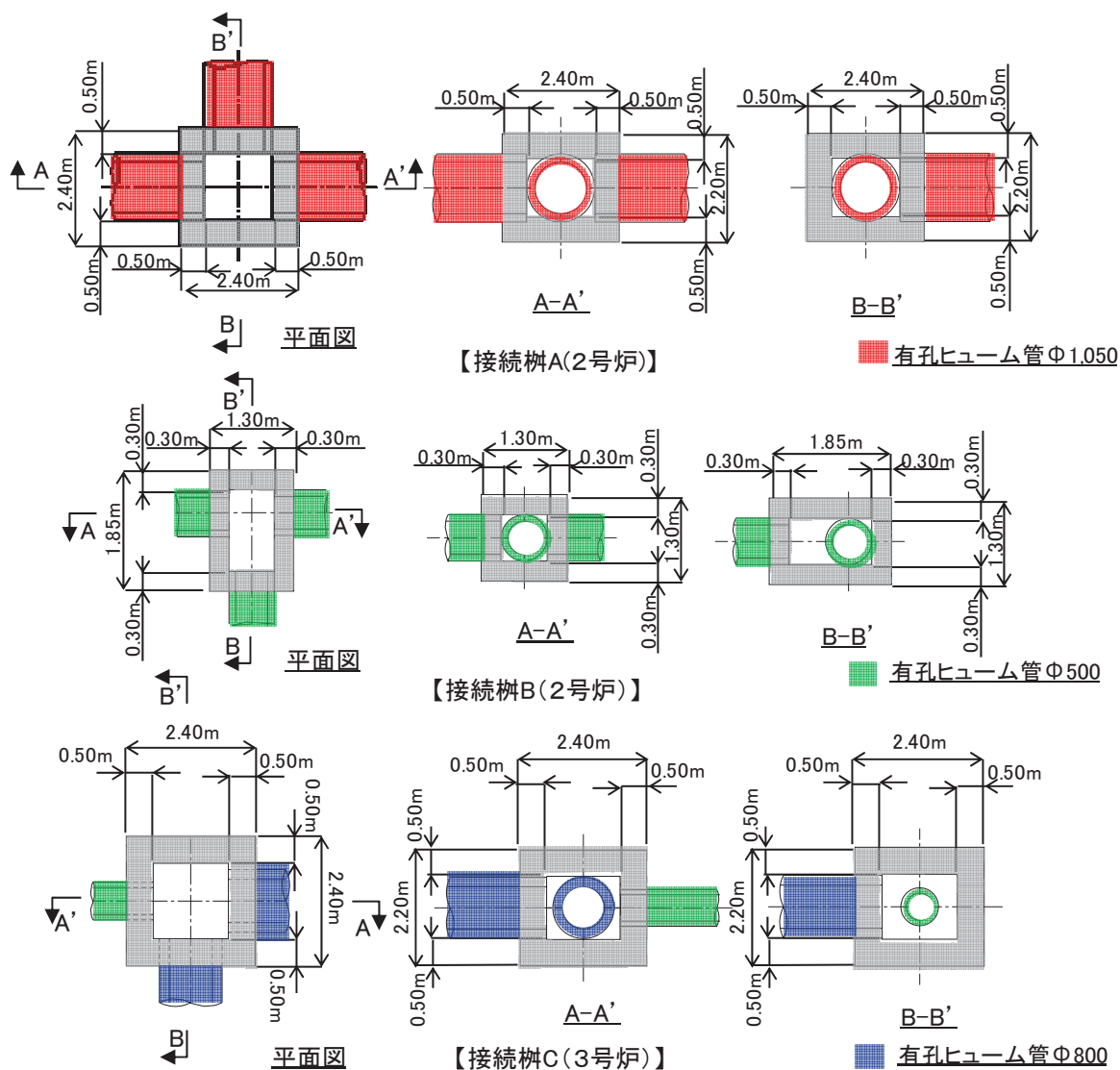
e. 接続柵

ドレーンの分岐部，曲がり部には鉄筋コンクリート造の接続柵を設置している。接続柵についてもドレーンと同様に岩盤を掘り込んで設置されている。

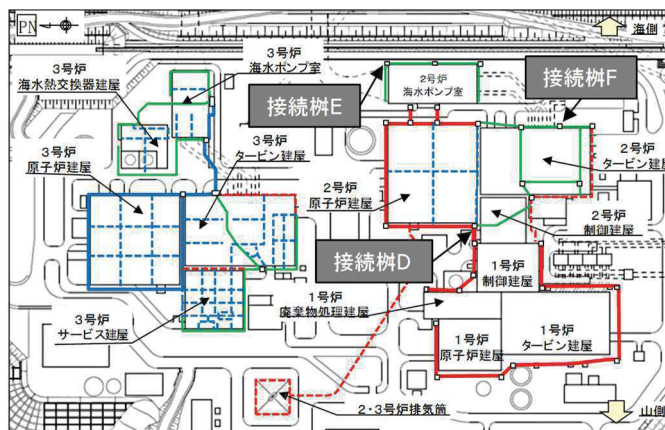
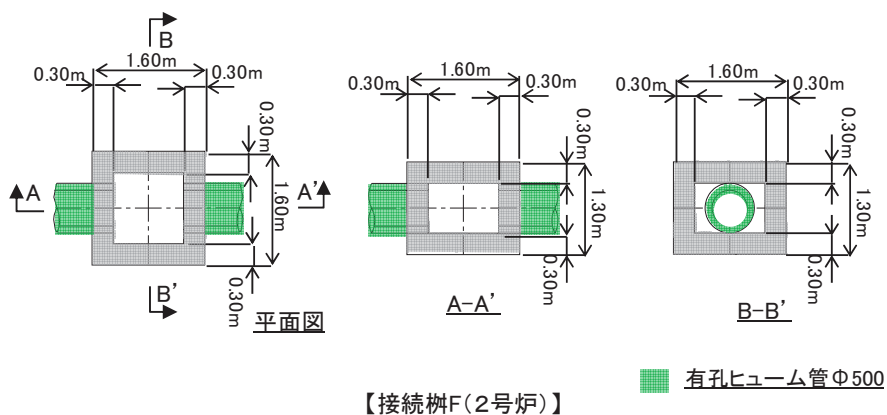
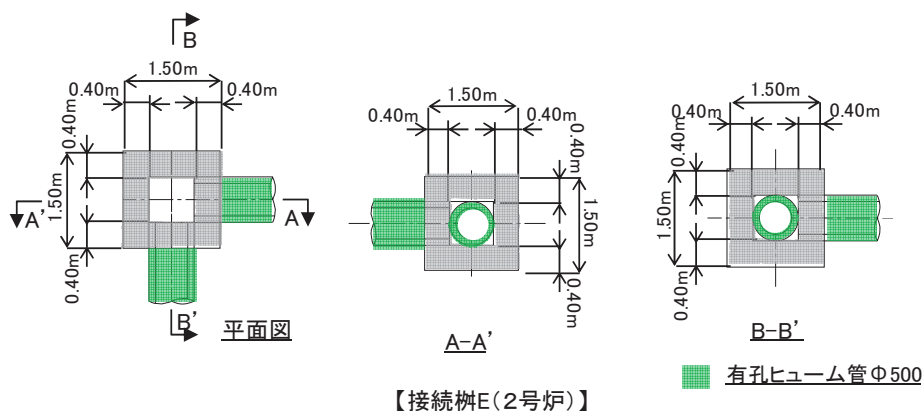
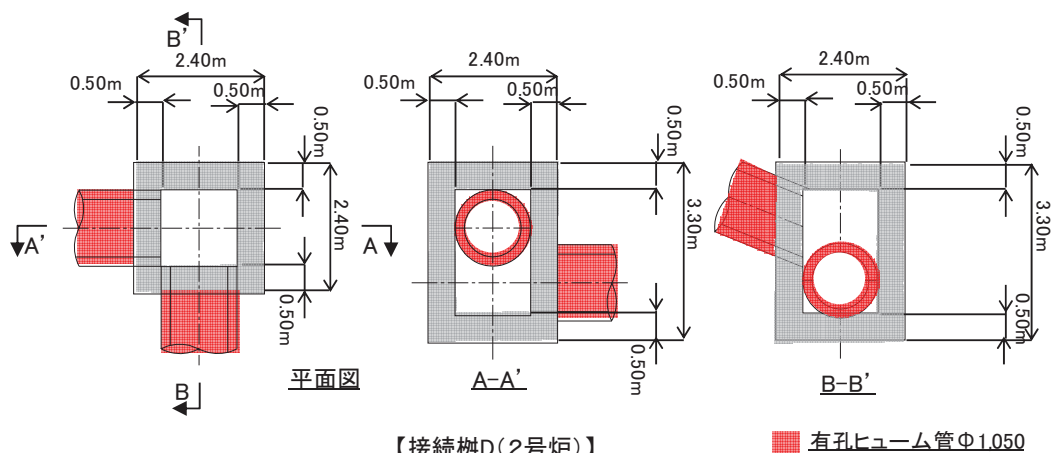
接続柵の設置状況を添付 1-11 図に，ドレーン径毎の主要な接続柵を添付 1-12 図に示す。



添付 1-11 図 2号炉原子炉建屋周囲接続柵の例



添付 1-12 図(1) 接続樹の構造概要 (1 / 2)



添付 1-12 図(2) 接続樹の構造概要 (2 / 2)

## (2) 揚水井戸・配管

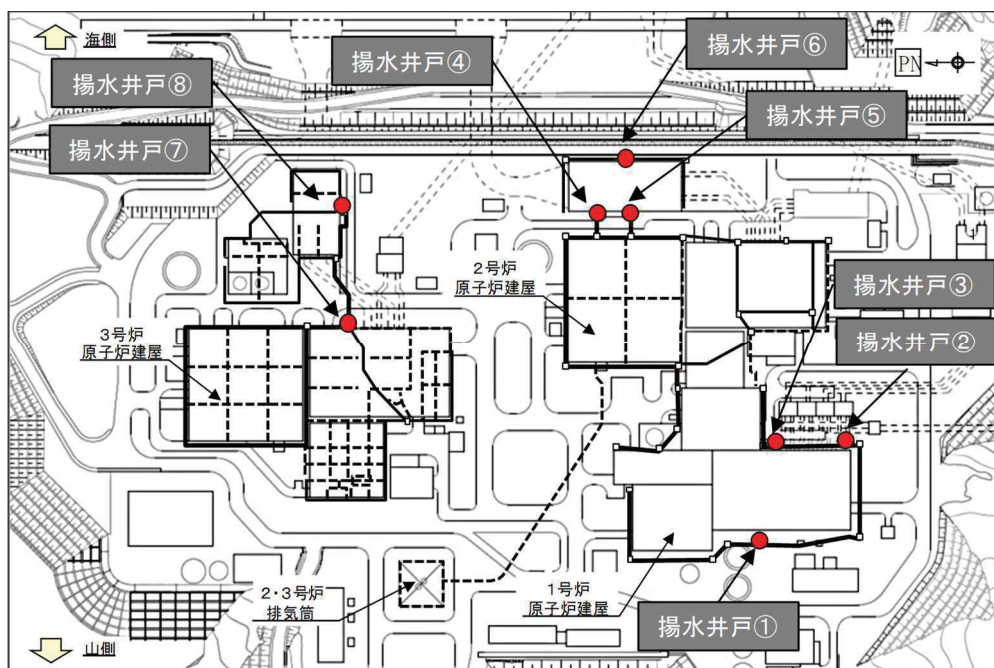
揚水井戸は、1号炉用に3箇所、2号炉用に3箇所、3号炉用に2箇所設置している。揚水井戸位置を添付 1-13 図に示す。

揚水井戸はいずれも岩盤上に設置しており、1号炉及び2号炉は鉄筋コンクリート製立坑である。

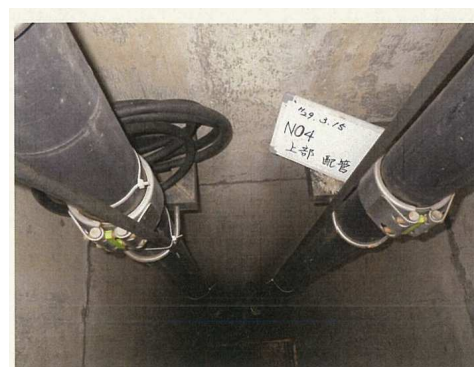
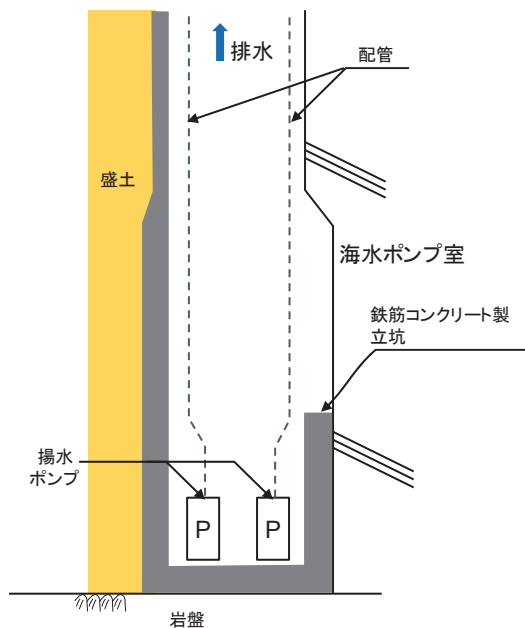
また、2号炉揚水井戸は2号炉海水ポンプ室及び2号炉原子炉機器冷却海水配管ダクトと一体となって設置している。2号炉揚水井戸の設置例を添付 1-14 図に、平面図及び断面図を添付 1-15 図及び添付 1-16 図に示す。

3号炉揚水井戸は上部を鋼製シャフトにより、下部は鉄筋コンクリート製の集水ピットにより構築している。3号炉揚水井戸の設置例を添付 1-17 図に、平面図及び断面図を添付 1-18 図及び添付 1-19 図に示す。

配管は炭素鋼鋼管（ $\phi 125 \text{ mm} \sim 200 \text{ mm}$ ）であり、O.P. +14.8m 盤の構内排水路に接続している。

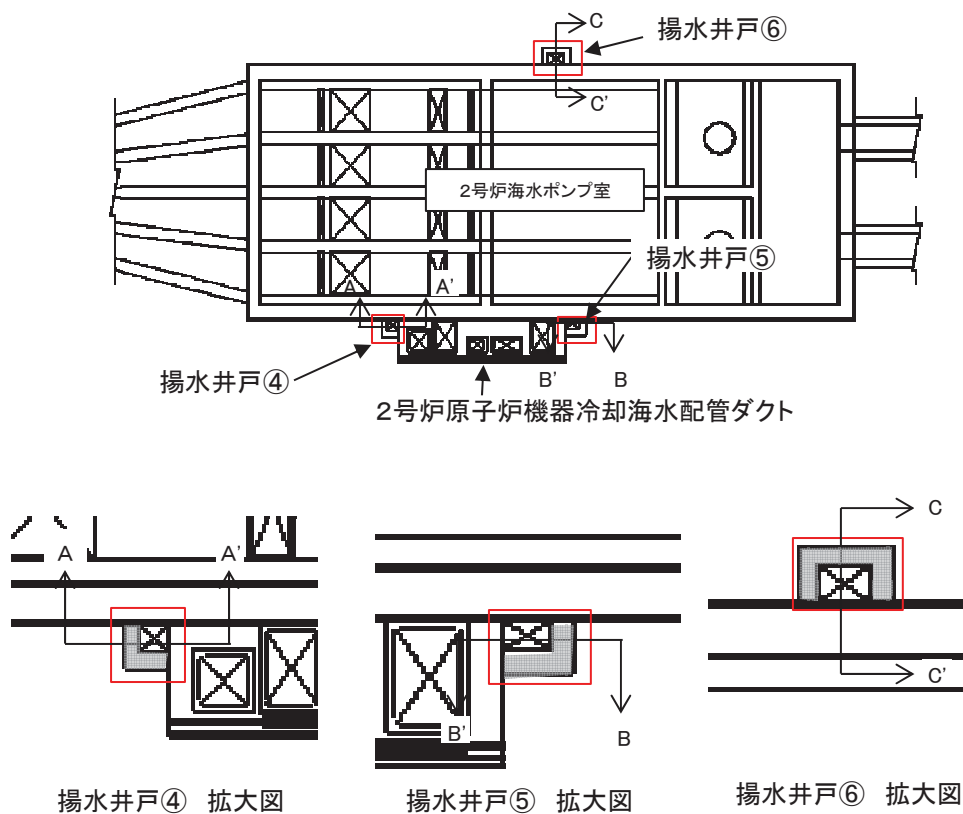


添付 1-13 図 揚水井戸位置

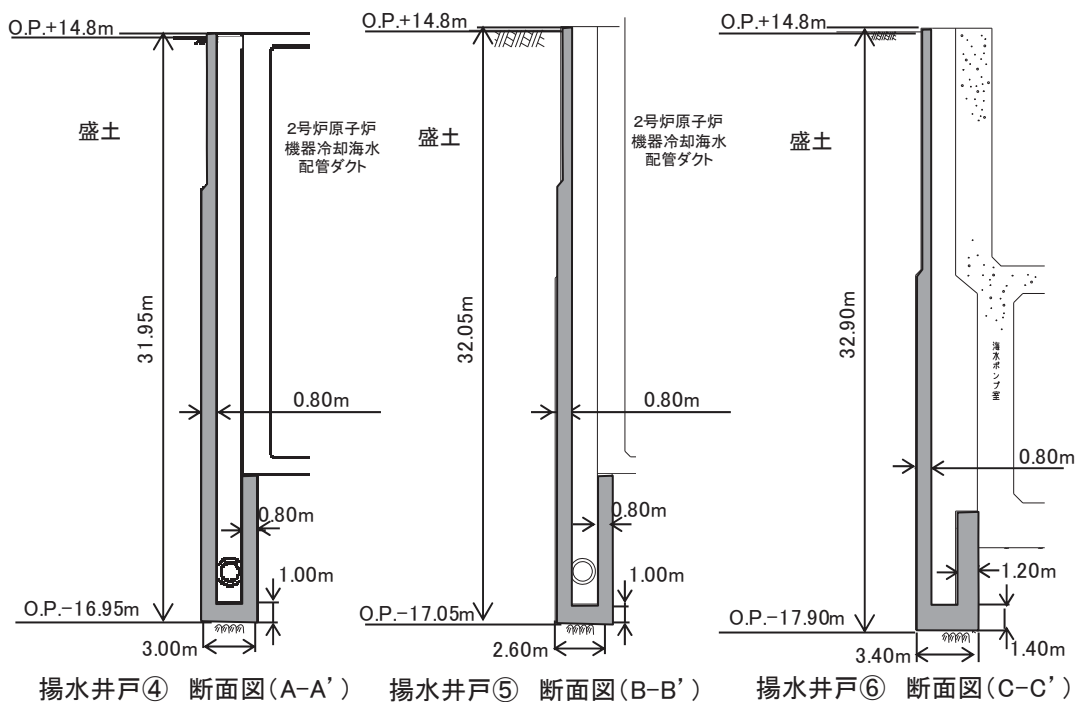


配管の写真

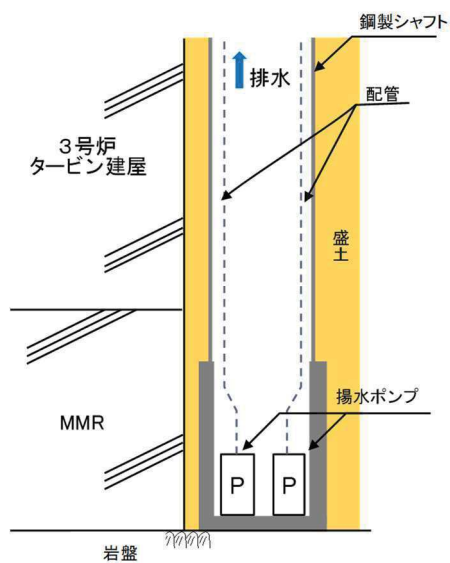
添付 1-14 図 2号炉揚水井戸の設置例 (揚水井戸④)



添付 1-15 図 2号炉揚水井戸平面図

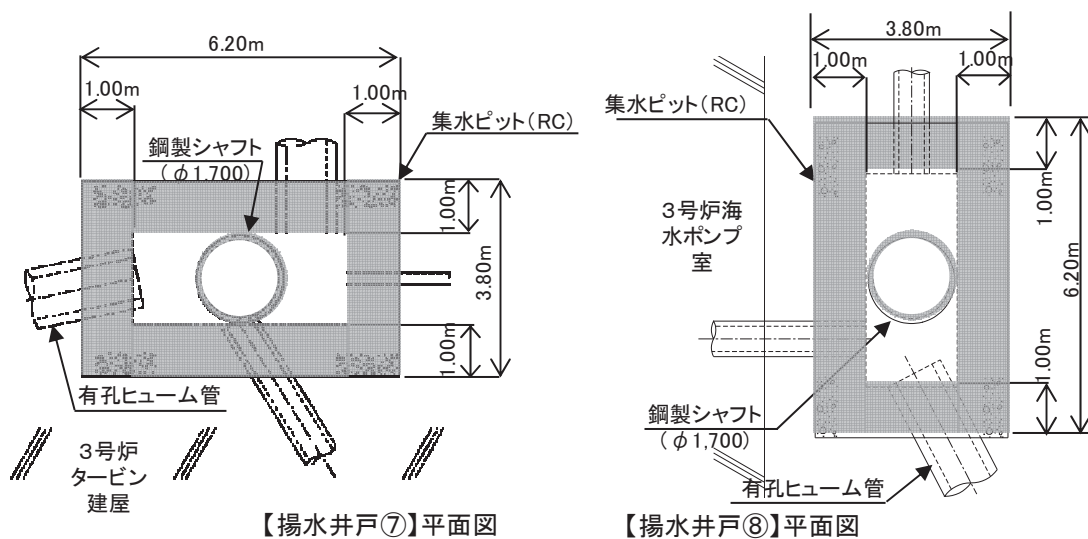


添付 1-16 図 2号炉揚水井戸断面図

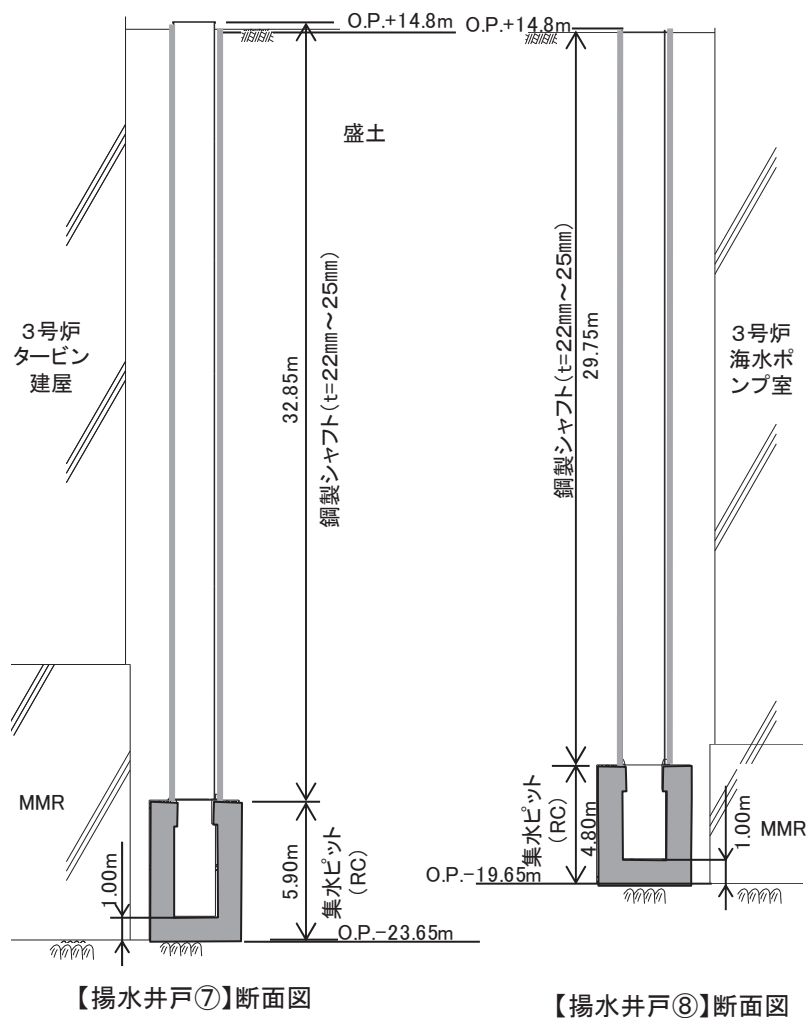


配管の写真

添付 1-17 図 3号炉揚水井戸の設置例 (揚水井戸⑦)



添付 1-18 図 3号炉揚水井戸平面図



添付 1-19 図 3号炉揚水井戸断面図

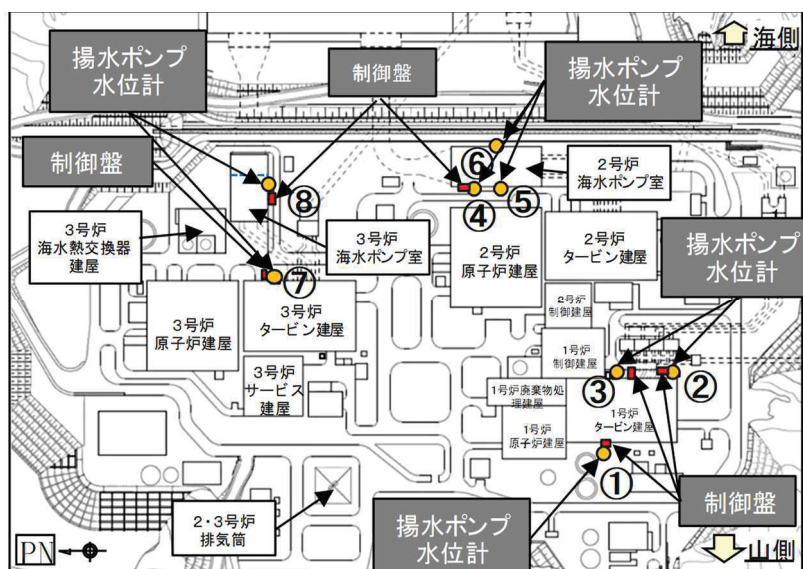


(3) 揚水ポンプ・水位計

揚水ポンプは、各揚水井戸内に2台設置（うち1台は予備の揚水ポンプ）し、揚水井戸に支持される配管を通じて O. P. +14.8m 盤の構内排水路に接続している。設置位置を添付 1-20 図に示す。

水位計は、各揚水井戸内に1台設置されており、形式はすべて圧力式である。概要を添付 1-21 図に示す。

揚水ポンプの容量は、ポンプ稼働実績に対して十分な余裕を有している。各揚水ポンプの諸元を添付 1-2 表に、ポンプ容量と稼働実績の関係を添付 1-22 図に示す。



添付 1-20 図 揚水ポンプ・水位計位置図



2号炉揚水ポンプの例(揚水井戸⑥)

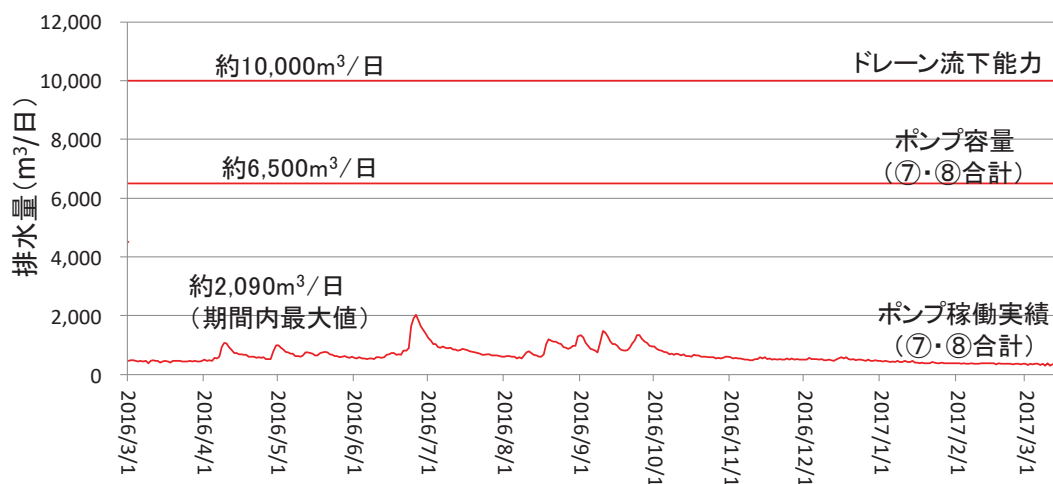


3号炉水位計の例(揚水井戸⑦)

添付 1-21 図 揚水ポンプ・水位計の概要

添付 1-2 表 各揚水ポンプの諸元

号炉	揚水井戸	全揚程 (m)	台数	ポンプ容量 (m <sup>3</sup> /日・台)	出力 (kW/台)
1号炉	NO.①	約25.0	2	約1,300	7.5
	NO.②	約30.0	2	約1,700	15
	NO.③	約25.0	2	約1,300	7.5
2号炉	NO.④	約35.0	2	約2,900	22
	NO.⑤	約35.0	2	約3,500	37
	NO.⑥	約35.0	2	約6,500	45
3号炉	NO.⑦	約36.9	2	約4,600	45
	NO.⑧	約35.2	2	約1,900	19

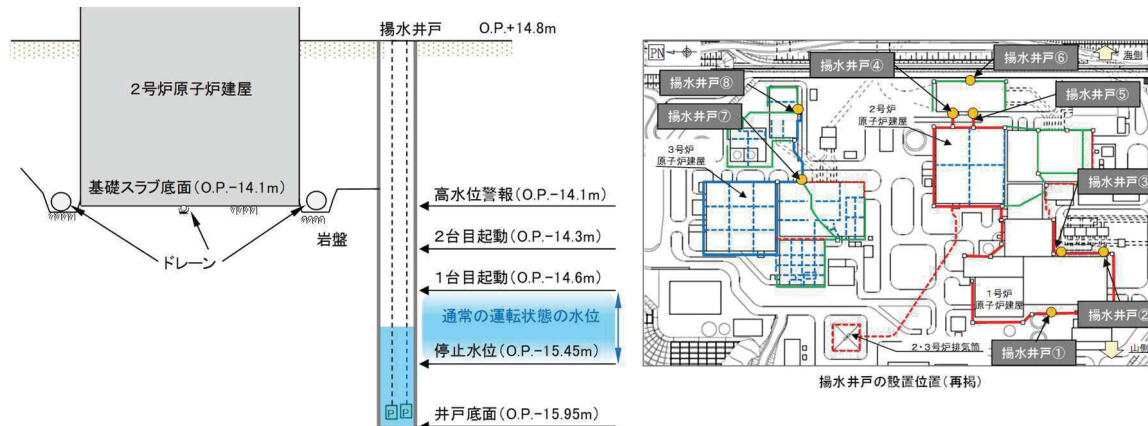
添付 1-22 図 ポンプ容量と稼働実績の関係(3号炉側地下水位低下設備の例)  
(2016年3月～2017年3月)

#### 4. 運用状況

揚水井戸毎に、原子炉建屋等に生じる揚圧力を設計値以下に抑えるために、運用上の制限水位を設け、制限水位以下を維持するよう常時は自動運転としており、揚水井戸内の地下水位は水位計により検知している。既設の揚水ポンプの運用例を添付 1-23 図に示す。

揚水井戸内の水位が上昇し警報水位を超過した際は警報を発報する。なお、運転時における警報の発報実績はない。

揚水ポンプは保守点検のルールを定め運用しており、定期的な巡視・点検を行っている他、地震後は速やかに設備点検し状況を確認することとしている。



添付 1-23 図 既設の揚水ポンプの運用 (揚水井戸④の例)

5. 保守管理の状況

既設の地下水位低下設備は、原子炉施設保安規定に基づく保全計画において点検項目・点検頻度を定め、定期的に巡視・点検を行っている他、地震後は速やかに設備点検し、状況を確認することとしている。保守管理内容を添付 1-3 表に示す。

また、揚水ポンプ、水位計、制御盤については、計画的に取替を実施している。

添付 1-3 表 既設の地下水位低下設備の保守管理内容

構成部位	点検項目*	点検内容	備考
ドレーン・接続樹	—	—	事後保全対象とし、地震後等は臨時点検を実施
揚水ポンプ	外観点検	各部の外観点検・電圧測定を行う。	自主的に約8年に1回の頻度で取替を実施
	分解点検	各部の分解点検、手入れ、補修塗装、計測、消耗品取替等を行う。	
	機能性能試験	試運転を行い、漏水の有無、表示灯の表示確認等を行う。	
配管	外観点検	配管の破損・腐食、逆止弁の破損・腐食・異物混入・磨耗、接続ボルトの緩みの状況の確認を行う。	点検結果に基づき、適宜、塗装・取替等を実施
揚水井戸	外観点検	コンクリート等の亀裂、破損、劣化の状況、堆積物の状況の確認を行う。	
水位計	外観点検	水位計の清掃、消耗品の交換及び本体の損傷、腐食等を目視で確認する。	点検結果や経過年数に基づき、適宜、補修・取替を実施
	特性点検	水位計の校正を行う。	
	機能性能試験	規定水位でのポンプ起動確認を行う。	
制御盤	特性試験	端子・ケーブル配線等の絶縁抵抗・電圧測定等を行う。	点検結果や経過年数に基づき、適宜、補修・取替を実施
	機能性能試験	表示の点灯、スイッチ類の動作確認、電流計の指示等を確認する。	

※ 分解点検は3年に1回、それ以外の点検・試験は1年に1回実施

なお、平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震直後及びその後に実施している。主要な設備の目視確認結果のうち、2号炉揚水井戸 (揚水井戸⑤) 及び周辺のドレーンの状況を添付 1-24 図に、3号炉揚水井戸 (揚水井戸⑦) 及び周辺のドレーンの状況を添付 1-25 図に示す。

目視確認の範囲では著しい損傷や断面阻害等は認められず、ドレーン及び揚水井

戸の集排水機能は維持されている。



写真A ドレーン(有孔ヒューム管Φ1,050mm)  
2018/9/18撮影



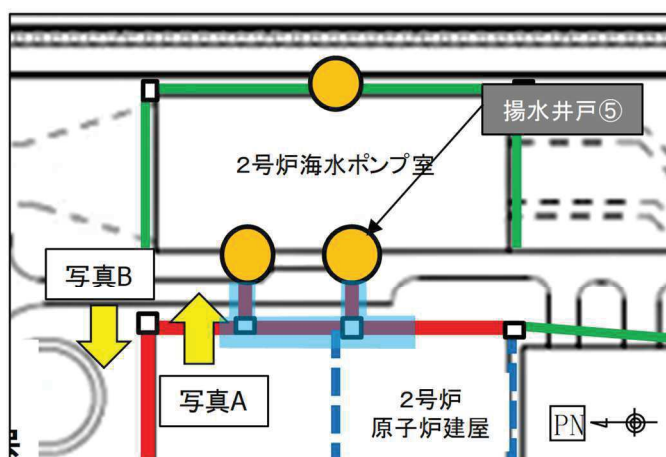
写真B ドレーン(有孔ヒューム管Φ1,050mm)  
2018/9/18撮影



写真C 揚水井戸⑤(中段部)  
2017/3/17撮影

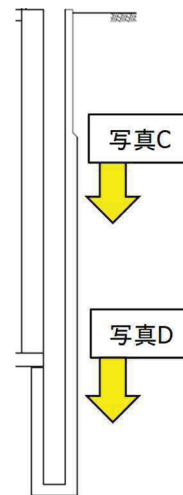


写真D 揚水井戸⑤(下段部)  
2017/3/17撮影



写真撮影位置   目視確認範囲※

※:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後に実施した目視確認の範囲



添付 1-24 図 2号炉揚水井戸(揚水井戸⑤)及び周辺ドレーンの状況



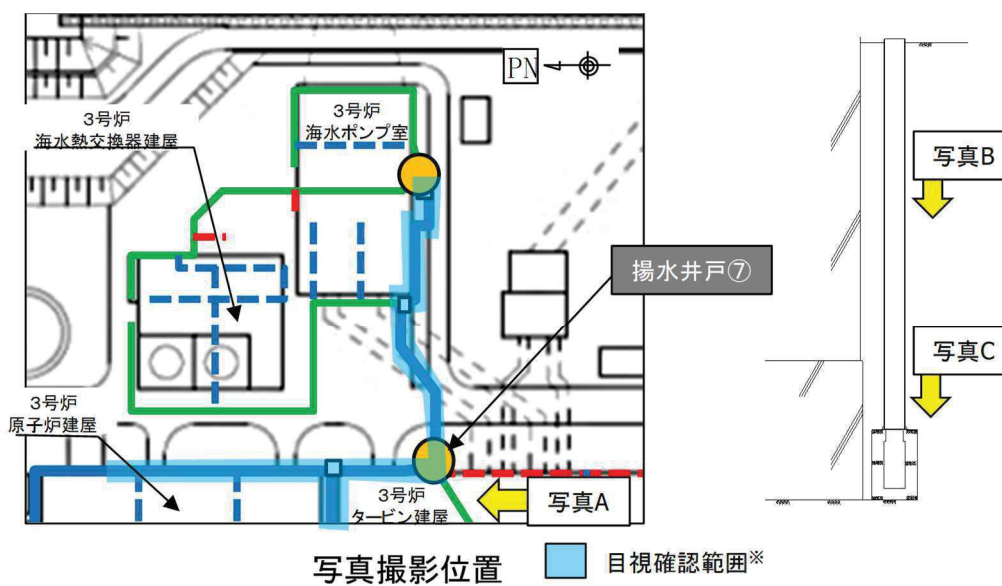
写真A ドレーン(有孔ヒューム管Φ800mm)  
2018/9/18撮影



写真B 揚水井戸⑦(中間部)  
2017/3/16撮影



写真C 揚水井戸⑦(下段部)  
2017/3/16撮影



※:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後に実施した目視確認の範囲

添付 1-25 図 2号炉揚水井戸(揚水井戸⑤)及び周辺ドレーンの状況

6. ドレーンの耐久性等

既設地下水位低下設備のうちドレーンの構成部材の耐久性等について添付 1-4 表に示す。

有孔ヒューム管の一般的な耐用年数は 50 年とされている（一般的なコンクリート構造物）。建設当時の使用前検査では湧水が腐食環境下にあるかの確認を目的に水質調査を添付 1-5 表に示すとおり実施している。これによると、地下水はやや海水成分を有しているが、腐食環境下でないことを確認している。

また、接続桝については、鉄筋かぶりは 50mm～70mm で、水セメント比は 55%で施工されている。湧水の塩素イオン濃度の最大値により、コンクリート標準示方書の塩害の照査を実施すると 50 年以上と評価される。

添付 1-4 表 ドレーン関連部材の耐久性等

構成部位	部材	材質等	設置環境	主な機能	耐久性
ドレーン	高透水性材料	砂, 碎石	・ 管(有孔ヒューム管・有孔塩ビ管)の周囲	・ 岩盤及び盛土中の地下水を管へ導水(高透水性材料自体も、透水性に応じた流下能力を有する)	・ 一般的な土質材料としての耐久性を有する
	連続長繊維不織布(タフネルシート)	ポリプロピレン	・ 管外面及び碎石と盛土材の間	・ 土粒子の管内への流入防止(集水機能に関連しない)	・ 化学的安定性と高い強度を有する ・ 地下埋設のため材料(ポリプロピレン)の主な劣化要因である紫外線が作用しないことから、今後の供用期間において劣化はないと考えられる。
	有孔ヒューム管・接続桝	鉄筋 コンクリート	・ 対象施設周囲の岩盤上	・ 対象施設周辺地盤の地下水位低下	・ 耐用年数: 50年程度(有孔ヒューム管) <sup>※1</sup> 50年以上(接続桝) <sup>※2</sup> ・ これまでの点検において異常は確認されおらず、供用環境(土被り, 気温・湿度等)は今後も変わらず安定的な状況が維持されると想定されるが、今後適切に保守管理することで機能確保を図ることとする。
	有孔塩ビ管	硬質ポリ塩化ビニル	・ 対象施設直下の岩盤内 ・ 対象施設周囲の岩盤上	・ 対象施設の揚圧力低減 ・ 対象施設周辺地盤の地下水位低下	・ 耐用年数は50年程度 <sup>※3</sup> ・ 耐食性に優れる材料 <sup>※4</sup>

※1: 全国ヒューム管協会 ( <http://www.hume-pipe.org/data/data07.pdf> )  
 ※2: コンクリート標準示方書 設計編(2012)を参照した塩害評価による  
 ※3: 塩化ビニル管・継手協会 ( <http://www.pvfa.gr.jp/02/index-a04.html> )  
 ※4: 水道施設設計指針・解説(日本水道協会)

添付 1-5 表 湧水の水質試験結果 (2号炉使用前検査資料)

分析項目	採水位置				水道水の水質基準
	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	
p H	8.1	7.2	6.9	7.2	5.8 ~ 8.6
ミネラル硬度 (mg/ℓ)	224	237	90.8	77.9	—
カルシウム硬度 (mg/ℓ)	355	285	153	365	300以下
全硬度 (mg/ℓ)	770	546	224	744	* 500以下
蒸発残留物 (mg/ℓ)	2,430	1,660	498	1,790	500以下
導電率 (μS/cm)	4,110	2,800	785	2,680	—
塩素イオン (mg/ℓ)	1,030	618	57.1	495	200以下
採水月日	3.1.10	3.1.10	3.1.10	3.1.10	—

## ドレーンの信頼性確保の検討

## 1. はじめに

集水機能を担うドレーン・接続桝は、閉塞による機能喪失リスクを考慮する必要がある。設置状況や保守管理性を踏まえ、機能を喪失する可能性のある事象を網羅的に挙げ、それらに対する対応の考え方を整理した。ドレーンの機能喪失要因と対応の考え方を添付 2-1 表に示す。

ドレーン構造（有孔管）に起因し経時的に状態が変化するモードとして土砂流入が考えられるが、ドレーンは耐久性・耐震性を確保したものを使用すること、有孔部から流入する土砂は非常に緩速に堆積することから、管の閉塞に至るリスクはない。さらに、今後予防保全対象として定期的な点検・土砂排除を行う計画とする。

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全ての事象は、設計（耐久性・耐震性の確保）ならびに保守管理により対処し機能維持することが可能である。具体的な保守管理の内容については、次頁に詳述する。

添付 2-1 表 ドレーンの機能喪失要因と対応の考え方

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
<ul style="list-style-type: none"> <li>経年劣化や地震により損壊し、断面形状を保持できなくなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐久性のある材料を採用するとともに、Ss機能維持設計とする。</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ドレーンの有効範囲以外等からの雨水流入、その他想定以上の雨水流入によりドレーンの集水能力が不足する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドレーン・接続桝の集水機能の検討にあたっては、ドレーンの有効範囲以外等からの雨水流入の可能性を考慮、また、湧水量を大きく評価するように透水係数を設定したうえで流入量を確認し、必要に応じて設計に反映する。（排水機能にも係る事項であり、ポンプ、配管設計にも反映する）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>土砂流入により閉塞又は通水断面が減少し、集・排水機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆砂実績を踏まえ、十分な余裕を有する断面を有する管径を設定するとともに、定期的な点検、土砂排除を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 有孔部（ヒューム管 φ25mm、塩ビ管 φ7mm）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※1※2に進行することから、十分な余裕を有する断面を持つことで機能喪失には至らない。</li> <li>- また、設置状況や管径に応じて、既設ドレーンにアクセスすることを目的とした保守管理用立坑を設置することにより保守管理性の向上を図る。</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤改良工事等による目詰まり等により集・排水機能を喪失する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工時の規制を行う。（施工方法の検討）</li> </ul>

※1: 有孔ヒューム管・有孔塩ビ管は、岩盤を掘り下げて設置しており、透水層が管周囲に充填される構造のため、管内への土砂供給が非常に少ない。

※2: 有孔ヒューム管の至近の目視確認結果では、設置後20年以上が経過しているが底部に僅かに堆積が確認される程度。堆積土砂はシルト相当。（添付資料1）

2. ドレーン・接続樁の機能喪失事象への信頼性確保の考え方

前頁に示すドレーン・接続樁の機能喪失事象の整理より保守管理性の重要性が抽出されたことから、ドレーンの敷設状況等を踏まえた保守管理方針を整理した。ドレーンの保守管理方針を添付 2-2 表に示す。

保守管理方針の検討においてはドレーンの構造・形状等から下記 I～III にドレーン範囲を区分し、点検内容と異常時の対応を整理した。

また、この対応を確実に実施するために、既設の接続樁又はドレーンに接続された保守管理用の立坑を新たに構築する等、保守管理性の向上策も併せて検討する。保守管理用立坑のイメージを添付 2-1 図に示す。

なお、既設の 2 号炉原子炉建屋及び 3 号炉海水熱交換器建屋基礎版下部にあるような径が φ 100 mm の有孔塩ビ管の保守管理にあたっては、添付 2-2 表のとおりカメラ等で状況の確認ができ機能喪失時の対応も可能と考えられるものの、機能喪失時の検知・修復が不確実と考えられることから、耐震性及び耐久性を有していたとしても保守管理に期待せずドレーンの機能喪失を前提とした設計（管路ではなく透水層）とする方針とする。

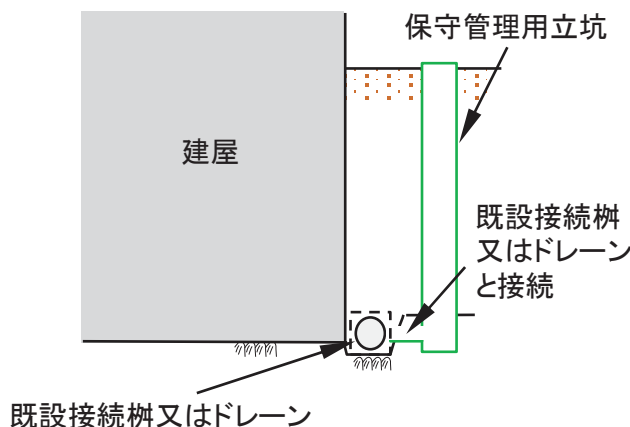
添付 2-2 表 ドレーンの保守管理方針

区分	構成部位(例)		ドレーンの点検内容		異常時の対応	
	有孔ヒューム管・接続樁	有孔塩ビ管	手段	点検対象と確認内容		
I	全域立入可能	φ 800mm(全範囲), φ 1,050mm(全範囲)	—	・目視	・詳細調査を行い、必要な対策を実施する。	
II	カメラ等により部分的に確認可能	φ 500mm (流末部)	φ 100mm { 2号炉R/B直下 3号炉Hx/B直下 }	・カメラ等		・損傷等の有無, 土砂堆積状況等から, 通水断面が保持されていることを確認する。
III	流末部 <sup>※1</sup> の断面の確認及びトレーサー試験等により確認可能	φ 500mm (流末部以外)		—	・流末部の断面を II により確認 <sup>※2</sup> ・トレーサー試験等	・II より通水断面が保持されていることを確認する。 ・トレーサー試験等により通水経路の連続性が保持されていることを確認する。

※1: 流末部とは、同径の管の最下流部を表す。(有孔ヒューム管(φ 500mm)は立入りができないが、最下流部の接続樁を介して φ 800mm・φ 1,050mmの有孔ヒューム管と合しているため、最下流部周辺は目視・カメラ等による確認が可能である)

※2: 以下に示す理由から、ドレーンは一定の品質が確保され、供用環境も同様と考えられるため、通常時は流末部で外観点検を行うことで異常等の検知が可能である。  
 a. 施工方法・仕様の共通性: ドレーンは同時期に同一施工体制のもと設置されており、開削により露出した岩盤上に同様の施工管理基準のもと設置されている。  
 b. 建設時記録の信頼性: ドレーンは同時期に同一施工体制のもと設置されており、施工記録等により設置時の情報を確認できる。  
 c. 耐久性・耐震性(Ss機能維持)が確保されている。  
 d. 安定的な供用環境にある。(岩着構造、外力(土被り)の変動が小さい、地下空間のため紫外線等の劣化要因が少ない、流入する地下水に有害な物質が含まれない等)  
 e. 流末部は土被りが最大(作用荷重最大)であり、設計上最も厳しい部位である。



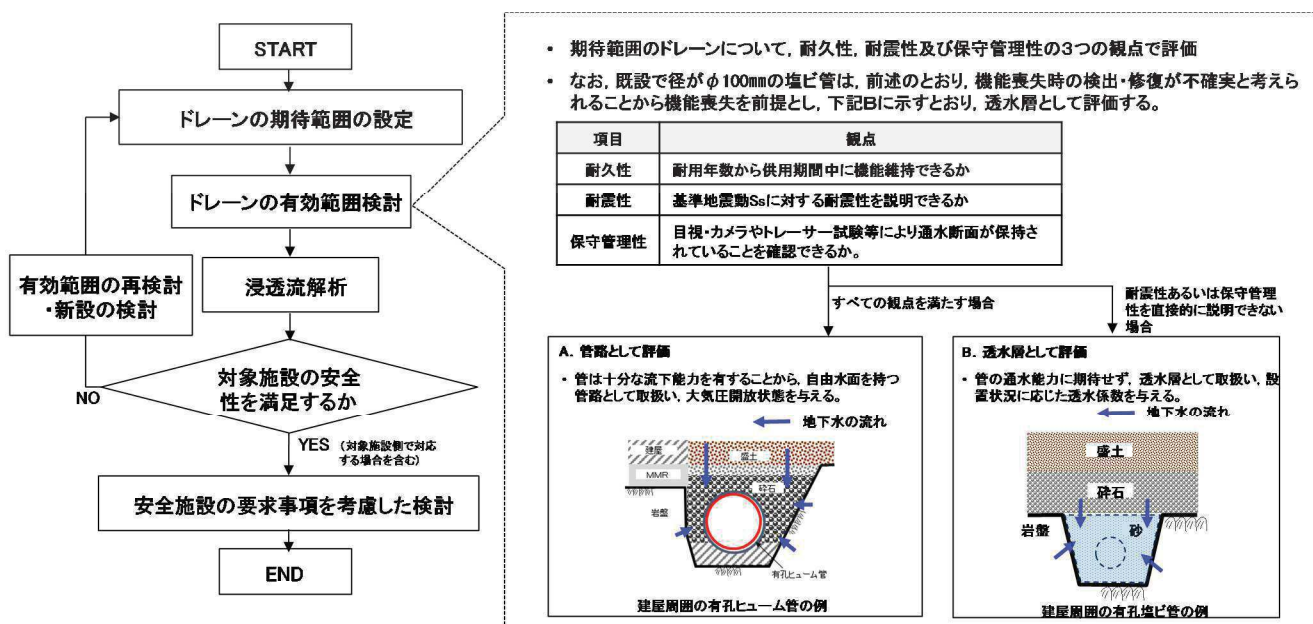


添付 2-1 図 保守管理用立坑のイメージ

### 3. 集水機能の信頼性の検討

設計用地下水位の算定（浸透流解析）に用いるドレーンの有効範囲は、添付 2-2 図に示すフローに従い設定することで信頼性を確保する。有効範囲設定の考え方は以下のとおりである。

- 対象施設の配置等を勘案し、既設ドレーンの期待範囲を設定する。前頁のドレーンの機能喪失要因と対応の整理から抽出された耐久性、耐震性及び保守管理性の3つの観点から、すべてを満足するものは管路として、それ以外は透水層（地盤）に分類する。
- 浸透流解析を踏まえ、対象施設の安全性を確認し、必要な範囲に新設（ドレーン又は揚水井戸）を検討する。
- また、クラス1相当の信頼性を確保する観点から、安全施設の要求事項（多重性又は多様性及び独立性等）に配慮した設備構成とする。



添付 2-2 図 集水機能の検討フロー

上記の考え方から、ドレーンの状態に対応したパターンと各観点の評価の見通し、並びに浸透流解析上の取扱いについて整理した。ドレーンの状態に対応したパターンと浸透流解析上の取扱いを添付 2-3 図に示す。

分類	ドレーンの状態	該当箇所 の例	各観点に対する評価		
			耐久性	耐震性	保守管理性
A-1		有孔ヒューム管	○	○	○
A-2	(新設する場合)		○	○	○
B-1		有孔塩ビ管	○	(○)	(-)
B-2		有孔塩ビ管	○	(△)	(-)
C-1		有孔塩ビ管 (2・3号炉排気筒周辺)	○	×	×
C-2	(期待しない)	有孔塩ビ管 (3号炉T/B直下)	—	—	—

分類※3	浸透流解析上の取扱い	
	図	取扱い
A 管路	A-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>管の耐久性及び耐震性が確保され、構造を確認できることから、大気圧開放状態とする。</li> </ul>
	A-2	
B 透水層	B-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>岩盤と躯体に囲まれた範囲は保持されるが、直接的な構造確認できないため、透水層として考慮し、この状況に応じた透水係数を設定する。(透水係数は管内空相当の空隙が残ることを考慮し設定)</li> <li>ただし、A管路と判断されたドレーンでも、クラス1相当の信頼性確保のため多重化が必要なドレーン以外はB-1として扱う。</li> </ul>
	B-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>管の内空保持が期待できないが、周辺の岩盤形状は保持され、高透水性材料及び75ト断から流入する砕石を透水層として考慮し、この状況に応じた透水係数を設定する。</li> </ul>
C 周辺の地盤	C-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドレーンとして期待せず、周辺の地盤相当として取扱う。</li> </ul>
	C-2	非考慮

■ 耐震性を確保する範囲  
□ 透水層として扱う範囲

○ 各観点の要求事項を満足する。 △ 各観点の要求事項を部分的に満足する。  
× 各観点の要求事項を満足しない。 — 要求事項なし。

※1 下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-による  
※2 コンクリート標準示方書(構造性能照査編)(2002)による

※3 浸透流解析上、A(管路)に区分するドレーンは施設、B(透水層)及びC(周辺の地盤)に区分するドレーンは地盤として取扱う。

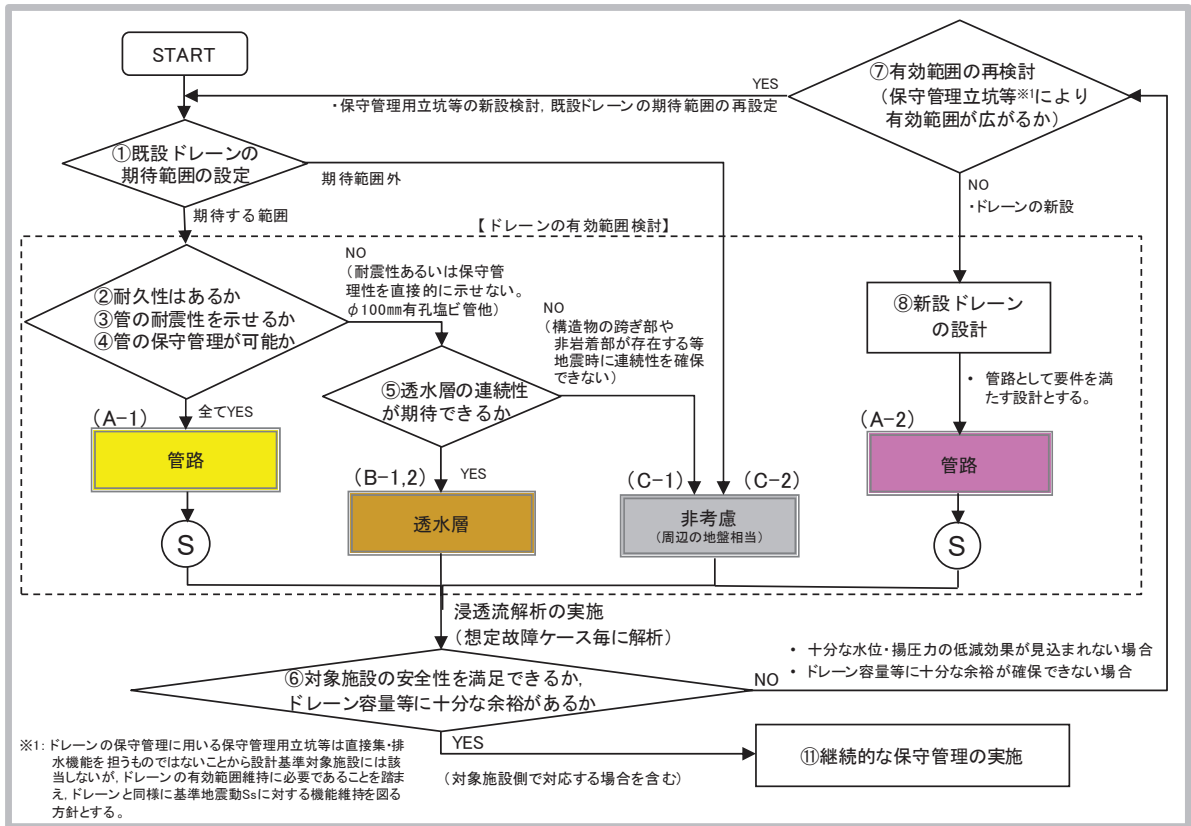
添付 2-3 図 ドレーンの状態に対応したパターンと浸透流解析上の取扱い

設計用地下水位の設定においては、既設ドレーンの期待範囲を検討の上、安全施設の要求事項について検討する。この期待範囲は集水経路としての役割を有する接続桝・揚水井戸についても同様の考え方で信頼性を確認する。

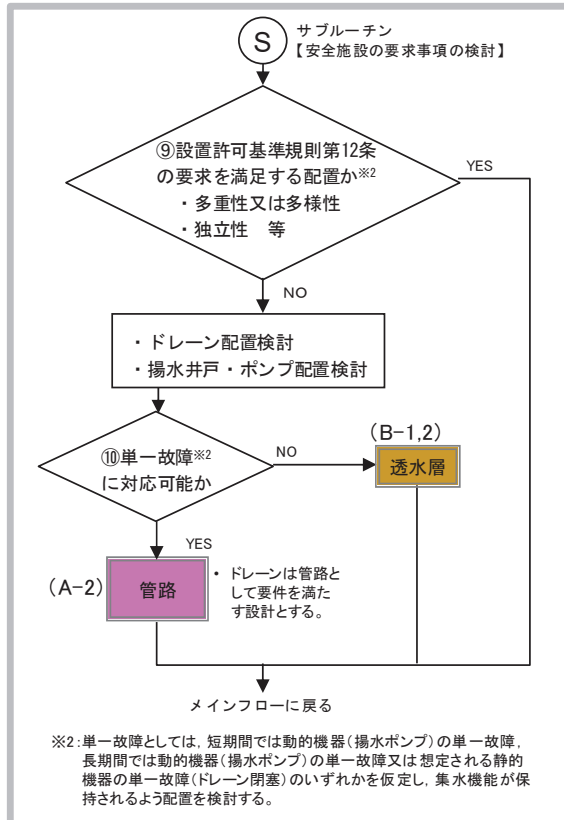
安全施設の要求事項についての検討においては、ドレーンの設置状況等に応じて、多重性又は多様性及び独立性を確保する揚水ポンプ、揚水井戸の配置を検討する。

これらを踏まえて設定した集水機能の信頼性の詳細検討フローを添付 2-4 図に示す。

【構造物等の安全性を満足するドレーン範囲の検討】



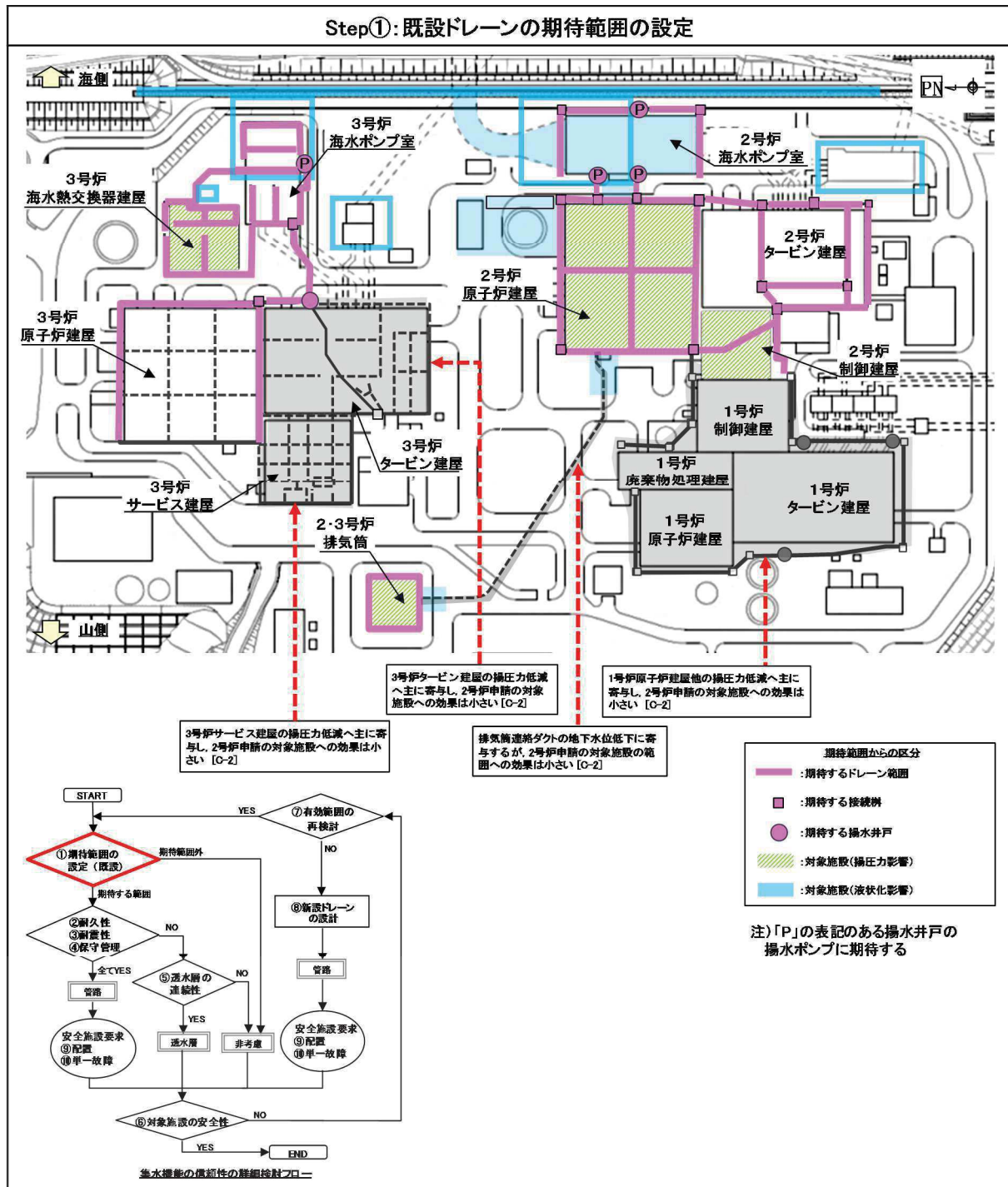
【安全施設の要求事項を考慮した検討】



添付 2-4 図 集水機能の信頼性の詳細検討フロー

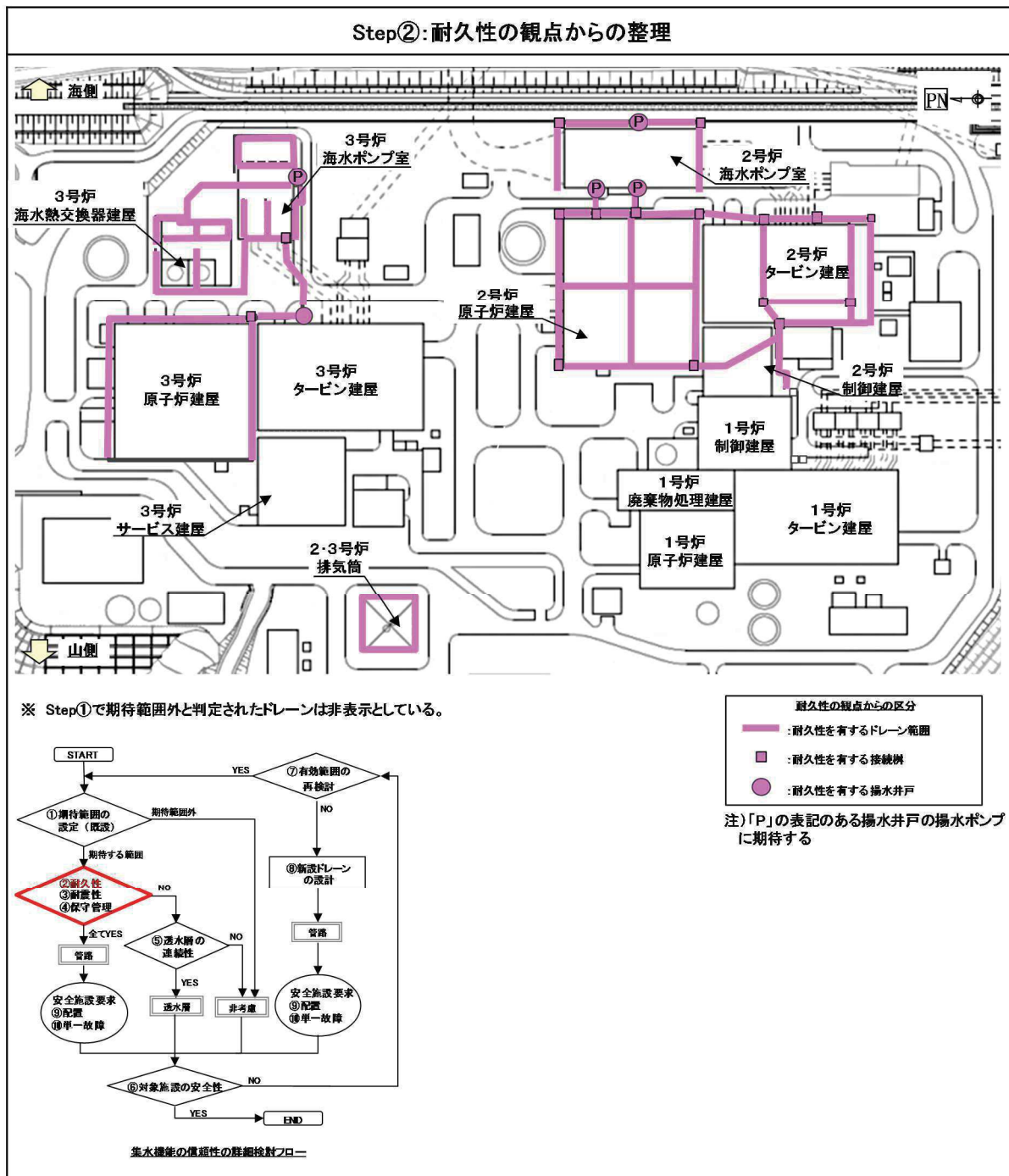
次に、集水機能の信頼性の詳細検討フローに基づく各プロセスの検討内容を、揚圧力影響（設置許可基準規則第4条）を対象とした場合における一例として整理した結果を示す。

まず、「①既設ドレーンの期待範囲の設定」として、2号炉申請段階において、対象施設の揚圧力保持のため寄与が大きいと考えられる既設ドレーン範囲を抽出した。既設ドレーンの期待範囲を添付 2-5 図に示す。



添付 2-5 図 既設ドレーンの期待範囲の設定 (Step①)

続いて、「②耐久性」の観点からはすべてのドレーン（有孔ヒューム管・有孔塩ビ管）が有効と判断される。耐久性に関する確認結果は添付資料 2 に示すとおりである。耐久性の観点からの整理結果を添付 2-6 図に示す。

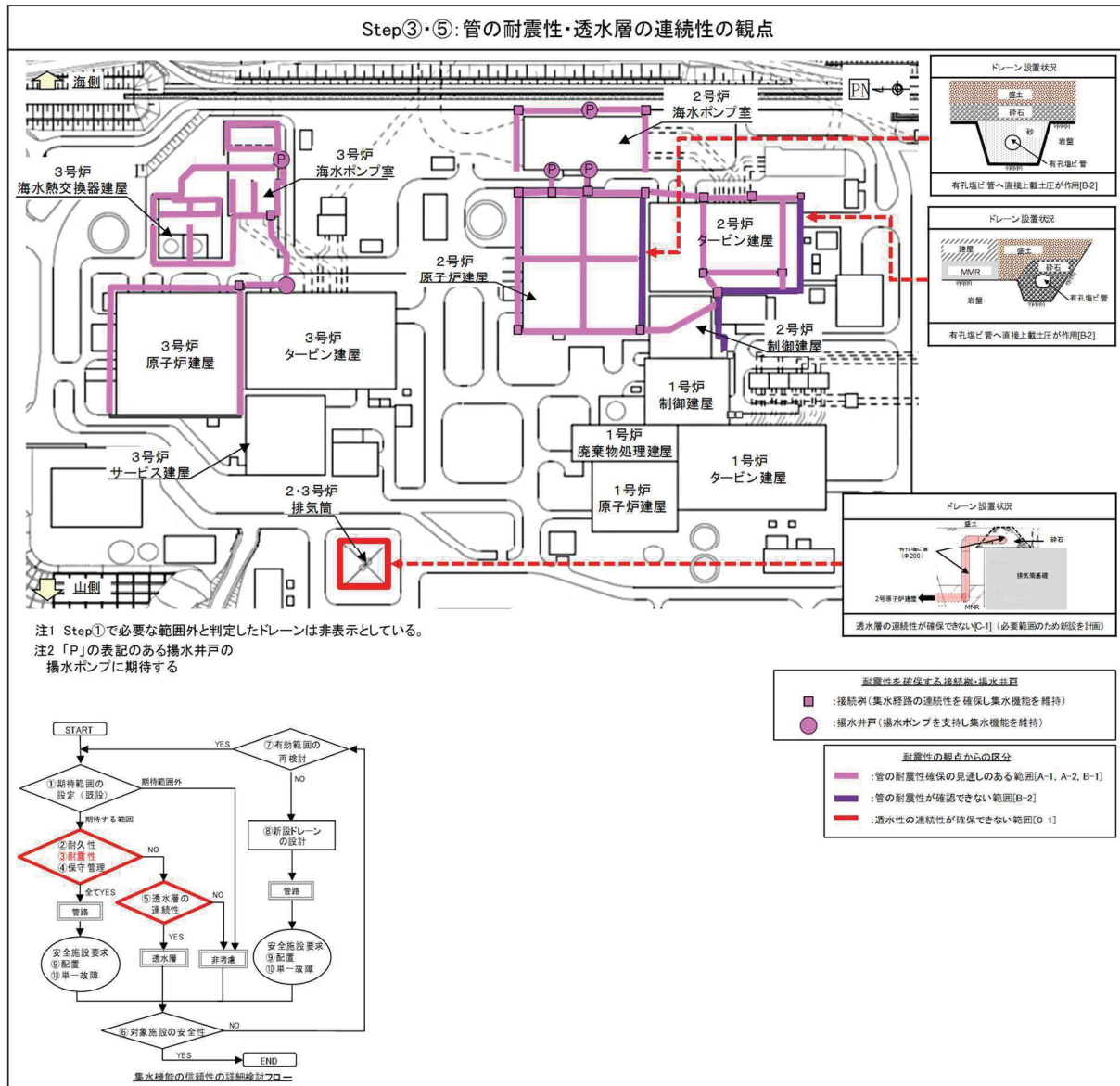


添付 2-6 図 耐久性の観点からの整理結果 (Step②)

「③・⑤耐震性・透水層の連続性」の観点からは、盛土荷重が直接作用する一部の塩ビ管を除き、現状構造でS s 機能維持を確保できる見通しである。

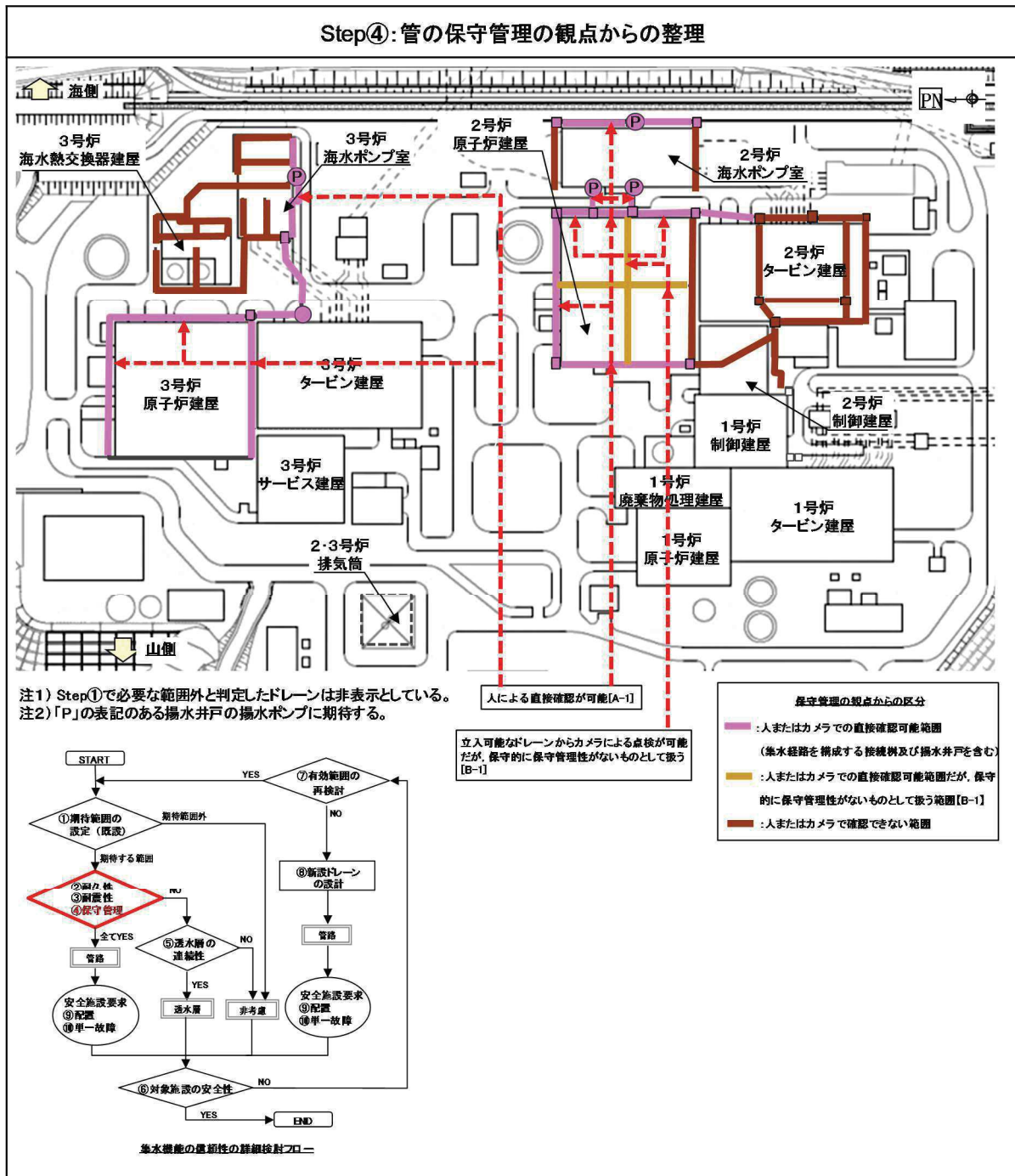
なお、耐震性の確認結果は工事計画認可段階での提示予定とする。

管の耐震性・透水層の連続性の観点からの整理結果を添付 2-7 図に示す。



添付 2-7 図 管の耐震性・透水層の連続性の観点からの整理結果 (Step③・⑤)

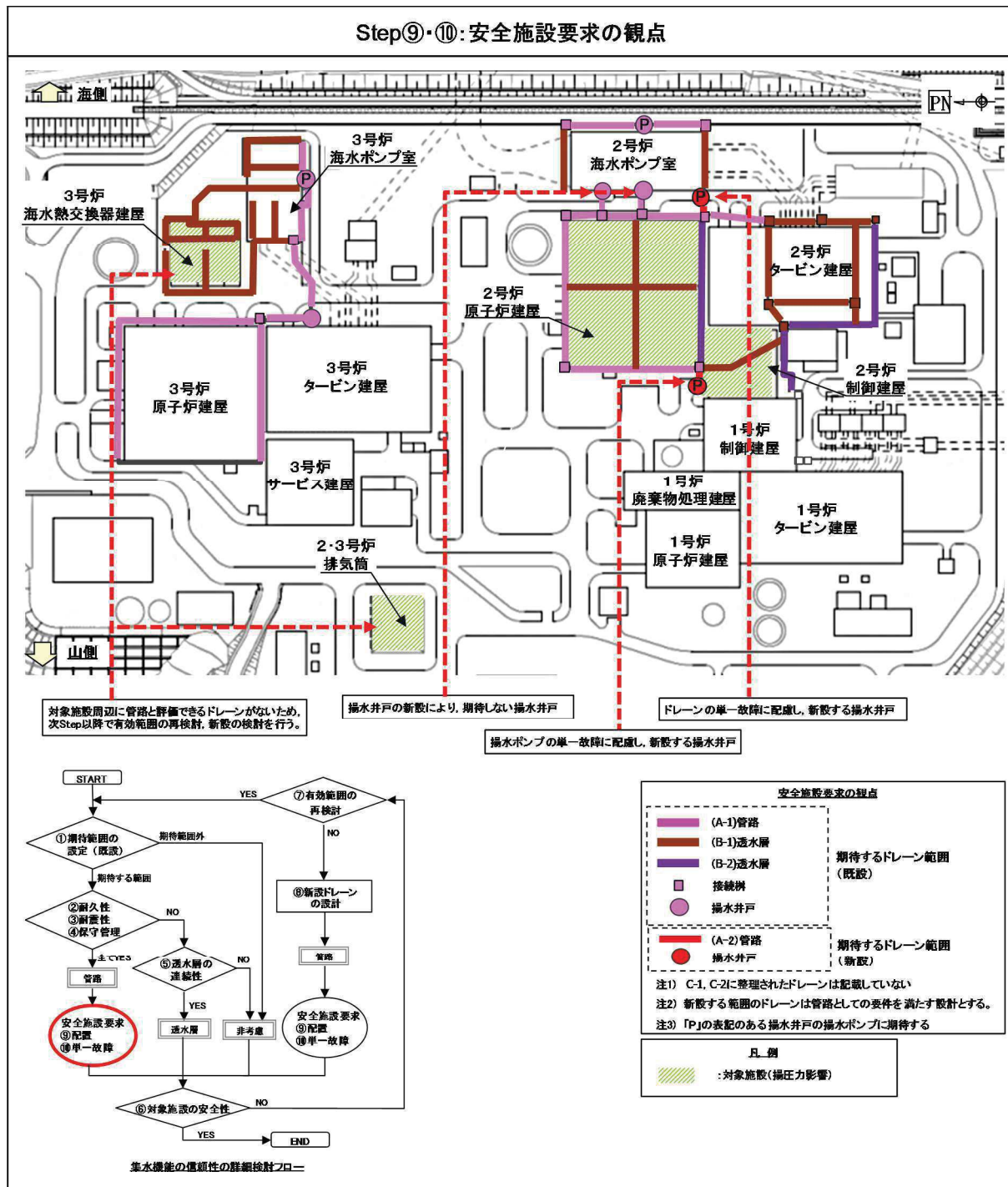
「④管の保守管理」の観点からの有効範囲は添付 2-8 図のとおり整理される。



添付 2-8 図 管の保守管理の観点からの整理結果 (Step④)

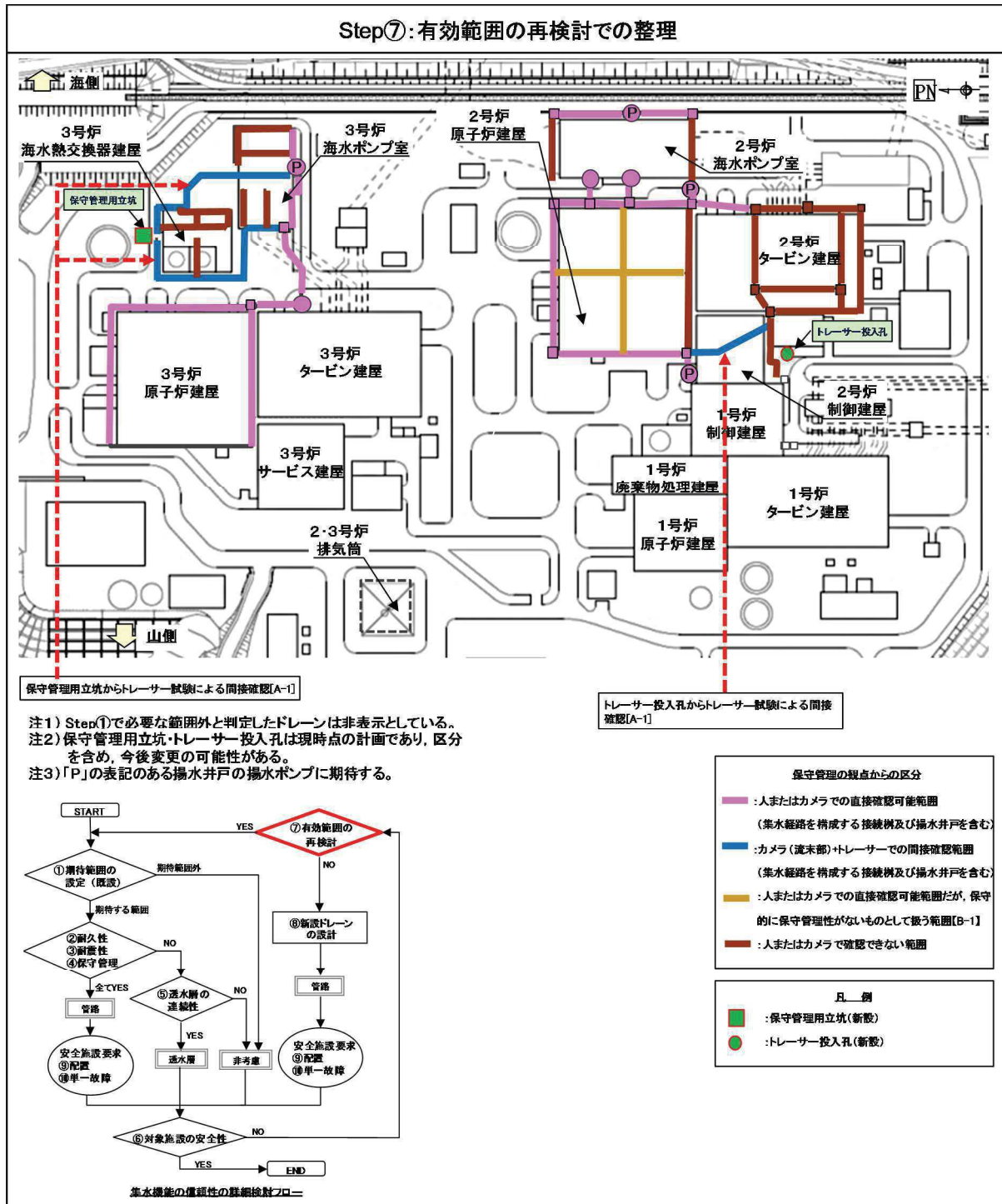


揚圧力影響（設置許可基準規則第 4 条）に関する安全施設要求の観点から、2号炉原子炉建屋において、揚水井戸の新設が必要と整理される。安全施設要求の観点からの整理結果を添付 2-9 図に示す。



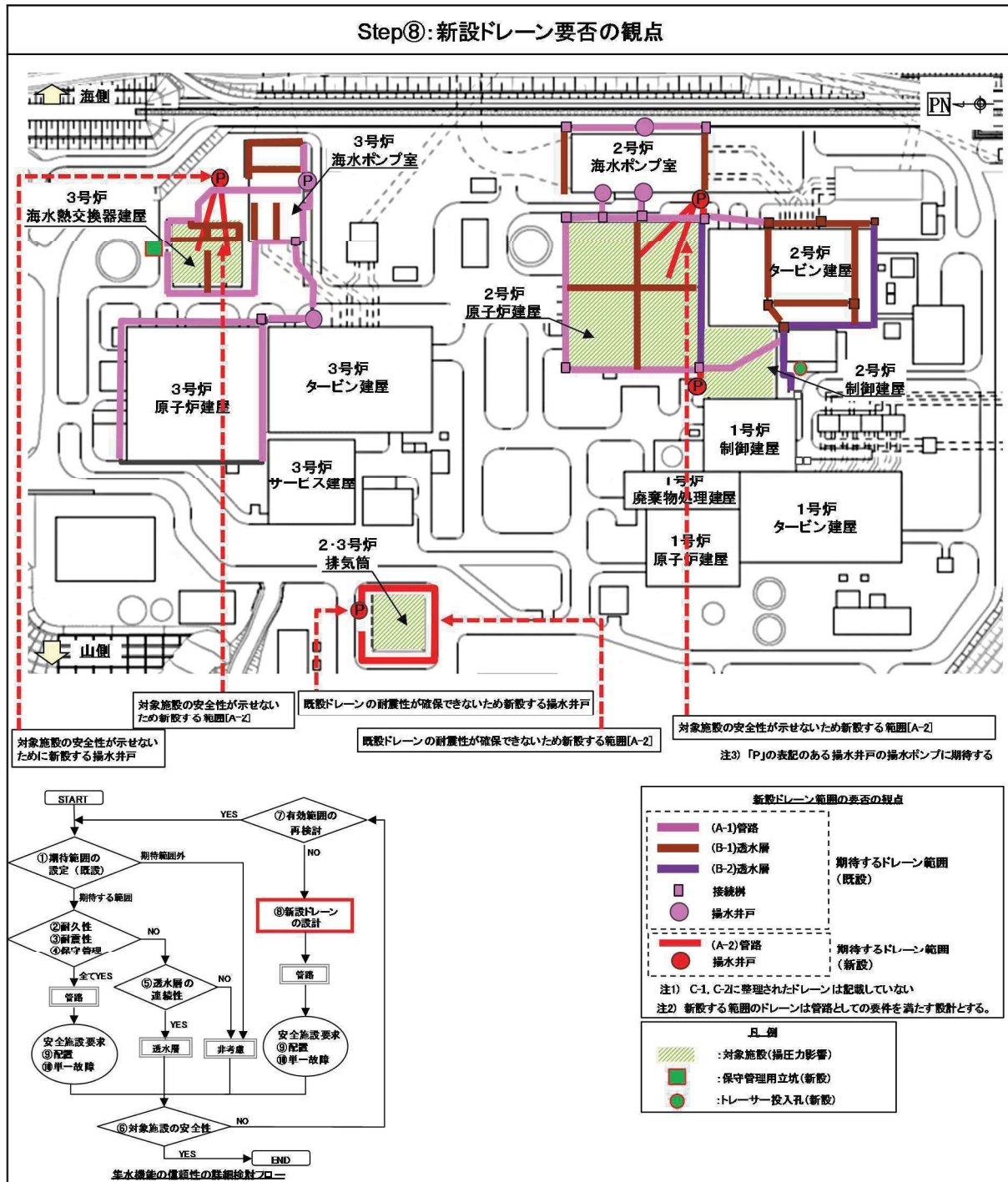
添付 2-9 図 安全施設要求の観点からの整理結果

「⑦ 有効範囲の再検討」において、対象施設の安全性を満足できない範囲について、保守管理立坑等の追加により保守管理範囲を拡大し、ドレーンの有効範囲の再検討を行う。添付 2-10 図に示す有効範囲の再検討での整理結果は、3号炉海水熱交換器建屋及び2号炉制御建屋について、有効範囲の拡大を目的として、保守管理立坑等を追加した例であり、今後の点検実績の反映等により変更の可能性はある。



添付 2-10 図 有効範囲の再検討での整理結果 (Step⑦)

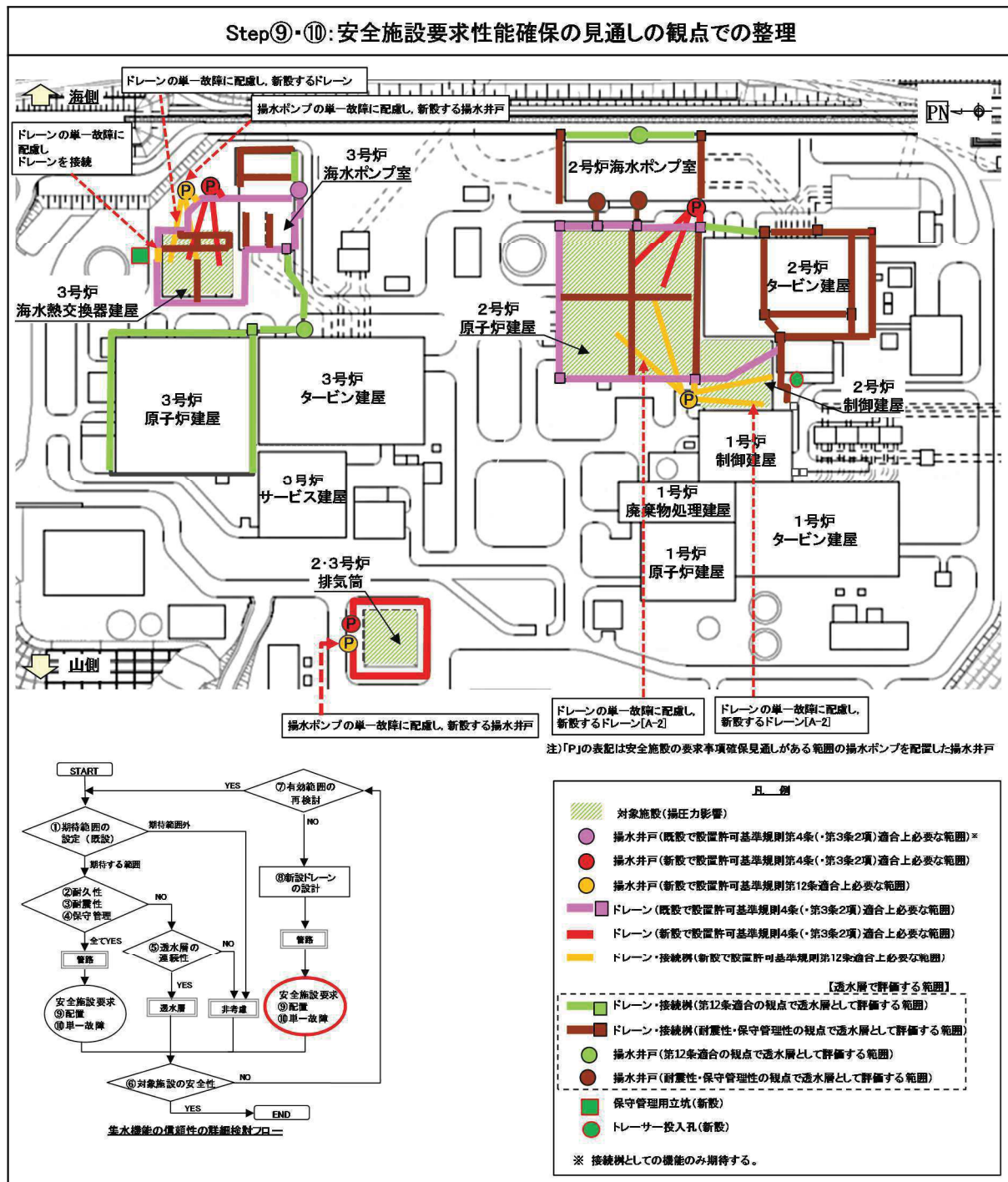
「⑧新設ドレーンの要否」の観点から、対象施設近傍の既設ドレーンに期待できない排気筒周辺や、対象施設直下の既設ドレーンに期待できない2号炉原子炉建屋や3号炉海水熱交換器建屋において、新設が必要と整理される。新設ドレーン要否の観点からの整理結果を添付 2-11 図に示す。



添付 2-11 図 新設ドレーン要否の観点からの整理結果 (Step⑧)

添付 2-11 図までで整理したドレーン範囲のうち、安全施設の要求性能確保の見通しの観点での整理結果を添付 2-12 図に示す。

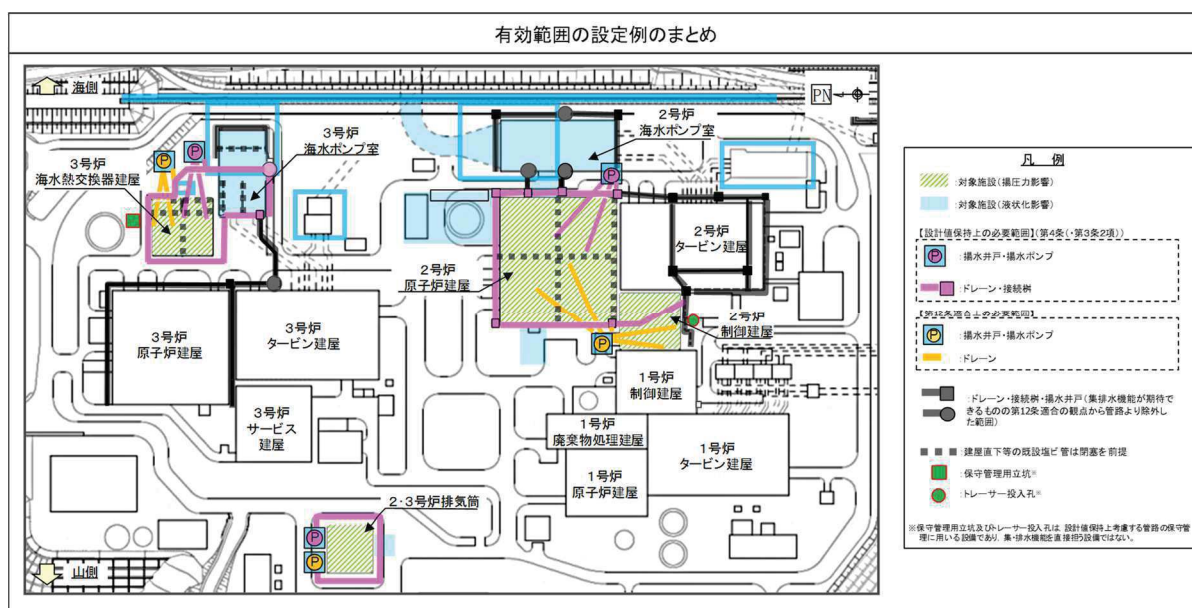
安全施設の要求性能の確保にあたっては、「2. 安全施設への要求事項を参照した設備構成の検討」に示すとおり短期・長期の単一故障を想定し多重性及び多様性及び独立性を確保するため、揚水ポンプの多重化やドレーン・揚水井戸の配置上の配慮が必要となる。



添付 2-12 図 安全施設要求性能確保の見通しの観点での整理

集水機能の信頼性の詳細検討フローに基づく有効範囲の設定例のまとめを添付 2-13 図に示す。添付 2-13 図はこれまでに整理したドレーンの有効範囲の設定例をまとめたものであり、規則第 4 条（・第 3 条 2 項）及び規則第 12 条の要求を考慮した設備構成例である。

揚圧力影響（設置許可基準規則 4 条）に着目した対象施設（2 号炉原子炉建屋、2 号炉制御建屋、2・3 号炉排気筒、3 号炉海水熱交換器建屋）に対し、条文適合上必要な集・排水機能の範囲は、設計値保持のため必要な範囲（■）と、設置許可基準規則第 12 条の要求に対応する範囲（■）にて構成される。なお、ドレーンとしての集水機能が期待できるものの、第 12 条適合の観点から管路より除外した範囲（■）については透水層として取扱う。



添付 2-13 図 設置許可基準規則第 4 条（・第 3 条 2 項）及び第 12 条要求を考慮した地下水位低下設備の構成例

## 設置許可段階及び工事計画認可以降の提示内容

## 1. 設置許可及び工事計画認可段階における提示内容

地下水位の設定の考え方並びに地下水位低下設備の位置付けについて、設置許可段階及び工認段階における提示内容を以下のとおり整理した。

- 設置変更許可段階では、設計条件としての地下水位を保持する方針とし、地下水位を保持するために地下水位低下設備を設計基準対象施設として位置付け、その機能を考慮することを説明する。また、地下水位低下設備の機能を保持するために設計上の配慮を行う方針を説明する。
- 工事計画認可段階では、設計基準対象施設と位置付けた地下水位低下設備の基準適合性を説明する。

上記の考え方を踏まえた設置許可及び工事計画認可段階における提示内容（案）を以下に示す。

## (1) 設置許可認可段階における提示内容（案）

【地下水位低下設備<sup>※1</sup>】

- 設計条件としての地下水位を保持し、設置許可基準規則第3条、第4条、第5条、第38条、第39条、第40条及び第43条へ適合するため、設計基準対象施設として位置付け、この機能を考慮する。
- 設計上の配慮を行う（S s機能維持、非常用電源接続、多重化等）。

※1：本文、添付書類六（地盤）及び添付書類八（耐震設計、その他発電用原子炉の附属施設）に記載

## (2) 工事計画認可段階における提示内容（案）

## 【地下水位低下設備】

- 基本設計方針（技術基準規則<sup>※2</sup>第4条、第5条<sup>※3</sup>、第6条、第49条、第50条<sup>※3</sup>、第51条及び第54条）に設計上の配慮を位置付け、基準適合性を示す耐震計算書<sup>※4</sup>を添付（地下水位の設定方法を含む）する。

※2：実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則

※3：技術基準規則第4条（地盤）への適合性について、第5条・第50条（耐震）にて確認

※4：揚水井戸・ドレインについては、設置許可基準規則3条に対応した地盤の支持性能に係る確認結果を併せて記載

2. 発電用原子炉設置変更許可申請書への記載方針及び記載案

(1) 発電用原子炉設置変更許可申請書への記載方針

発電用原子炉設置変更許可申請書本文及び添付書類における記載方針を以下に示す。

**本文**

五. 発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

「発電用原子炉施設の機能の保持にあたり，発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために，地下水位低下設備を設置する」旨を記載する。

## 添付書類六

### 3. 地盤

3.2 発電用原子炉設置許可変更許可申請(平成 25 年 12 月 27 日申請)に係る地盤

3.2.6 地質・地質構造及び地盤の調査結果の評価

3.2.6.1 原子炉施設設置位置付近の地盤の安定性評価

3.2.6.1. ● 耐震重要施設の基礎地盤<sup>\*</sup>の安定性評価

(●) 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

● 解析条件

(●) 地下水位

「解析用地下水位は、原子炉建屋においては構造物基礎版中央とし、原子炉建屋以外においては地表面に設定する」旨を記載する。

(●) 周辺地盤の変状による施設への影響評価

「液状化影響の検討に当っては、設計用地下水位の設定において、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮する方針とする」とともに、「耐震重要施設は、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、その機能が損なわれないよう、所要の対策を講じる方針とする」旨を記載する。

3.2.6.1. ● 常設重大事故等対処施設の基礎地盤<sup>\*</sup>の安定性評価

(●) 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

● 解析条件

(●) 地下水位

「解析用地下水位は地表面に設定する」旨を記載する。

(●) 周辺地盤の変状による施設への影響評価

(耐震重要施設と同様とする。)

※：周辺斜面については、耐震重要施設・常設重大事故等対処施設いずれも該当する周辺斜面が存在しないため記載不要。



## 添付書類八

### 1. 安全設計

#### 1.3 耐震設計

##### 1.3.2 発電用原子炉設置許可変更許可申請(平成 25 年 12 月 27 日申請)以降の耐震設計

###### 1.3.2.1 設計基準対象施設

###### (1) 耐震設計の基本方針

「設計基準対象施設は、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮して設計を行う」旨を記載する。

また、「液状化影響の検討に当っては、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮した設計用地下水位を設定する」とともに、「耐震重要施設は、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、その機能が損なわれないよう、所要の対策を講じる」旨を記載する。

###### (2) 耐震重要度分類

「クラス分類表に地下水位低下設備を記載（Cクラス（Ss 機能維持する設計））」旨を記載する。

##### 1.6 「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（平成 25 年 6 月 19 日制定）」への適合

###### 第三十九条（地震による損傷の防止）

###### 適合のための設計方針

###### ●. 設計方針

「重大事故等対処施設は、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮して、設計を行う」旨を記載する。

また、「液状化影響の検討に当っては、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮した設計用地下水位を設定する」とともに、「重大事故等対処施設は、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、その機能が損なわれないよう、所要の対策を講じる」旨を記載する。

なお、「高台エリア（O. P. +62.0m 盤周辺）に設置する重大事故等対処施設は、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置した地下水位低下設備の機能に期待せず、観測記録に基づく水位または地表面に地下水位を設定する」旨を記載する。

## 第四十三条（重大事故等対処設備）

## 適合のための設計方針

## （●）操作性及び試験・検査性

## ●．操作性の確保

## （●）発電所内の屋外道路及び屋内通路の確保（第3項第六号）

「屋外アクセスルートの地震による影響の想定においては、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮する」旨を記載する。

## ●．その他発電用原子炉の附属施設

## ●．● 地下水位低下設備

「地下水位低下設備は、ドレーン、揚水井戸及び揚水ポンプ等で構成され、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定の範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する。」旨を記載する。

なお、「地下水位低下設備は、基準地震動に対して機能維持する設計とし、重要安全施設相当の配慮として、多重性又は多様性及び独立性を確保すること、並びに「電源については、外部電源の喪失に配慮し、非常用電源からの供給が可能な設計とする。また、全交流動力電源の喪失に配慮し、常設代替交流電源からの供給が可能な設計とする。」、「予備品を用いた補修又は可搬型設備を用いた機動的な復旧対応が可能となるよう、資機材の配備及び手順の整備を行う」旨を記載する。

## 添付書類十

## 4. 重大事故に至るおそれがある事故又は重大事故

## 4.1 重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力

## 4.1.4 重大事故等対処設備に係る事項

## （●）アクセスルートの確保

「屋外アクセスルートの地震による影響の想定においては、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮する」旨を記載する。

(2) 発電用原子炉設置変更許可申請書への記載案

発電用原子炉設置変更許可申請書本文及び添付書類における記載案を以下に示す。

a. 本文の記載案

五. 発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

「発電用原子炉施設の機能の保持にあたり，発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために，施設下部周辺に地下水位低下設備を設置する。」

## b. 添付書類六の記載案

## 3. 地盤

## 3.2 発電用原子炉設置許可変更許可申請(平成 25 年 12 月 27 日申請)に係る地盤

## 3.2.6 地質・地質構造及び地盤の調査結果の評価

## 3.2.6.1 原子炉建屋基礎地盤等の安定性評価

## 3.2.6.1. ● 耐震重要施設の基礎地盤の安定性評価

## (●) 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

## ●. 解析条件

## (●) 地下水位

「原子炉建屋基礎地盤のうち原子炉建屋の地下水位は基礎版中央とし、タービン建屋及び周辺地盤の地下水位は地表面とする。」

## (●) 周辺地盤の変状による施設への影響評価

「液状化影響の検討に当っては、設計用地下水位の設定において、揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮する方針とする。また、耐震重要施設は、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、施設の機能が損なわれないよう、所要の対策を講じる方針とする」

## 3.2.6.1. ● 常設重大事故等対処施設の基礎地盤等の安定性評価

## (●) 地震力に対する基礎地盤の安定性評価

## ●. 解析条件

## (●) 地下水位

「解析用地下水位は地表面とする。」

## (●) 周辺地盤の変状による施設への影響評価

「「3.2.6.1. ● (●) 周辺地盤の変状による施設への影響評価」の記載に同じ。」

c. 添付書類八の記載案

1. 安全設計

1.3 耐震設計

1.3.2 発電用原子炉設置許可変更許可申請(平成 25 年 12 月 27 日申請)以降の耐震設計

1.3.2.1 設計基準対象施設

(1) 耐震設計の基本方針

「設計基準対象施設は、発電用原子炉施設の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮して、施設の機能が保持できるよう設計する。  
 また、液状化影響の検討に当っては、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮した設計用地下水位を設定するとともに、耐震重要施設は、周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも、施設の機能が損なわれないよう所要の対策を講じる。」

(2) 耐震重要度分類

第 156 回審査会合 (H31.4.16) 資料 1-1-8 P.4 条-39 再掲

耐震重要度分類	機能別分類	主要設備 注1)		補助設備 注2)		直接支持構造物 注3)		間接支持構造物 注4)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用地震動注6)
Cクラス	(i)原子炉の反応度を抑制するための施設で耐震Sクラス及びBクラスに属さない施設	・原子炉再循環流量制御装置 ・制御棒駆動水圧系(Sクラス及びBクラスに属さない部分)	C C	—	—	・機器・配管, 電気計装設備等の支持構造物	C	・原子炉建屋 ・制御建屋	S <sub>c</sub> S <sub>c</sub>
	(ii)放射性物質を内蔵しているか、又はこれに関連した施設で耐震S及びBクラスに属さない施設	・試料採取系 ・固化装置より下流の固体廃棄物取扱い設備(貯蔵庫を含む) ・雑固体系 ・新燃料貯蔵設備 ・その他	C C C C C	—	—	・機器・配管等の支持構造物	C	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・焼却炉建屋 ・サイトバンカ建屋	S <sub>c</sub> S <sub>c</sub> S <sub>c</sub> S <sub>c</sub>
	(iii)放射線安全に関係しない施設等	・地下水位低下設備	C 注1 1)	・電気計装設備	C 注1 1)	・機器・配管, 電気計装設備等の支持構造物	C 注1 1)	・原子炉建屋 ・制御建屋 ・当該施設に係る屋外コンクリート構造物	S <sub>s</sub> S <sub>s</sub> S <sub>s</sub>
		・循環水系 ・タービン補機冷却系 ・補助ボイラ ・消火系 ・開閉所, 発電機, 変圧器 ・換気空調系(Sクラスの換気空調系以外のもの) ・タービン建屋クレーン ・圧縮空気系 ・その他	C C C C C C C C	—	—	・機器・配管, 電気計装設備等の支持構造物	C	・原子炉建屋 ・海水ポンプ室 ・タービン建屋 ・制御建屋 ・当該施設に係る屋外コンクリート構造物	S <sub>c</sub> S <sub>c</sub> S <sub>c</sub> S <sub>c</sub> S <sub>c</sub>

注 1 1) Cクラスではあるが、基準地震動S<sub>s</sub>に対し機能維持することを確認する。

1.6 「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（平成 25 年 6 月 19 日制定）」への適合

第三十九条（地震による損傷の防止）

適合のための設計方針

●. 設計方針

「重大事故等対処施設は，発電用原子炉施設の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮して，施設の機能が保持できるよう設計する。」

また，液状化影響の検討に当っては，発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮した設計用地下水位を設定するとともに，重大事故等対処施設は，周辺地盤の液状化による地盤変状を考慮した場合でも，施設の機能が損なわれないよう所要の対策を講じる。」

なお，高台エリア（O.P. +62.0m 盤周辺）に設置する重大事故等対処施設は，発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置した地下水位低下設備の機能に期待せず，観測記録に基づく水位または地表面に地下水位を設定し，施設の機能が保持できるよう設計する。」

第四十三条（重大事故等対処設備）

適合のための設計方針

（●）操作性及び試験・検査性

●. 操作性の確保

（●）発電所内の屋外道路及び屋内通路の確保（第 3 項第六号）

「屋外アクセスルート地震による影響の想定においては，発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮し設計する。」

●. その他発電用原子炉の附属施設

●. ●地下水位低下設備

「地下水位低下設備は，ドレーン，揚水井戸及び揚水ポンプ等で構成され，発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定の範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する。」

また，地下水位低下設備は，基準地震動に対して機能維持する設計とし，重要安全施設相当の配慮として，多重性又は多様性及び独立性を確保する設計とする。」

電源については、外部電源の喪失に配慮し、非常用電源からの供給が可能な設計とするとともに、全交流動力電源の喪失に配慮し、常設代替交流電源からの供給が可能な設計とする。

また、予備品を用いた補修又は可搬型設備を用いた機動的な復旧対応が可能となるよう、資機材の配備及び手順の整備を行う。」

d. 添付書類十の記載案

4. 重大事故に至るおそれがある事故又は重大事故

4.1 重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力

4.1.4 重大事故等対処設備に係る事項

(●) アクセスルートの確保

「屋外アクセスルートの地震による影響の想定においては、発電用原子炉施設周辺の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置する地下水位低下設備の機能を考慮する。」

3. 設計用地下水位等に関する各審査段階の提示内容

設計用地下水位・揚圧力の設定に係る各審査段階における提示内容を添付 3-1 表に、設計の各審査段階における提示内容を添付 3-2 表に、及び運用管理・保守管理の各審査段階における提示内容を添付 3-3 表に示す。

添付 3-1 表 各審査段階における提示内容（設計用地下水位の設定関連）

分類	細目		提示内容	
			設置許可段階	工認段階以降 ※は工認認可後のプロセスを示す
設計用 地下水位 の設定	水位評価用モデル作成, 再現解析による検証		<ul style="list-style-type: none"> <li>保守性を確保する方針(地盤の透水性, ドレーンの有効範囲, 透水係数)</li> <li>観測記録との比較により浸透流解析モデル全体の保守性を確認する方針</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>解析モデルの妥当性に係る確認結果</li> </ul>
	機能喪失時の影響確認		<ul style="list-style-type: none"> <li>再現解析により検証されたモデルに防潮堤沈下対策工を組み込んだモデルにおいて地下水位低下設備による水位保持機能が期待できない場合の地下水位を評価し, 対象施設へ与える影響(常時・地震時)を評価した上で, 地下水位低下設備の設置許可基準規則への適合上における位置付けを整理する方針</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位低下設備による水位保持機能が期待できない場合の地下水位評価結果</li> </ul>
	地下水位低下設備の考慮 (信頼性が確保された範囲)	構成部位の設計方針	(添付3-2表にて詳述)	
		ドレーンの有効範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドレーンの浸透流解析上の取扱い, 添付資料2に示す集水機能の信頼性の検討フローに基づき, 信頼性(耐久性, 耐震性, 保守管理性)並びに多重性又は多様性及び独立性の観点から設定する方針</li> <li>ドレーンの有効範囲は, 揚圧力影響(設置許可基準規則4条)の観点から設定し, 液状化影響(設置許可基準規則3条2項)の評価においても同範囲を適用する方針</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>集水機能の信頼性の検討フローに基づくドレーンの有効範囲の設定結果</li> </ul>
	設計用揚圧力及び設計用地下水位の設定		<ul style="list-style-type: none"> <li>再現解析により検証された水位評価用モデルを用いて, 信頼性が確保された範囲で地下水位低下設備を考慮し, 設計用揚圧力及び設計用地下水位を設定する方針</li> <li>設置許可段階での設計用地下水位は, 揚圧力影響に対しては, 建設時工認での設定値を目安とした設計用揚圧力にて対象施設の評価を行う方針とし, 設計値保持のために必要な地下水位低下設備側での対策を行う方針</li> <li>液状化影響に対しては, 2号炉原子炉建屋等の設計用揚圧力保持のため設定した地下水位低下設備の配置に基づき設計用地下水位を設定するとともに, 必要に応じて対策(地盤改良等)を行う方針</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>浸透流解析により得られた地下水位分布及び対象施設における設計用揚圧力・設計用地下水位の算定結果</li> <li>設置許可段階より変更が生じる場合には, 対象施設の安全性への影響評価結果及び安全確保のための対策内容(必要時)</li> </ul>
	観測による検証		<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水位観測データの観測計画及びその観測結果を用いて設計用地下水位の検証を行う方針</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>取得した観測結果に基づく検証結果</li> <li>※ さらに, 防潮堤沈下対策後の観測結果に基づく設計用地下水位の検証結果</li> </ul>



添付 3-2 表 各審査段階における提示内容(設計関連)

分類	機能・構成部位		提示内容		備考
			設置許可段階	工認段階	
設計	集水機能	ドレーン・接続桝	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性確保の方針                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ss機能維持(解析により地下水の集水機能を維持する設計とする*)</li> <li>保守的な雨水流入を考慮</li> <li>閉塞による機能喪失の可能性に対して、ドレーンの配置・形状を考慮した新設ドレーン・揚水井戸の配置等の配慮により機能維持</li> <li>保守管理性の向上</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性に係る詳細評価結果</li> <li>詳細評価を踏まえた構造概要</li> <li>集水能力の十分性(保守性を確保した浸透流解析による湧水量評価結果を参照)</li> </ul>	
	支持・閉塞防止機能	揚水井戸	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性確保の方針                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ss機能維持(解析により揚水ポンプ及び配管の支持機能並びに閉塞防止機能を維持する設計とする)</li> <li>可搬型設備による機動的な対応を考慮した構造上の配慮</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性に係る詳細評価結果</li> <li>詳細評価を踏まえた構造概要</li> </ul>	
	排水機能	揚水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性確保の方針                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ss機能維持(解析+加振試験により地下水の排水機能を維持する設計とする。また、支持金物は揚水ポンプの支持機能を維持する設計とする)</li> <li>多重化</li> <li>保守的な雨水流入を考慮</li> <li>外部ハザード考慮</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性に係る詳細評価結果</li> <li>詳細評価を踏まえた構造概要</li> <li>排水能力の十分性(保守性を確保した浸透流解析による湧水量評価結果を参照)</li> </ul>	支持金物を含む
		配管	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性確保の方針                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ss機能維持(解析により揚水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)</li> <li>多重化</li> <li>保守的な雨水流入を考慮</li> <li>外部ハザード考慮</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性に係る詳細評価結果</li> <li>詳細評価を踏まえた構造概要</li> <li>排水能力の十分性(保守性を確保した浸透流解析による湧水量評価結果を参照)</li> </ul>	支持金物を含む
	監視・制御機能	制御盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性確保の方針                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ss機能維持(解析+加振試験により揚水ポンプの制御機能を維持する設計とする)</li> <li>多重化</li> <li>制御、監視の系統の多重化</li> <li>外部ハザード考慮</li> <li>内部事象に起因する共通要因故障に配慮</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性に係る詳細評価結果</li> <li>詳細評価を踏まえた構造概要</li> </ul>	
		水位計	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性確保の方針                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ss機能維持(解析+加振試験により揚水井戸内に継続的に流入する地下水位監視機能、揚水ポンプの起動停止の制御機能を維持する設計とする。また、支持金物は水位計の支持機能を維持する設計とする。)</li> <li>多重化</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐震性に係る詳細評価結果</li> <li>詳細評価を踏まえた構造概要</li> </ul>	支持金物を含む
	電源機能	電源	<ul style="list-style-type: none"> <li>信頼性確保の方針                             <ul style="list-style-type: none"> <li>多重化</li> <li>非常用電源(非常用DG)に接続</li> <li>非常用DG喪失時の配慮(常設代替交流電源に接続)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細評価を踏まえた構造概要</li> </ul>	

※ 許容限界  
 ・ 有孔ヒューム管は、Ss地震時の発生断面力が許容値(ひび割れモーメント)を下回ることを確認する(下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-)による。  
 ・ 接続桝は、発生応力度がコンクリート及び鉄筋の許容応力度を下回ることを確認する(コンクリート標準示方書[構造性能照査編](2002)による)。  
 ・ 岩盤と躯体に囲まれた範囲に設置されることから、Ss地震時に管の設置空間が保持されること(岩盤がせん断破壊しないこと)を確認する。

添付 3-3 表 各審査段階における提示内容(運用管理・保守管理関連)

分類	細目	提示内容		
		設置許可段階	工認段階	工認可後 (使用前検査・保安検査)
運用管理 ・ 保守管理	運用管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転上の制限等を定める方針</li> <li>必要な手順を整備する方針</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉施設保安規定において運転上の制限を設定</li> <li>原子炉施設保安規定に関連付けた社内規定類に運用に係る体制、確認事項・対応等を整備し、これに基づく管理の実施</li> </ul>
	保守管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>予防保全対象として管理する方針</li> <li>予備品を確保する方針</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉施設保安規定に関連付けた社内規定類に保守管理方法を定め、予防保全対象として管理</li> </ul>

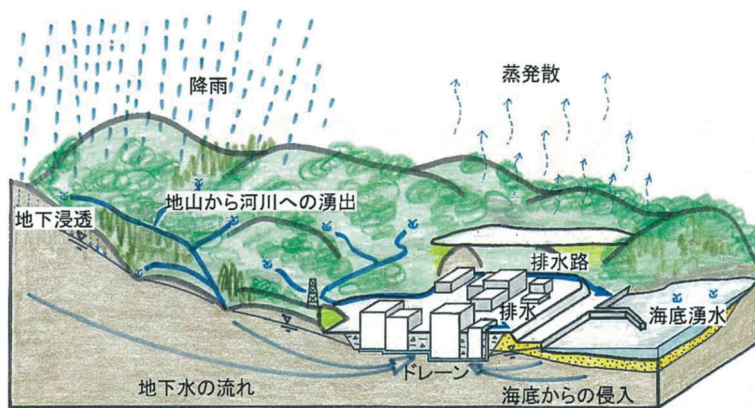
敷地の水文環境

敷地は、北東側が海に面し、その他は山地に囲まれている。山地の尾根は北東—南西～北北東—南南西方向に延び、それらの尾根に沿って小規模な沢が発達し、沢沿いには小規模な低地が分布している。敷地の一部は、この小規模な低地となっている。

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盛土や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位低下設備により集水後、排水路へ排水される。

敷地の水文環境のイメージを補足 1-1 図に、発電所周辺の小河川や尾根筋の状況を補足 1-2 図に示す。また、主な地表水の流れを補足 1-3 図に示す。



補足 1-1 図 敷地の水文環境のイメージ




凡例 小河川・沢 尾根筋 谷底・沖積低地 発電所建設前の空中写真(1975年撮影) (CTO-75-26 C28 17~19)に東北電力が加筆 出典: 国土画像情報(カラー空中写真)国土交通省

補足 1-2 図 発電所周辺の小河川・尾根筋等の分布状況



発電所周辺の空中写真(2011年撮影)  
(CTO20117 C28 23) 出典:国土地理院

 主な地表水の流れ

補足 1-3 図 発電所周辺の主な地表水の流れ

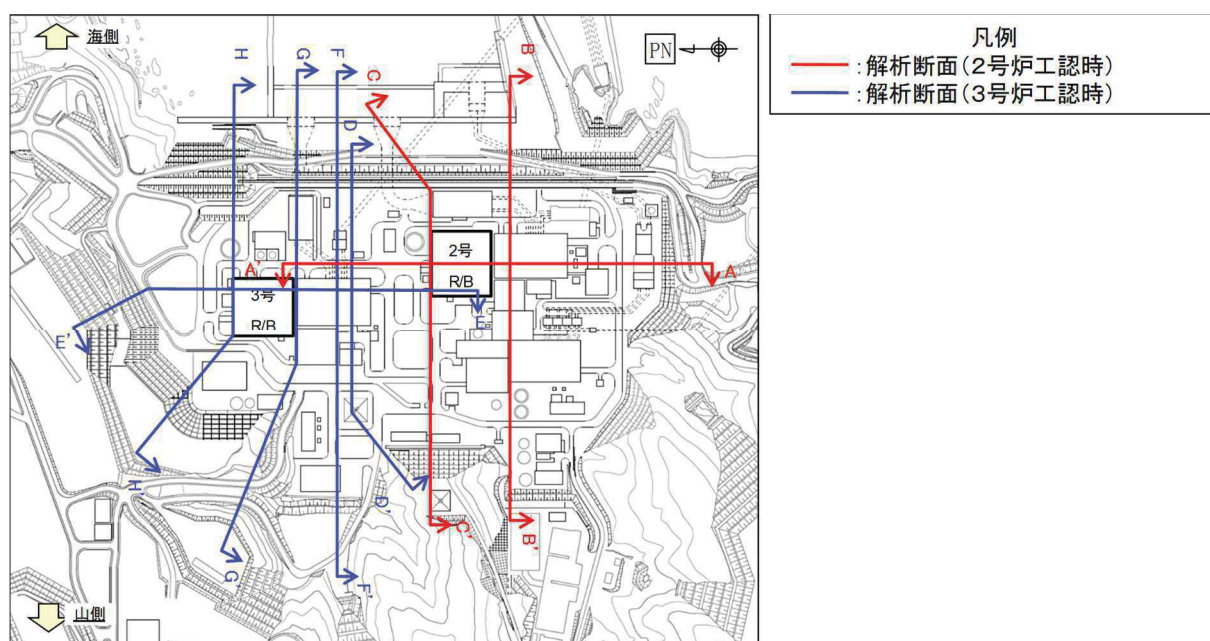
## 建設時工認段階の浸透流解析結果

## 1. 解析の目的

2号炉，3号炉工認時において，以下の内容を把握するため，浸透流解析を実施している。

- ① 地下水位低下設備の設計に使用する湧水量
- ② 建屋の設計に使用する揚圧力
- ③ 地下水位状況

地下水は海山方向の流れが支配的であることから，海山方向（補足 2-1 図の上方向）の断面を主とした有限要素法による二次元定常解析としている。



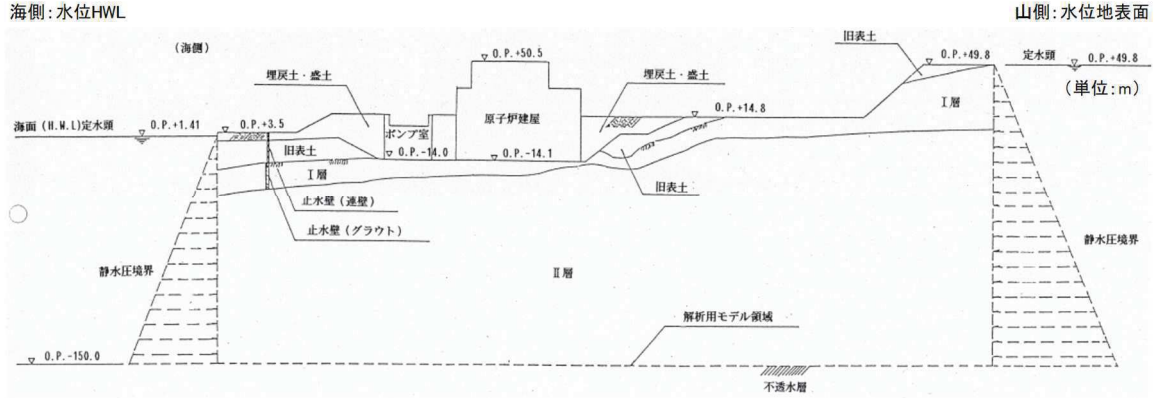
補足 2-1 図 浸透流解析断面位置※

※ 2号炉及び3号炉工認時の浸透流解析断面は，当時の地形にてモデル化しており，現地形とは異なる。

## 2. 解析条件

## (1) 境界条件

2号炉及び3号炉工認時（定常浸透流解析）の海側境界はH.W.L.，山側境界は地表面に水位を固定し，モデル下端は不透水境界として扱い，側方境界には静水圧を作用させている。なお，海側には建屋との間に地中連続壁が設置されており海水の流入を遮断する効果があるが，保守的に考慮しない。

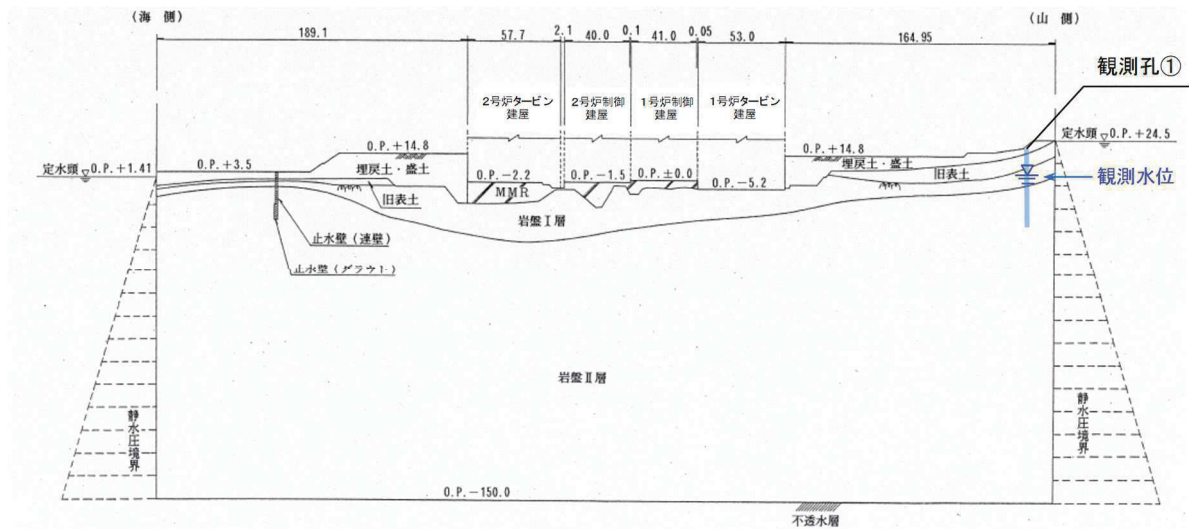


注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定（朔望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの）とは異なる。

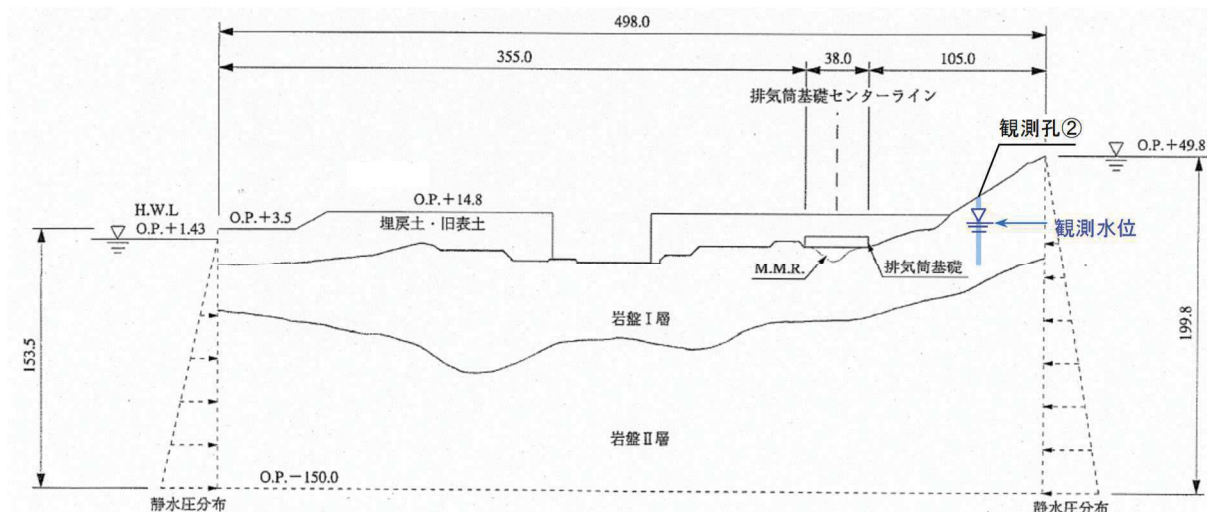
補足 2-2 図 (参考) 浸透流解析断面図 (C-C' 断面)

B-B' 断面近傍の観測孔①及びD-D' 断面近傍の観測孔②における地下水位観測結果をそれぞれの断面に補足 2-3 図及び補足 2-4 図のとおり図示するとともに、補足 2-1 表にその数値を示す。

観測された水位は、いずれも浸透流解析の境界条件（初期水位）より低い水位となっており、境界条件が保守的であることを確認した。



補足 2-3 図 浸透流解析断面図 (B-B' 断面)



補足 2-4 図 浸透流解析断面図 (D-D' 断面)

補足 2-1 表 観測孔①及び②の地下水位観測結果

	観測水位	境界条件 (初期水位)
観測孔①	O.P.約+5.8m	O.P.約+15.1m (地表面)
観測孔②	O.P.約+11.5m※	O.P.約+25.0m (地表面)

※: 地殻変動による1mの沈降を考慮したものとなっており、補正した水位を記載

(2) 透水係数

浸透流解析に用いた透水係数を補足 2-2 表及び補足 2-3 表に示す。

岩盤の透水係数は、2号炉及び3号炉工認時に実施した透水試験により設定した。岩盤の透水試験位置を補足 2-5 図に示す。

また、盛土・旧表土の透水係数は Creager の手法（地盤工学会：地盤工学ハンドブック）、MMR の透水係数は水セメント比と粗骨材の最大寸法（コンクリート工学ハンドブック）より設定した。

補足 2-2 表 解析用物性値（2号炉周辺）

(単位:m/s)

地層	盛土 ・旧表土	岩盤		MMR
		I層	II層	
透水係数	$3.0 \times 10^{-5}$	$7.0 \times 10^{-7}$	$5.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-11}$

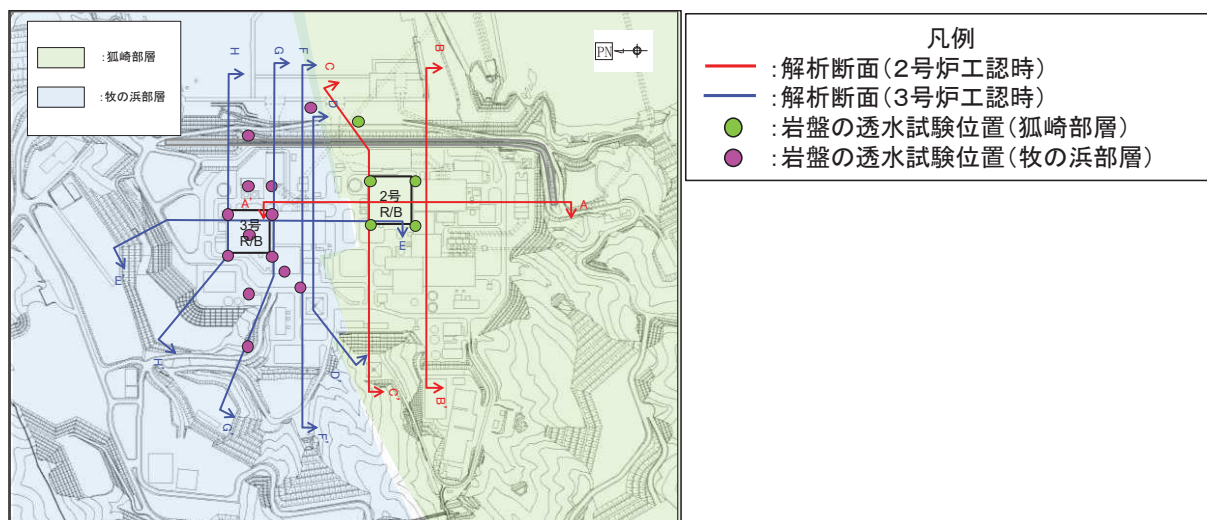
注) A-A' 断面, B-B' 断面及び C-C' 断面に使用

補足 2-3 表 解析用物性値（3号炉周辺）

(単位:m/s)

地層	盛土 ・旧表土	岩盤		MMR
		I層	II層	
透水係数	$3.0 \times 10^{-5}$	$2.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-11}$

注) D-D' 断面, E-E' 断面, F-F' 断面, G-G' 断面及び H-H' 断面に使用



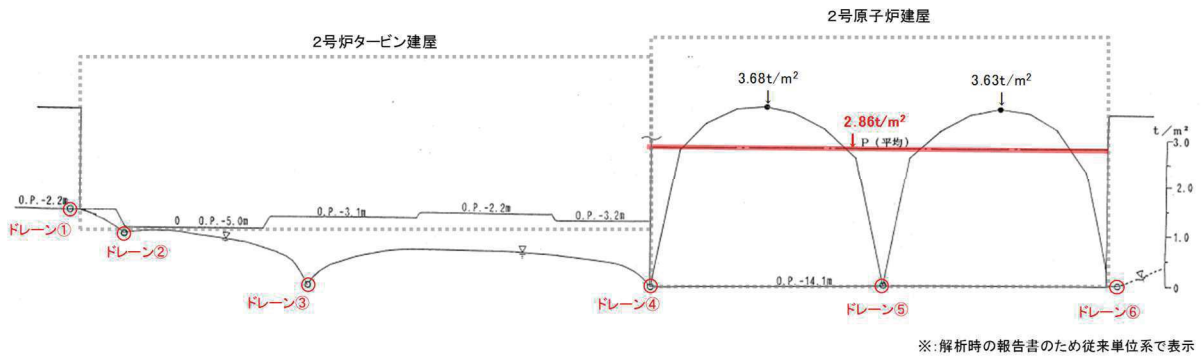
補足 2-5 図 岩盤の透水試験位置

3. 解析結果

(1) 2号炉主要建屋の揚圧力及び湧水量

補足 2-6 図に示す各ドレーン位置での湧水量は補足 2-4 表のとおりであり、これらの湧水量から揚水ポンプの仕様やドレーン径を設計している。

また、2号原子炉建屋及び2号炉タービン建屋にかかる揚圧力は、補足 2-6 図及び補足 2-5 表のとおりであり、いずれも設計値を下回っていることを確認している。



補足 2-6 図 揚水圧分布図及び地下水面形 (A-A' 断面のうち建屋近傍)

補足 2-4 表 各ドレーンの湧水量 (l/min/m)

	①	②	③	④	⑤	⑥
湧水量	0.0315	0.1182	0.2897	0.1730	0.1499	1.1772

補足 2-5 表 2号炉原子炉建屋及び2号炉タービン建屋にかかる揚圧力 (設計値及び解析結果)

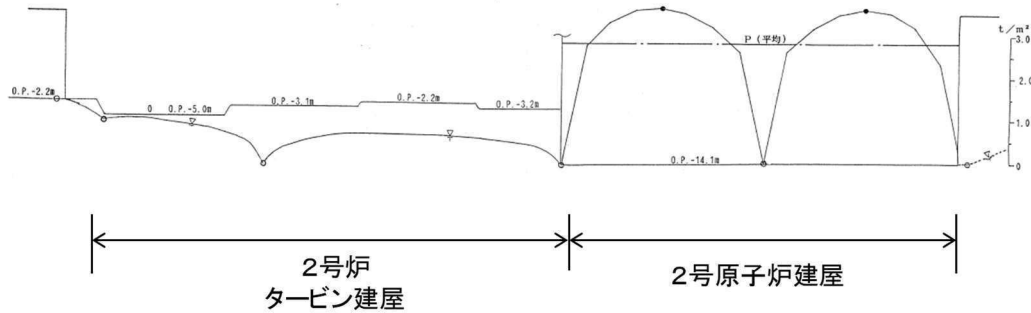
建屋名称	揚圧力 (t/m <sup>2</sup> )	
	設計値	解析結果
2号原子炉建屋	3.0	2.86
2号炉タービン建屋	0	0



(2) 2号炉主要建屋の揚圧力

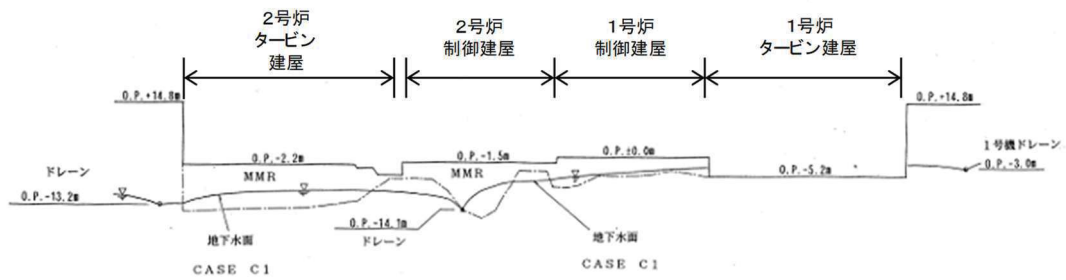
2号炉主要建屋における揚圧力の解析結果を補足 2-7 図～補足 2-9 図に示す。

※:解析時の報告書のため従来単位系で表示



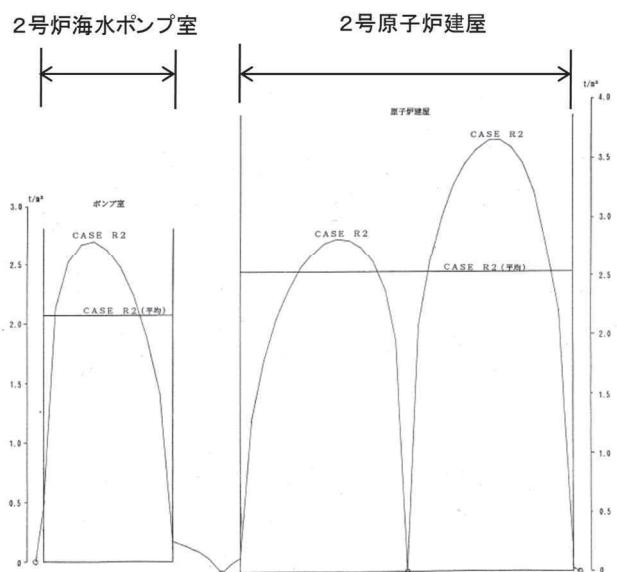
補足 2-7 図 揚圧力分布図及び地下水面形 (A-A' 断面)

※:解析時の報告書のため従来単位系で表示



補足 2-8 図 揚圧力分布図及び地下水面形 (B-B' 断面)

※:解析時の報告書のため従来単位系で表示



補足 2-9 図 揚圧力分布図及び地下水面形 (C-C' 断面)

(3) 2号炉主要建屋の間隙水圧分布

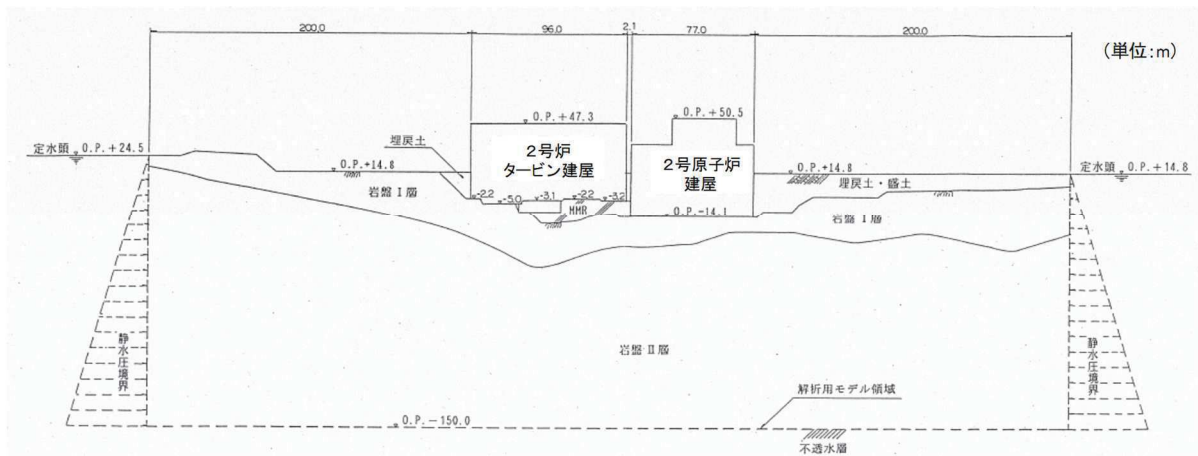
A-A' 断面の浸透流解析断面図と間隙水圧分布を補足 2-10 図及び補足 2-11 図に示す。

ドレーンを設置している2号原子炉建屋及び2号炉タービン建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下している。

また、B-B' 断面及び C-C' 断面の浸透流解析断面図と間隙水圧分布を補足 2-12 図～補足 2-15 図に示す。

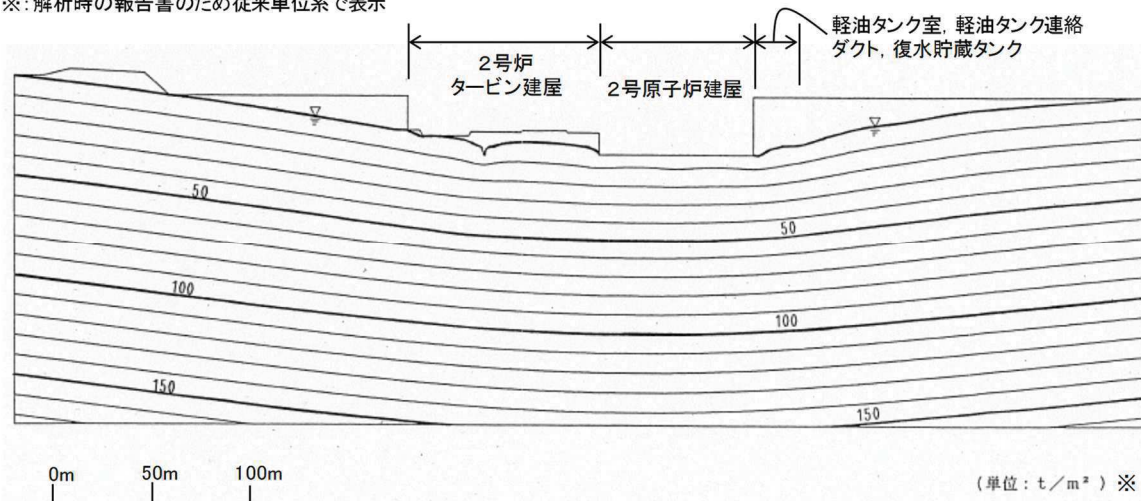
いずれの断面においてもドレーンを設置している各主要建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。

注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(朔望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。



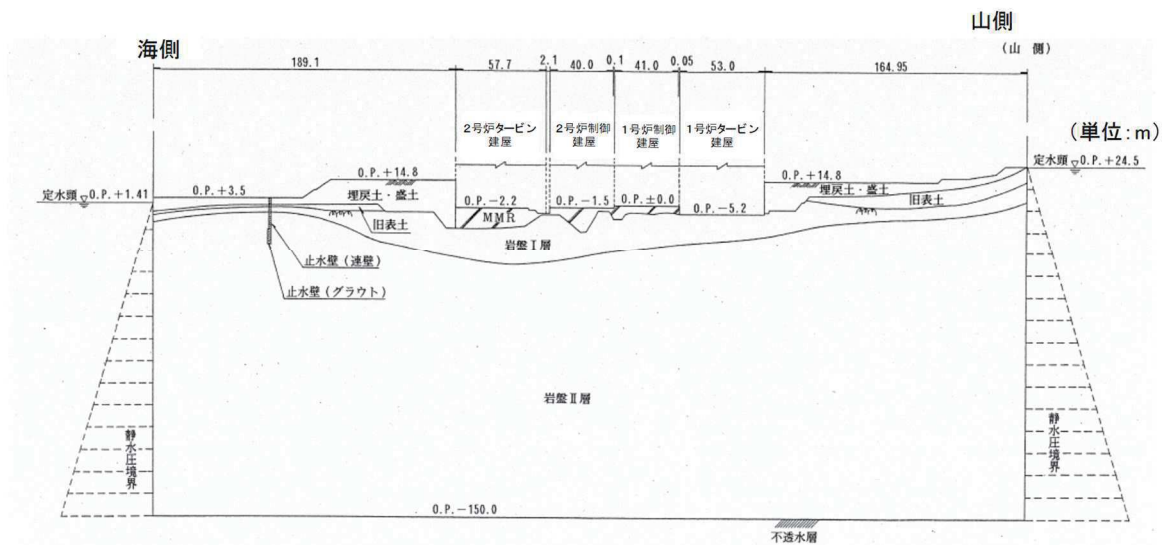
補足 2-10 図 浸透流解析断面図 (A-A' 断面)

※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示



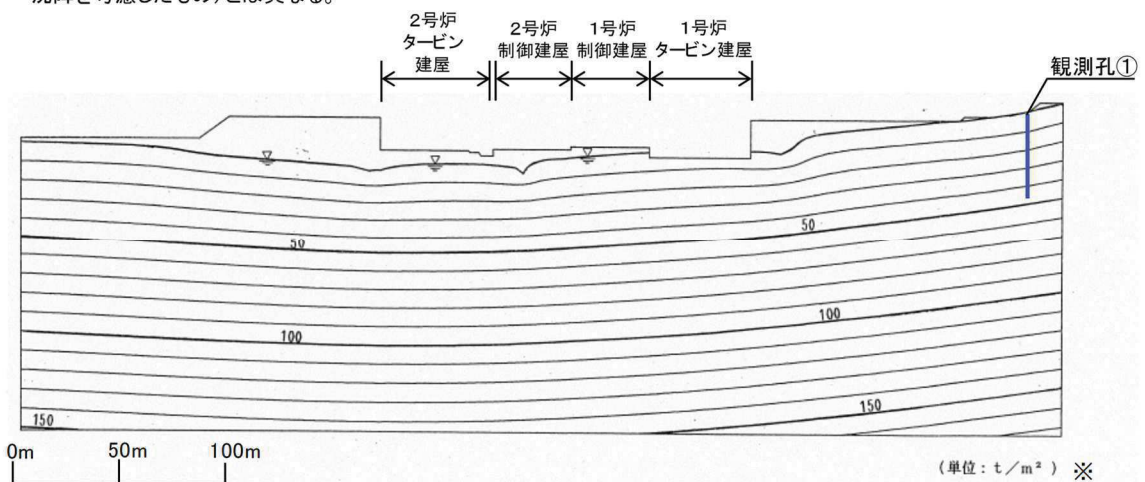
補足 2-11 図 間隙水圧分布図 (A-A' 断面)

注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(朔望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。



補足 2-12 図 浸透流解析断面図 (B-B' 断面)

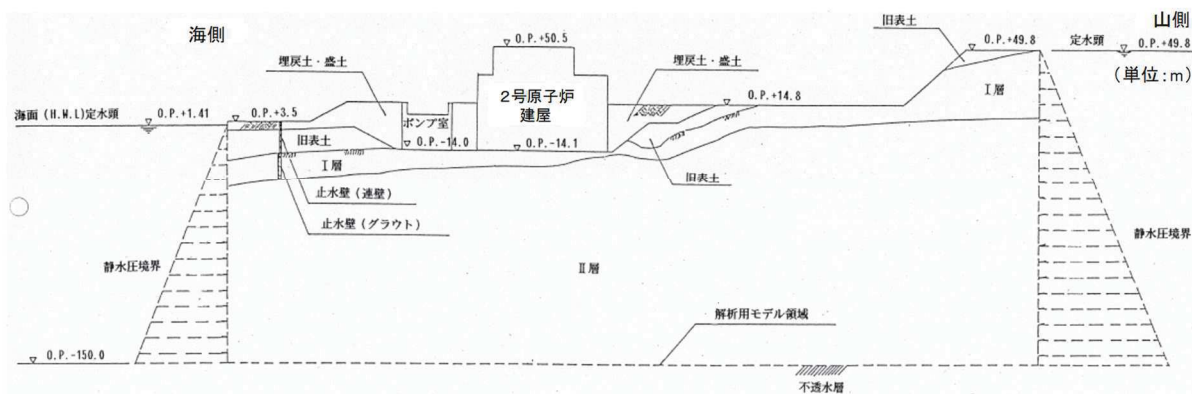
注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(朔望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。



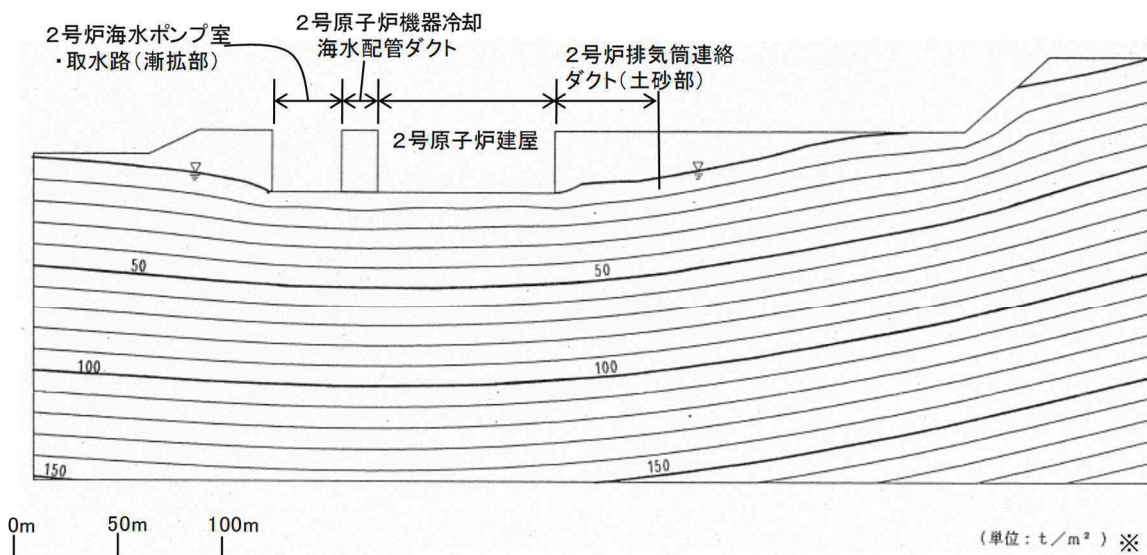
※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

補足 2-13 図 間隙水圧分布図 (B-B' 断面)

注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(期望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。



補足 2-14 図 浸透流解析断面図 (C-C' 断面)

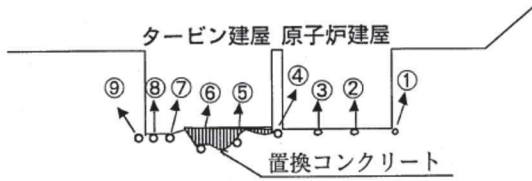


※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

補足 2-15 図 間隙水圧分布図 (C-C' 断面)

(4) 3号炉主要建屋の揚圧力及び湧水量

二次元浸透流解析による3号炉原子炉建屋他の湧水量を補足 2-16 図に示す。また、3号炉主要建屋における揚圧力の解析結果を補足 2-17 図～補足 2-21 図に示す。



(単位:  $\ell/\text{min}/\text{m}$ )

図-6.2 A-A断面

①6.465 ②1.256 ③0.017 ④0.0 ⑤0.298  
 ⑥2.760 ⑦0.0 ⑧0.058 ⑨4.331  
 合計15.185 ( $\ell/\text{min}/\text{m}$ )

原子炉建屋及びタービン建屋

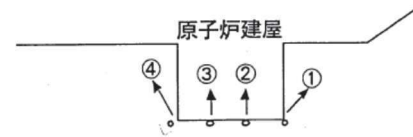
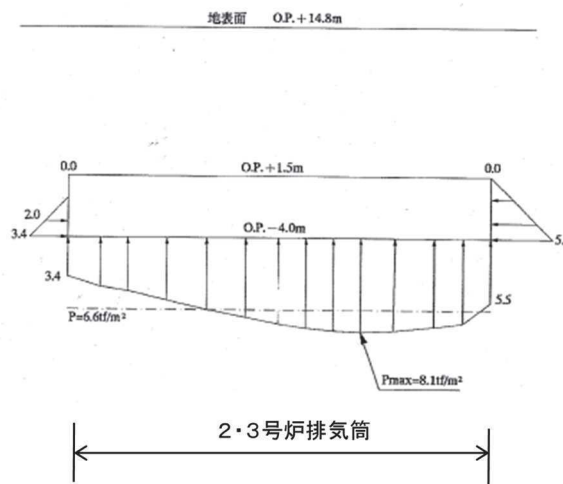


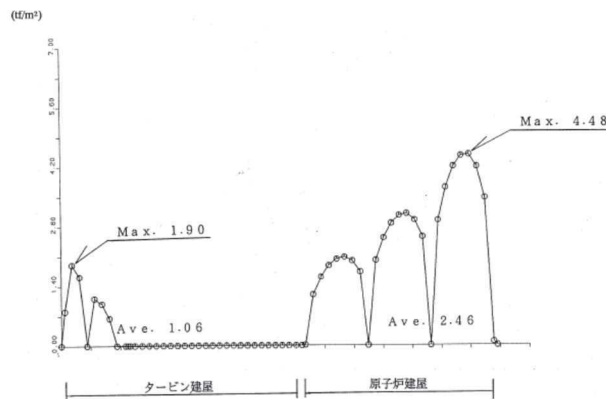
図-6.3 B-B断面

①5.082 ②0.323 ③0.456 ④1.743  
 合計7.604 ( $\ell/\text{min}/\text{m}$ )  
 原子炉建屋

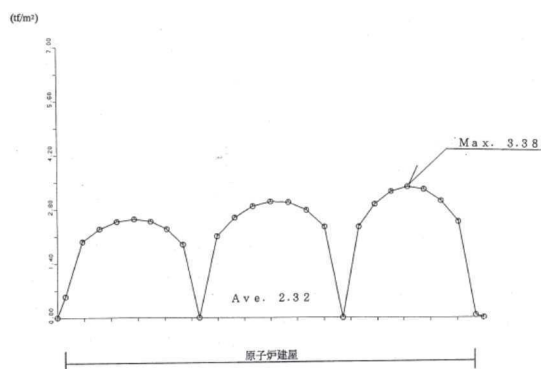
補足 2-16 図 3号炉原子炉建屋他の湧水量解析結果



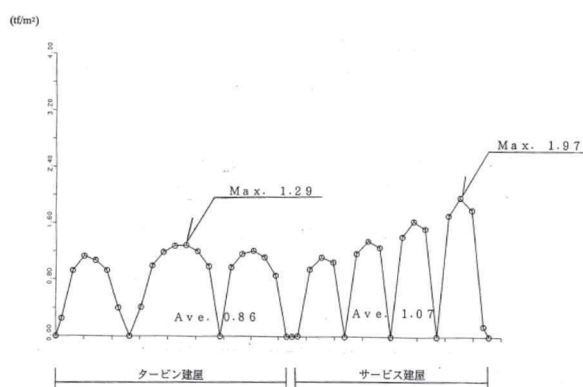
補足 2-17 図 揚圧力分布図及び地下水面形 (D-D' 断面)



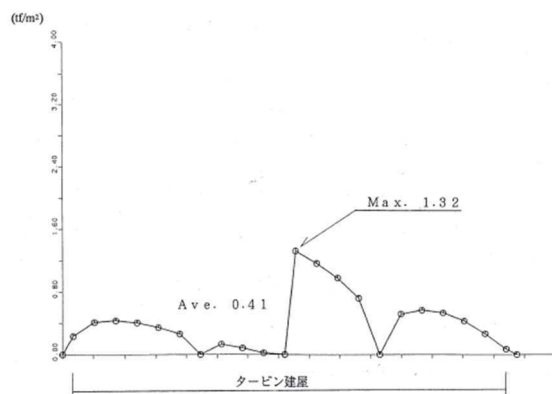
補足 2-18 図 揚圧力分布図及び地下水面形 (E-E' 断面)



補足 2-19 図 揚圧力分布図及び地下水面形 (F-F' 断面)



補足 2-20 図 揚圧力分布図及び地下水面形 (G-G' 断面)



補足 2-21 図 揚圧力分布図及び地下水面形 (H-H' 断面)

(5) 3号炉主要建屋の間隙水圧分布

3号炉主要建屋の間隙水圧分布について、解析断面とその結果を補足 2-22 図～補足 2-31 図に示す。

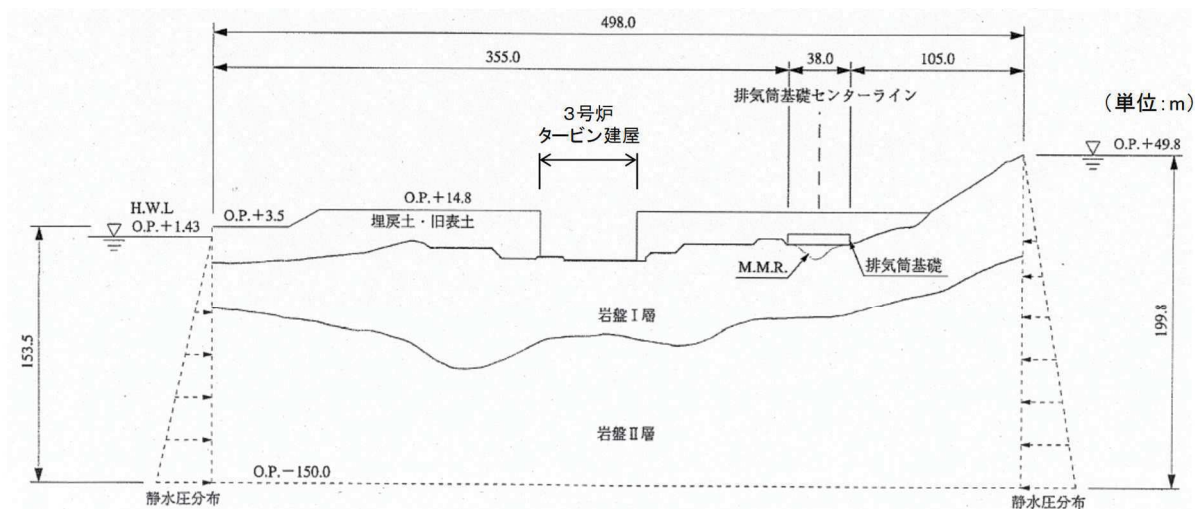
補足 2-22 図，補足 2-23 図 (D-D' 断面) ではドレーンを設置している3号炉タービン建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。

補足 2-24 図，補足 2-25 図 (E-E' 断面) ではドレーンを設置している3号炉タービン建屋及び3号原子炉建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下している。

補足 2-26 図，補足 2-27 図 (F-F' 断面) ではドレーンを設置している3号炉タービン建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。

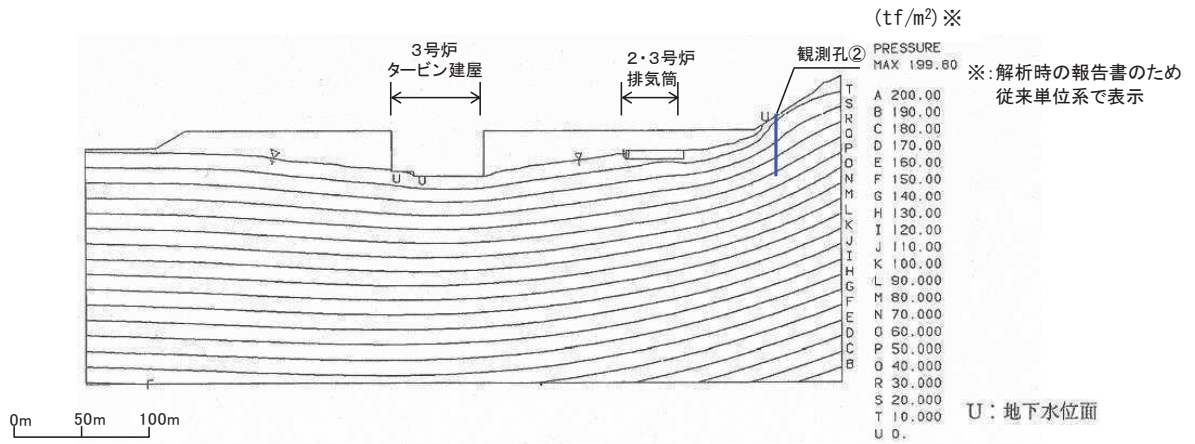
補足 2-28 図，補足 2-29 図 (G-G' 断面) ではドレーンを設置している3号炉タービン建屋及び3号炉サービス建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。

補足 2-30 図，補足 2-31 図 (H-H' 断面) ではドレーンを設置している3号原子炉建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。

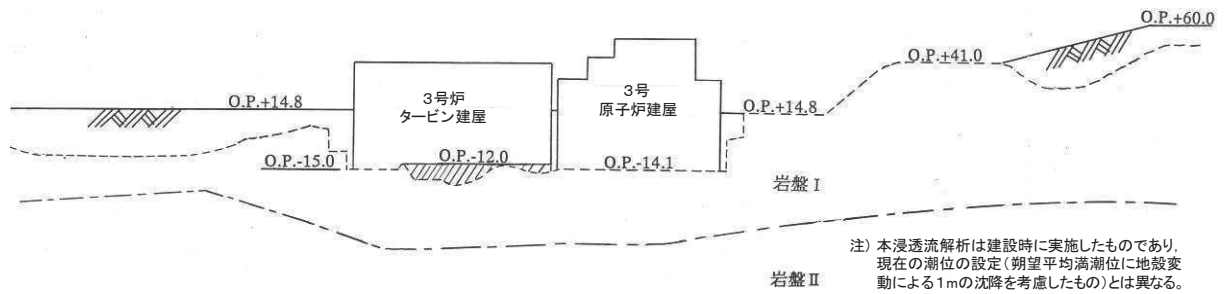


注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(期望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。

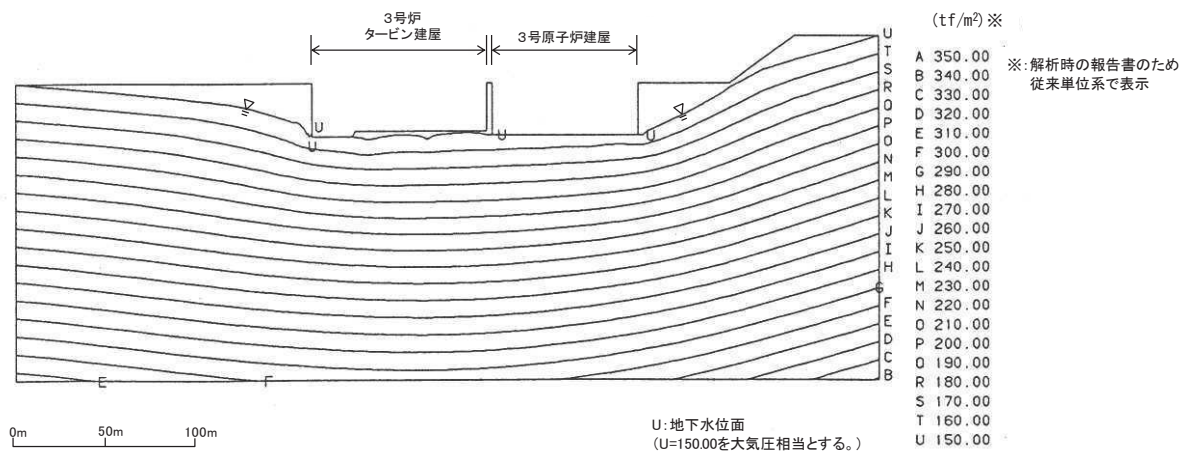
補足 2-22 図 浸透流解析断面図 (D-D' 断面)



補足 2-23 図 間隙水圧分布図 (D-D' 断面)



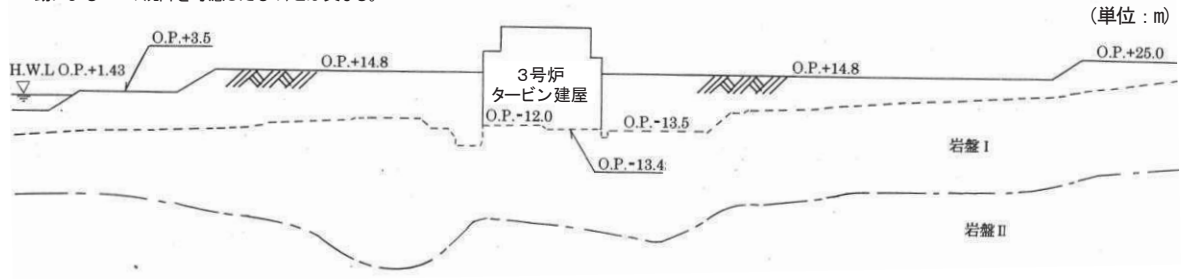
補足 2-24 図 浸透流解析断面図 (E-E' 断面)



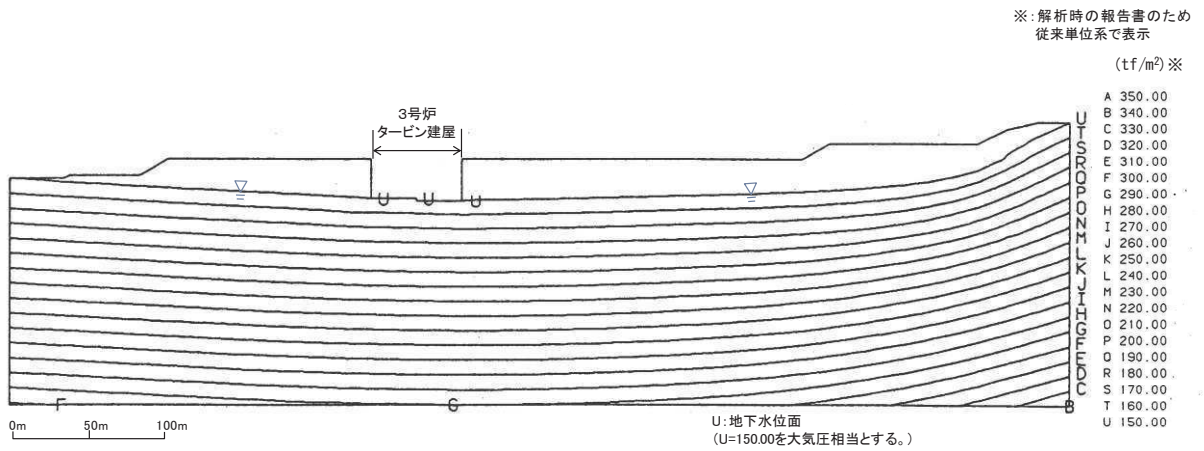
補足 2-25 図 間隙水圧分布図 (E-E' 断面)



注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(期望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。

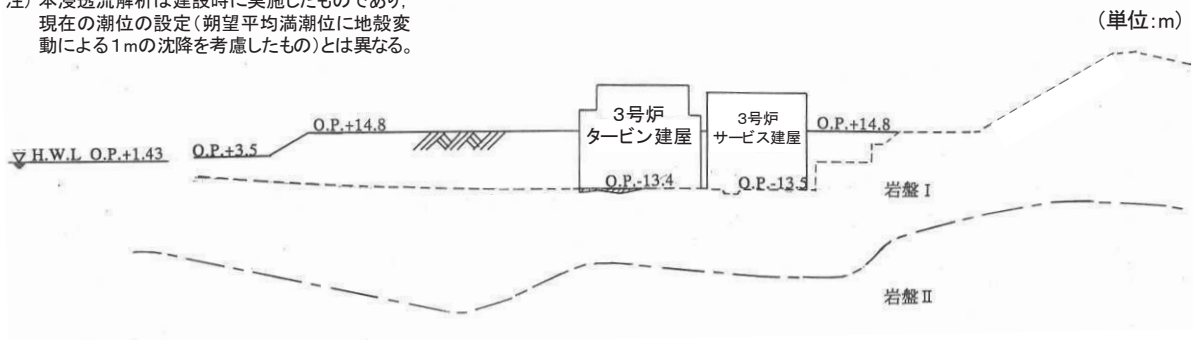


補足 2-26 図 浸透流解析断面図 (F-F' 断面)

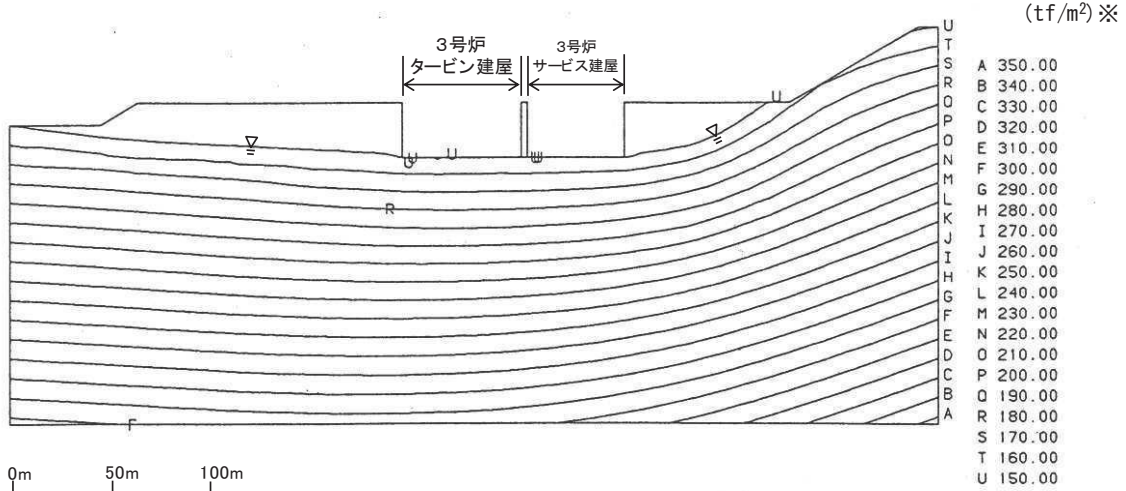


補足 2-27 図 間隙水圧分布図 (F-F' 断面)

注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(期望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。



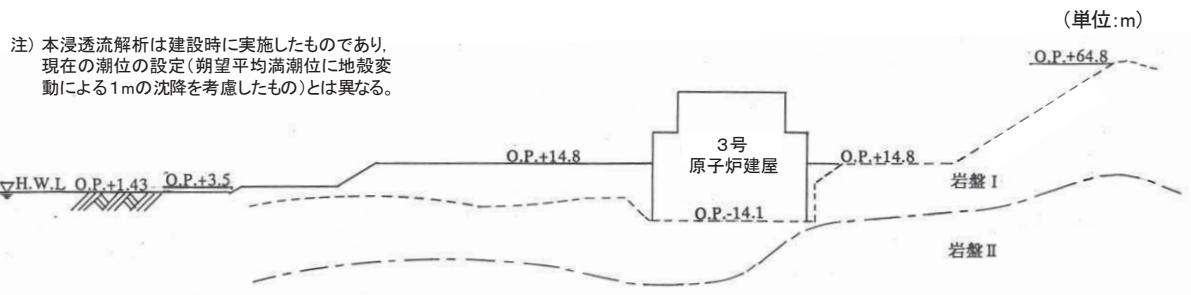
補足 2-28 図 浸透流解析断面図 (G-G' 断面)



U: 地下水位面  
(U=150.00を大気圧相当とする。)

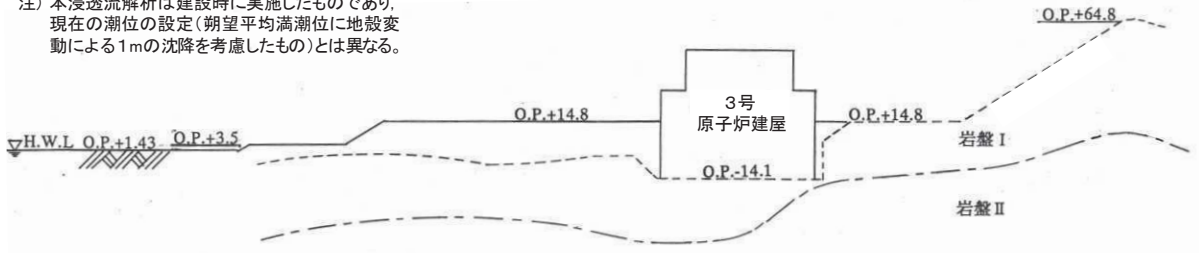
※: 解析時の報告書のため  
従来単位系で表示

補足 2-29 図 間隙水圧分布図 (G-G' 断面)

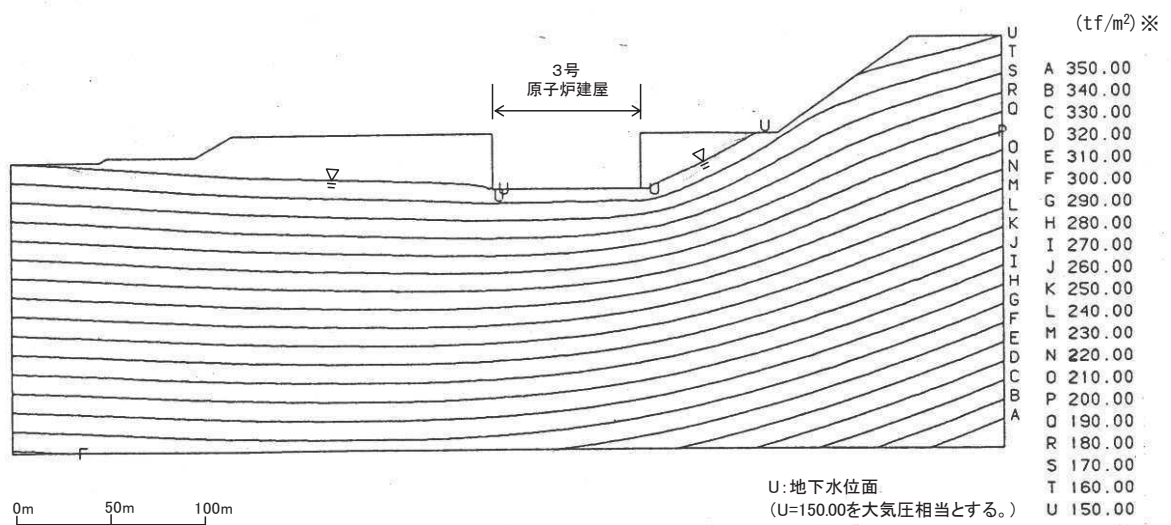


注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(期望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。

(単位:m)



補足 2-30 図 浸透流解析断面図 (H-H' 断面)



U: 地下水位面  
(U=150.00を大気圧相当とする。)

※: 解析時の報告書のため  
従来単位系で表示

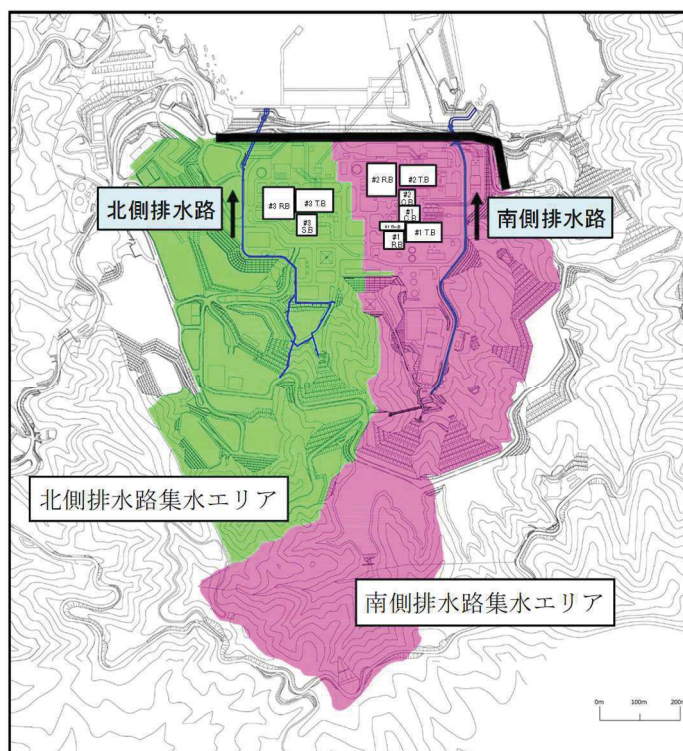
補足 2-31 図 間隙水圧分布図 (H-H' 断面)

## 構内排水路の概要

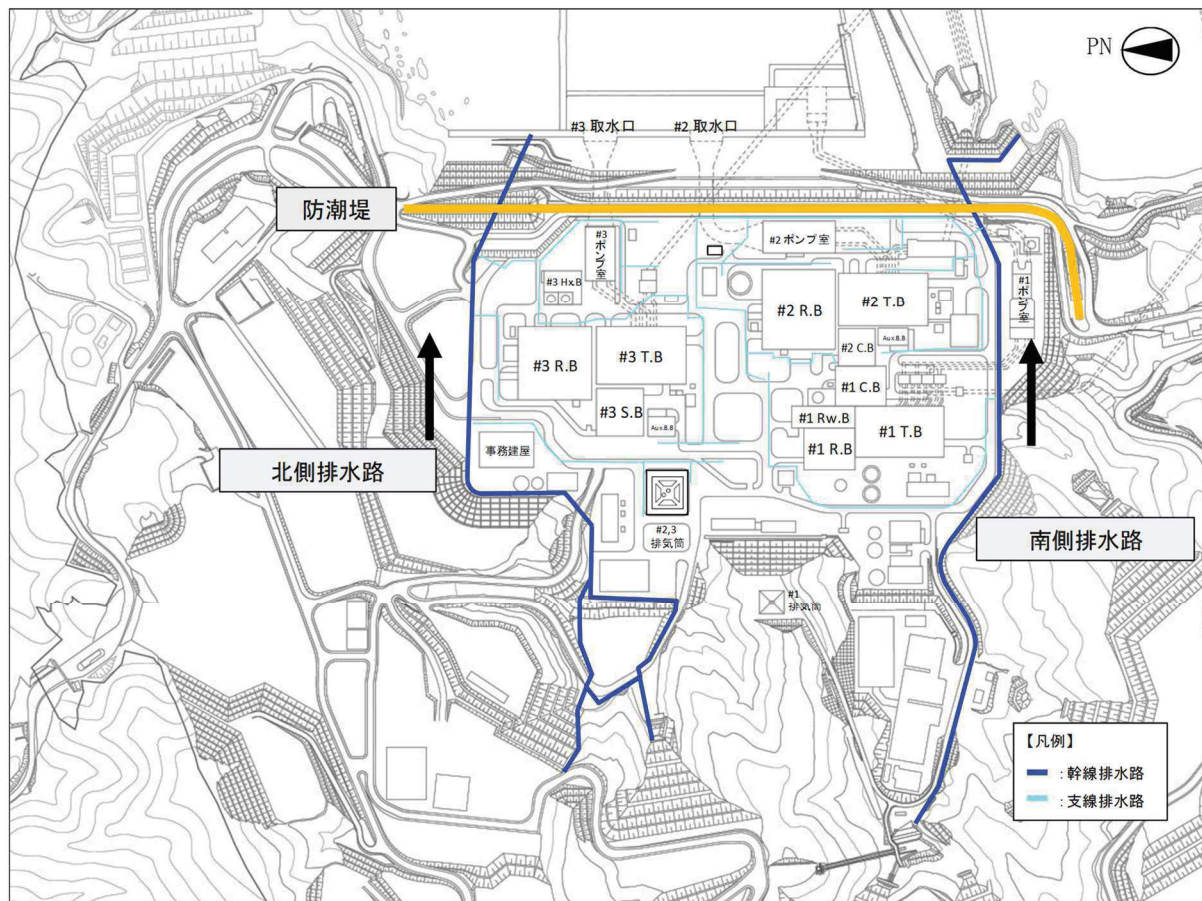
発電所の敷地は、発電所敷地内の集水エリアとして補足 3-1 図に示すとおり分水嶺を境に北側と南側の集水エリアに大別できる（補足 3-1 図の緑が北側、紫が南側の集水エリア）。

これに対応して補足 3-2 図に示すとおり幹線排水路を配置しており、降雨の際の表面水を構内排水路を通じて幹線排水路へ集水し、海へ排水することとしている。

補足 3-1 表に示す幹線排水路の排水能力は、石巻特別地域気象観測所における既往最大 1 時間雨量の 91.0mm/h を考慮しても十分排水可能となるよう設定している。



補足 3-1 図 発電所敷地内の集水エリア



補足 3-2 図 発電所敷地内の排水路配置概要図

補足 3-1 表 幹線排水路の仕様と排水能力

排水路名	仕様	91.0mm/h降水時の 雨水流入量[m <sup>3</sup> /s]	排水可能 流量 [m <sup>3</sup> /s]
北側 排水路	ボックスカルバート B3000 , H2500	9.4	51.16
南側 排水路	ダブルプレスト管 φ 1000×3	9.5	16.23

※:林地開発許可申請書記載値(平成29年12月)

## 三次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響確認結果（通常時）

### 1. 解析条件等

#### (1) 領域とモデル化範囲

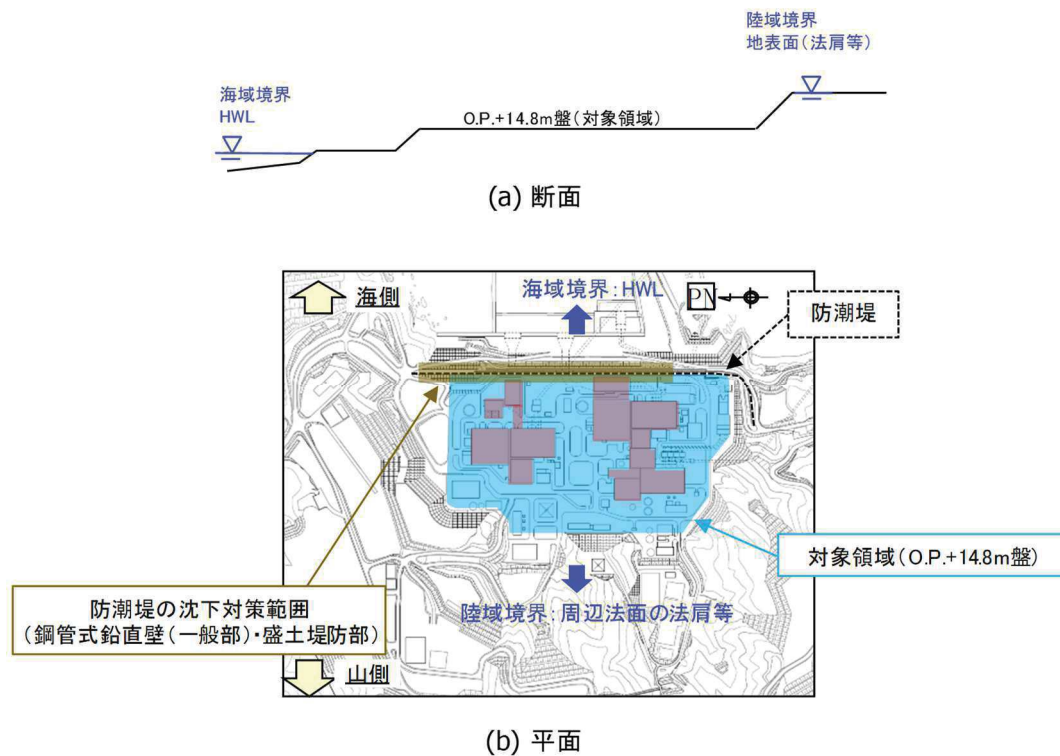
施設が配置される主要エリア（O.P.+14.8m 盤周辺）を対象とし、解析領域は周辺法面等を含むものとする。

領域内の構造物<sup>\*</sup>、地下水位低下設備をモデル化し、敷地造成時における掘削・埋戻しを反映する。

防潮堤下部の状態は現況（防潮堤下に盛土・旧表土が存在）及び防潮堤下部の沈下対策後（防潮堤下の地盤改良・前面の置換コンクリートは有）とする。

三次元浸透流解析の範囲等を補足 4-1 図に示す。

<sup>\*</sup> 耐震裕度向上等の目的で実施した地盤改良等は、低透水層としてモデル化する。ただし、海側の地中連壁の影響は保守的に考慮しないものとする。



補足 4-1 図 三次元浸透流解析の範囲等

#### (2) 透水係数

既往の二次元浸透流解析における採用値を基本として設定する。透水係数の一覧を補足 4-1 表に示す。

補足 4-1 表 透水係数一覧

地層区分		透水係数 (m/sec)
改良地盤・セメント改良土		$2 \times 10^{-7}$
盛土・旧表土		$3 \times 10^{-5}$
2号炉周辺 以南	岩盤 I	$7 \times 10^{-7}$
	岩盤 II	$5 \times 10^{-7}$
3号炉周辺 以北	岩盤 I	$2 \times 10^{-7}$
	岩盤 II	$1 \times 10^{-7}$
構造物		0 (不透水)

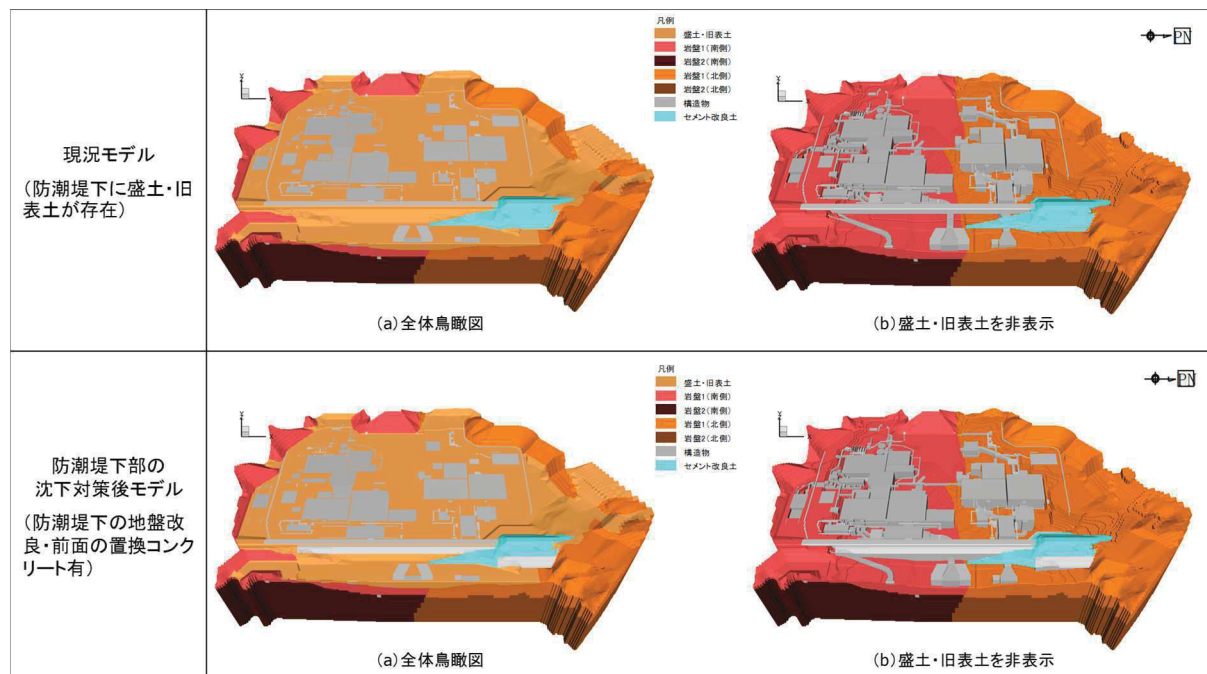
(3)境界条件等

初期条件は淡水飽和状態とし，境界条件は陸域は地表面に静水圧固定境界を海域は H. W. L. (O. P. +1. 43m) に静水圧固定境界とする。

降水量条件は入力なし (定常解析) とする。

2. 解析モデル

現況モデル及び対策後モデルの概要を補足 4-2 図に示す。両者の違いは防潮堤の沈下対策の有無のみであり，他の条件は同一である。

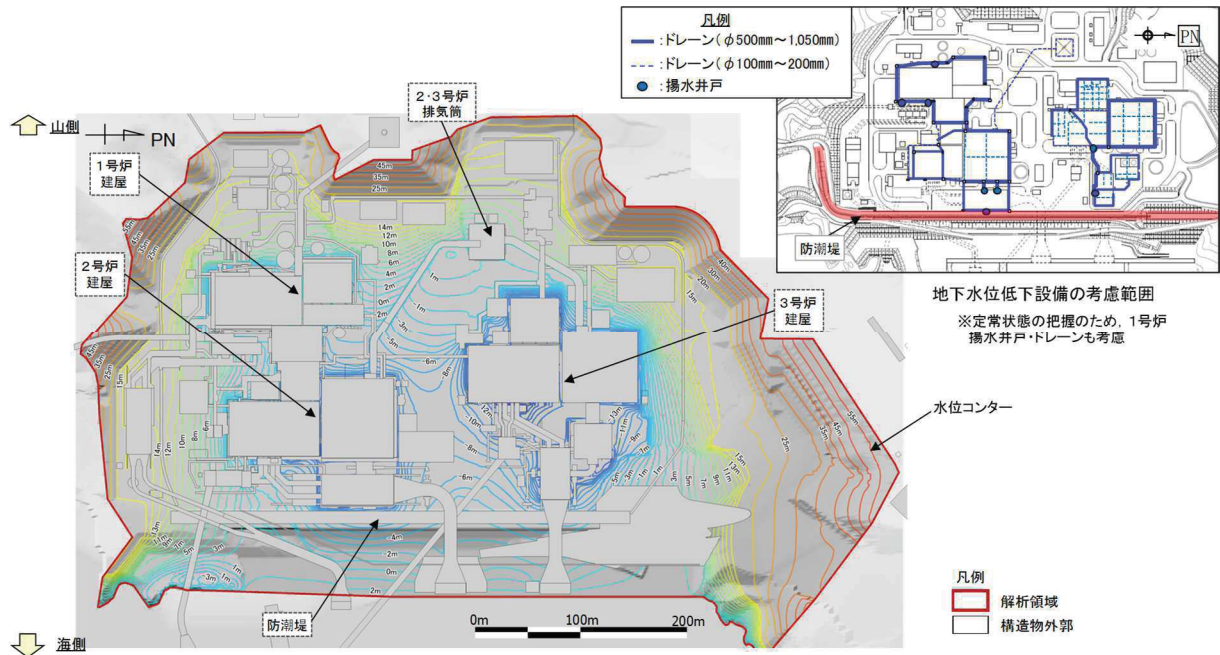


補足 4-2 図 現況モデル及び対策後モデルの概要

(1) 定常状態（現況モデル）

現況モデル（防潮堤下に盛土・旧表土が存在）における自由地下水位の等高線図を補足 4-3 図に示す。

これによると、解析領域境界より建屋周辺に向かって地下水位は緩やかに下降しており、地下水位低下設備による水位低下効果が確認できる。また、防潮堤海側から防潮堤山側に向かって地下水位は緩やかに下降しており、防潮堤下部より山側に地下水が流入していることがわかる。

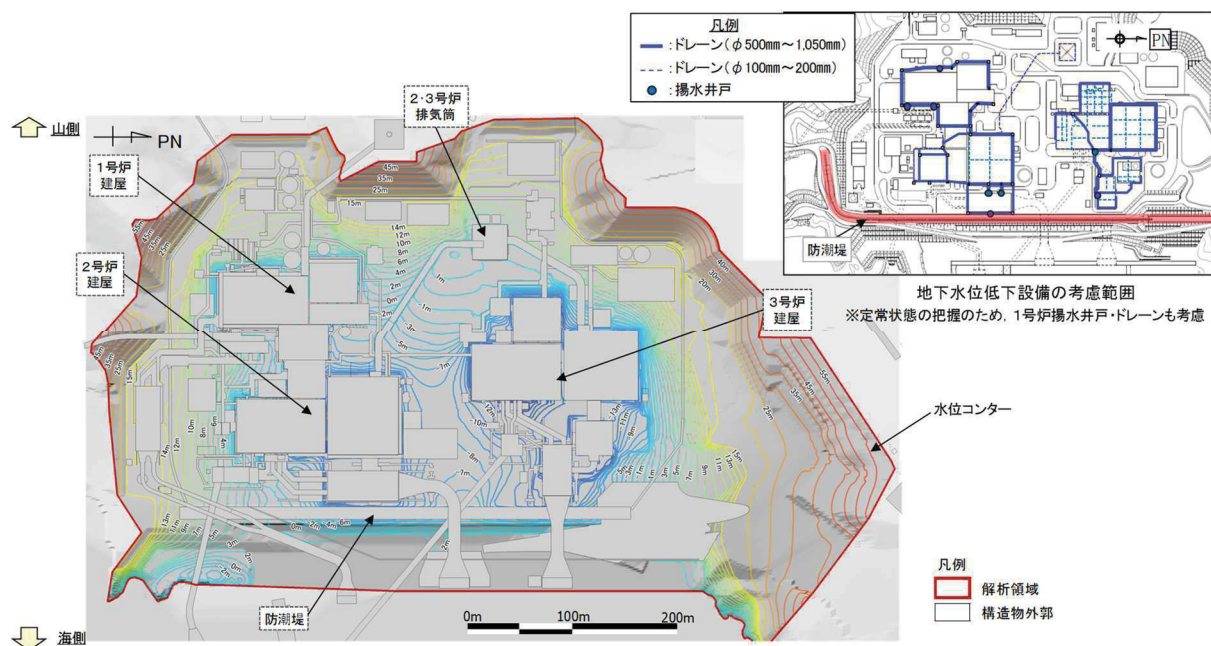


補足 4-3 図 三次元浸透流解析結果（定常状態・現況モデル）

(2) 定常状態 (沈下対策後モデル)

防潮堤下部の沈下対策後モデル (防潮堤下の地盤改良・前面の置換コンクリート有) における自由地下水位の等高線図を補足 4-4 図に示す。

これによると、防潮堤海側より防潮堤山側に向かう地下水位は、防潮堤付近で不連続となっていることから、防潮堤の沈下対策により浸水経路が遮断されていることが確認できる。



補足 4-4 図 三次元浸透流解析結果 (定常状態・沈下対策後モデル)

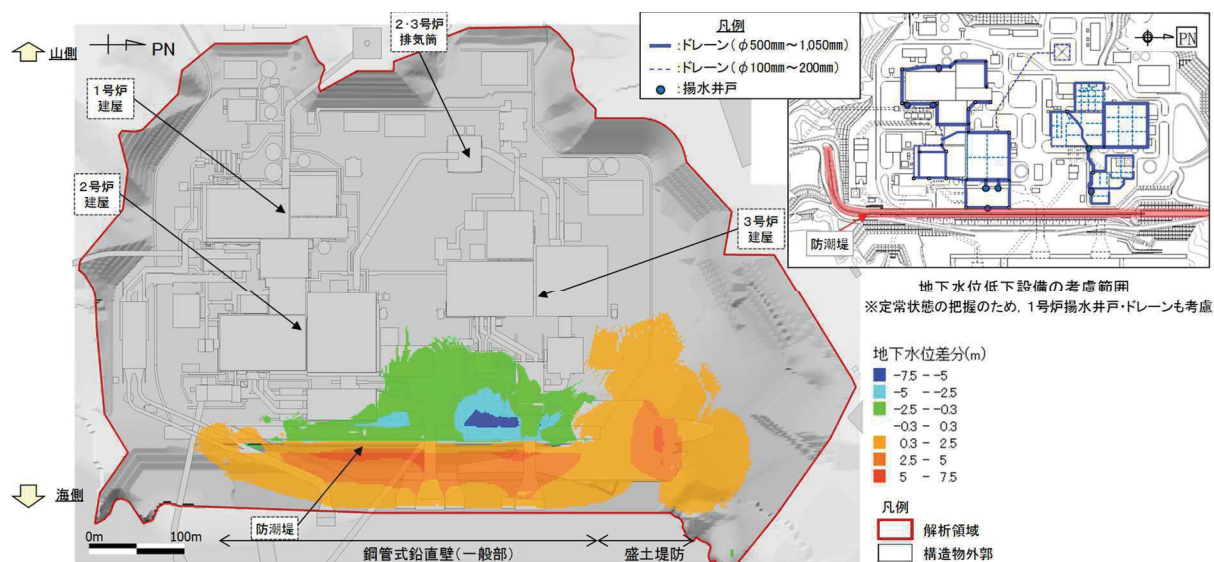


(3) 定常状態（沈下対策前後の差分）

防潮堤下部の沈下対策前後における自由地下水位の差分を補足 4-5 図に示す。

これによると、沈下対策による地下水の遮断効果により、防潮堤海側の地下水位は地下水位低下設備の影響を受けなくなることから、対策前より相対的に上昇する。また、防潮堤山側については、沈下対策による影響範囲は海寄りの範囲に限定される。

また、比較的地下水位低下設備が近い鋼管式鉛直壁（一般部）周辺では、海側からの海水供給が絶たれることにより、対策前より地下水位は下降する。一方、比較的地下水位低下設備が遠い盛土堤防周辺では対策前より地下水位が上昇する。このことは、防潮堤山側の設計用地下水位として鋼管式鉛直壁（一般部）を H. W. L.，盛土堤防を地表面としていることと整合的な結果となっている。



補足 4-5 図 防潮堤下部の沈下対策前後における自由地下水位差分

## 基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方

### 1. 地下水位の設定方針

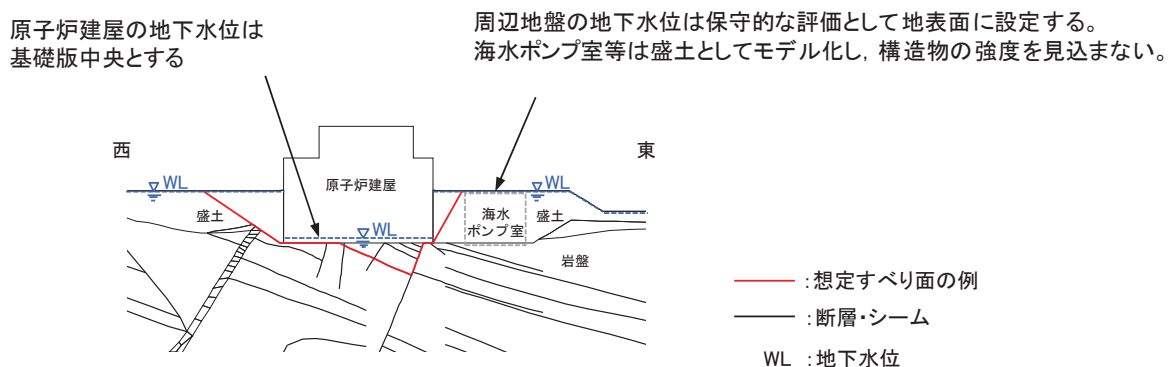
建設時の設置許可では、基礎地盤の安定性評価で設定する地下水位は、基礎地盤安定性評価における地下水位設定イメージとして補足 5-1 図に示すとおり、原子炉建屋及びタービン建屋で地下水位の低下を見込むものの、地盤の地下水位は保守的に地表面に設定している。

また、敷地全体を包含して地盤の安定性を評価するため、原子炉建屋及びタービン建屋以外の地下水位は地表面とし、かつ隣接する地中構造物を盛土としてモデル化し構造物の強度を見込まないことで、保守的な評価としている。

女川 2 号炉新規基準適合性審査においては、「地下水位の設定について」の整理のとおり、設置変更許可段階では原子炉建屋等の地下水位を一定範囲に保持し揚圧力影響を低減するために設置した地下水位低下設備を設計基準対象施設として位置付けるとともに、「安全機能の重要度分類」におけるクラス 1 に相当する設備として設計上の配慮を行う方針を示す。また、工事計画認可段階においては、設計基準対象施設として位置付けた地下水位低下設備の基準適合性を示し、施設の耐震設計に用いる設計用地下水位は、揚圧力影響を低減するために設置した地下水位低下設備の効果を考慮して設定する。

基礎地盤の安定性評価においては、原子炉建屋では建屋の設計水位を反映して地下水位を基礎版中央に設定し、それ以外の地下水位は地表面に設定する。

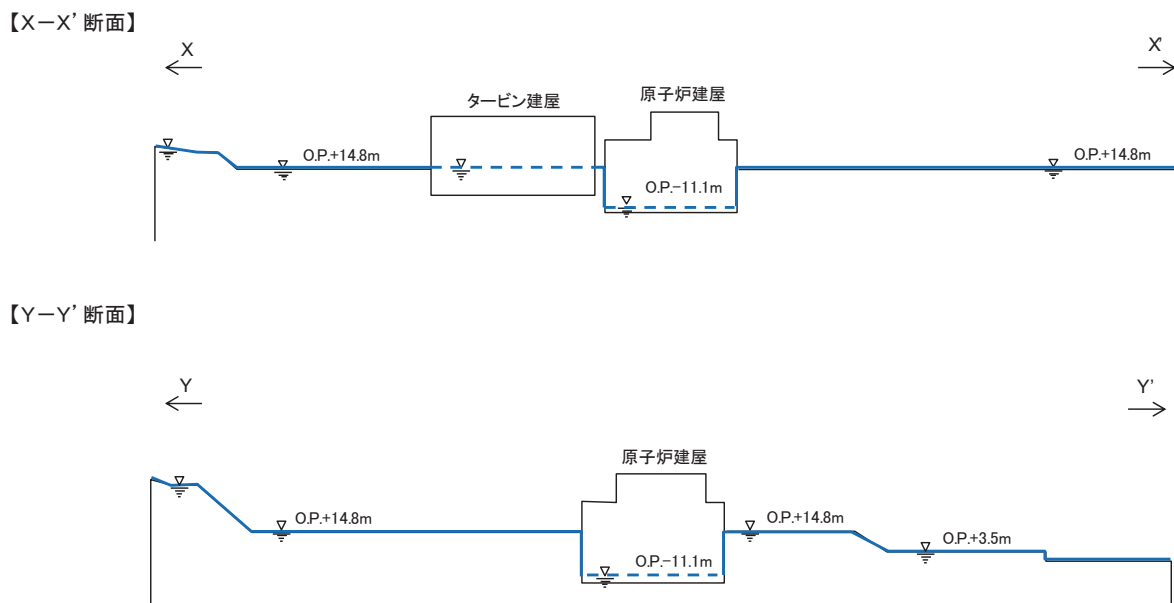
なお、基礎地盤のすべりに対する評価において、地下水位以深の盛土・旧表土が地震動により繰り返し軟化し強度が低下する可能性を考慮し、岩盤部のみのすべりに対する検討を実施する。



補足 5-1 図 基礎地盤安定性評価における地下水位設定イメージ

2. 地下水位（原子炉建屋）

補足 5-2 図に示すとおり原子炉建屋基礎地盤原子炉建屋基礎地盤のうち，原子炉建屋の地下水位は基礎版中央とし，タービン建屋及び周辺地盤の地下水位は保守的な評価として地表面とした。

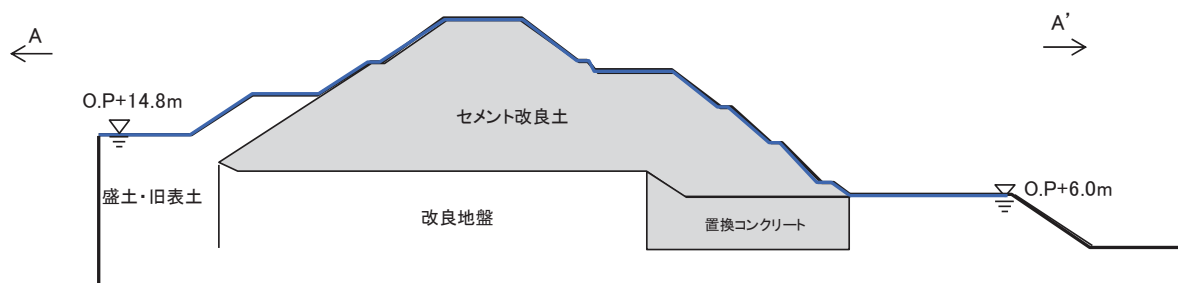


補足 5-2 図 原子炉建屋基礎地盤の地下水位  
(平成 31 年 4 月 5 日第 700 回審査会合 資料 1-1 p63 修正)

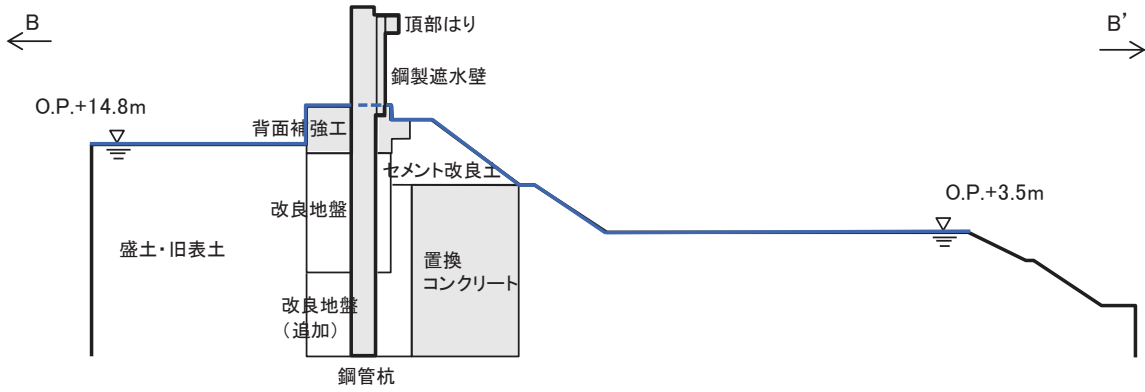
3. 地下水位（防潮堤）

補足 5-3 図に示すとおり防潮堤（盛土堤防）の基礎地盤の地下水位は保守的な評価として地表面とした。

また，補足 5-4 図に示すとおり防潮堤（鋼管式鉛直壁）の基礎地盤の地下水位は保守的な評価として地表面とした。



補足 5-3 図 防潮堤（盛土堤防）基礎地盤の地下水位



補足 5-4 図 防潮堤（鋼管式鉛直壁）基礎地盤の地下水位

4. (参考) 防潮堤の構造成立性評価における地下水位設定との比較

防潮堤の構造成立性評価における地下水位設定との比較を補足 5-5 図に示す。

	地下水位の設定	備考
規則第3条 (基礎地盤 の安定性評 価)	<p>鋼管式鉛直壁 (一般部)</p> <p>山側: 地表面 海側: 地表面</p>	改良地盤に支持する構造物の代表であり保守的な設定
	<p>盛土堤防</p> <p>山側: 地表面 海側: 地表面</p>	同上
規則第4.5条 (構造成立 性評価)	<p>鋼管式鉛直壁 (一般部)</p> <p>山側: HWL (O.P. +2.43m) 海側: HWL (O.P. +2.43m)</p>	(山側) 海側同様、期望平均満潮位 (HWL) ※1 に設定  (海側) 期望平均満潮位
	<p>盛土堤防</p> <p>山側: 地表面 (O.P. +14.8m) 海側: 地表面</p>	(山側) 地表面に設定 (セメント改良土も O.P. +14.8m に設定)  (海側) 期望平均満潮位

※1 工認段階で地下水位の設定が変更となった場合は再評価を行うとともに、必要に応じて対策を実施。

補足 5-5 図 防潮堤の構造成立性評価における地下水位設定との比較

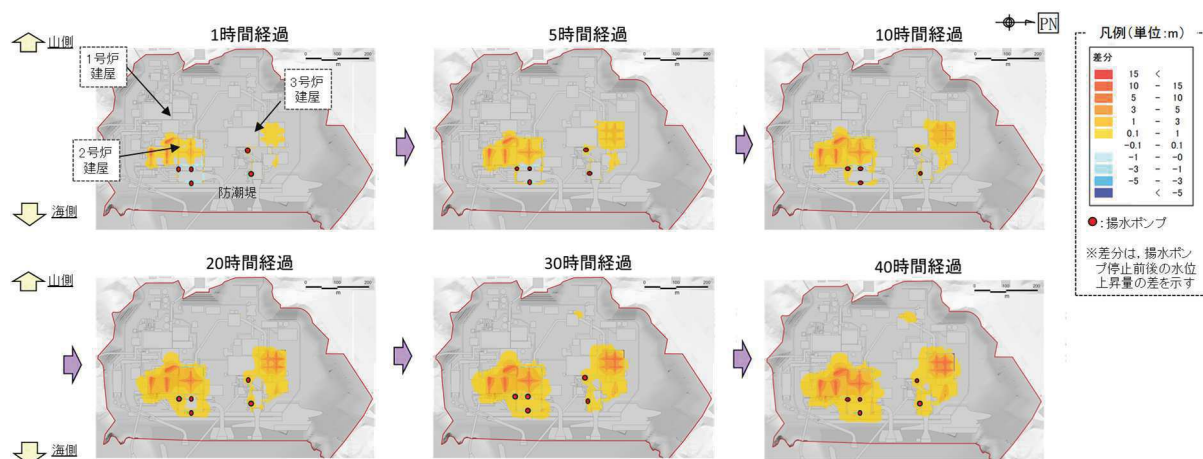
## 地下水位低下設備の機能喪失後の水位上昇

地下水位低下設備の信頼性の確保により、集水機能を喪失した状態が長期間継続することは考えにくいですが、念のための検討として、この状況を仮定した水位の経時変化を確認した。

既設の2号炉・3号炉揚水ポンプに対する検討例を補足 6-1 図に示す。

地下水位低下設備が設置される原子炉建屋周辺は岩盤を掘り込み構築し、盛土で埋め戻していることから、地下水位低下設備の機能停止後の水位上昇範囲は、初期段階では建屋近傍に限定され、揚水ポンプ停止が長期間継続した場合はその周囲に拡大していく。また、地下水位の上昇速度は非常に緩速である。

補足 6-1 図のとおり、集水機能喪失後の建屋周辺の水位の変動は、揚水井戸の位置で把握することが可能である。



補足 6-1 図 三次元浸透流解析による揚水ポンプ停止後の水位上昇の評価例  
(保守的に解析境界の法肩地表面に水位固定した非定常解析の例)

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位低下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補足 7-1 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，地下水位低下設備は，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。
- 第 I 編に示した機能喪失時の影響確認の結果を踏まえ，原子炉建屋の基礎や土木構造物等の間接支持構造物の耐震性を確保する観点から，地下水位低下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（S s 機能維持）を考慮する。
- 以上を踏まえ，地下水位低下設備の耐震重要度分類については，Cクラスに分類し，基準地震動 S s に対して機能維持させる設計とする。

補足 7-1 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"> <li>• 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系</li> <li>• 使用済燃料を貯蔵するための施設</li> <li>• 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</li> <li>• 原子炉停止後，炉心から崩壊熱を除去するための施設 等</li> </ul>	×
B	安全機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"> <li>• 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</li> <li>• 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</li> </ul>	×
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	—	○

設置許可基準規則の観点から地下水位低下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。

- 設置許可基準規則第 2 条における以下の定義から，地下水位低下設備は安全機能を有するものではない。
- また，安全機能を有するものではないことから，安全施設にも該当しない。

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つて、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

八 「安全施設」とは、設計基準対象施設のうち、安全機能を有するものをいう。

設置許可基準規則における安全施設に該当しないことから、地下水位低下設備が有する機能に着目し、設備の位置づ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。

- 地下水位低下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づけを確認した結果、以降に示すとおり、安全機能を有する構築物、系統及び機器に該当しないことを確認した。

## 2. 安全機能の重要度分類

### (1) 安全機能の区分

安全機能を有する構築物、系統及び機器を、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補足 7-2 表に示す。

なお、重要度分類指針においては、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直接、間接に必要な構築物、系統及び機器を「関連系」と定義している。

補足 7-2 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) 地下水位低下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、地下水位低下設備の位置付けを整理した結果、『安全に関連する構築物、系統及び機器』に分類されないため、『安全機能以外の機能のみを行うもの』と整理できる。

安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能と地下水位低下設備の位置付けを補足 7-3 表～補足 7-5 表に示す。

補足 7-3 表 安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能と地下水位低下設備の位置付け

分類	定義	機能	地下水位低下設備の位置付け	
クラス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過圧防止機能	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	



補足 7-4 表 安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能と  
地下水位低下設備の位置付け

分類	定義	機能	地下水位低下設備の位置付け	
クラス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	
		(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
MS-2	(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	

補足 7-5 表 安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能と  
地下水位低下設備の位置付け

分類	定義	機能	地下水位低下設備の位置付け	
クラス3	(1) 異常状態の起回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) 運転時の異常な過渡変化があっても、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	

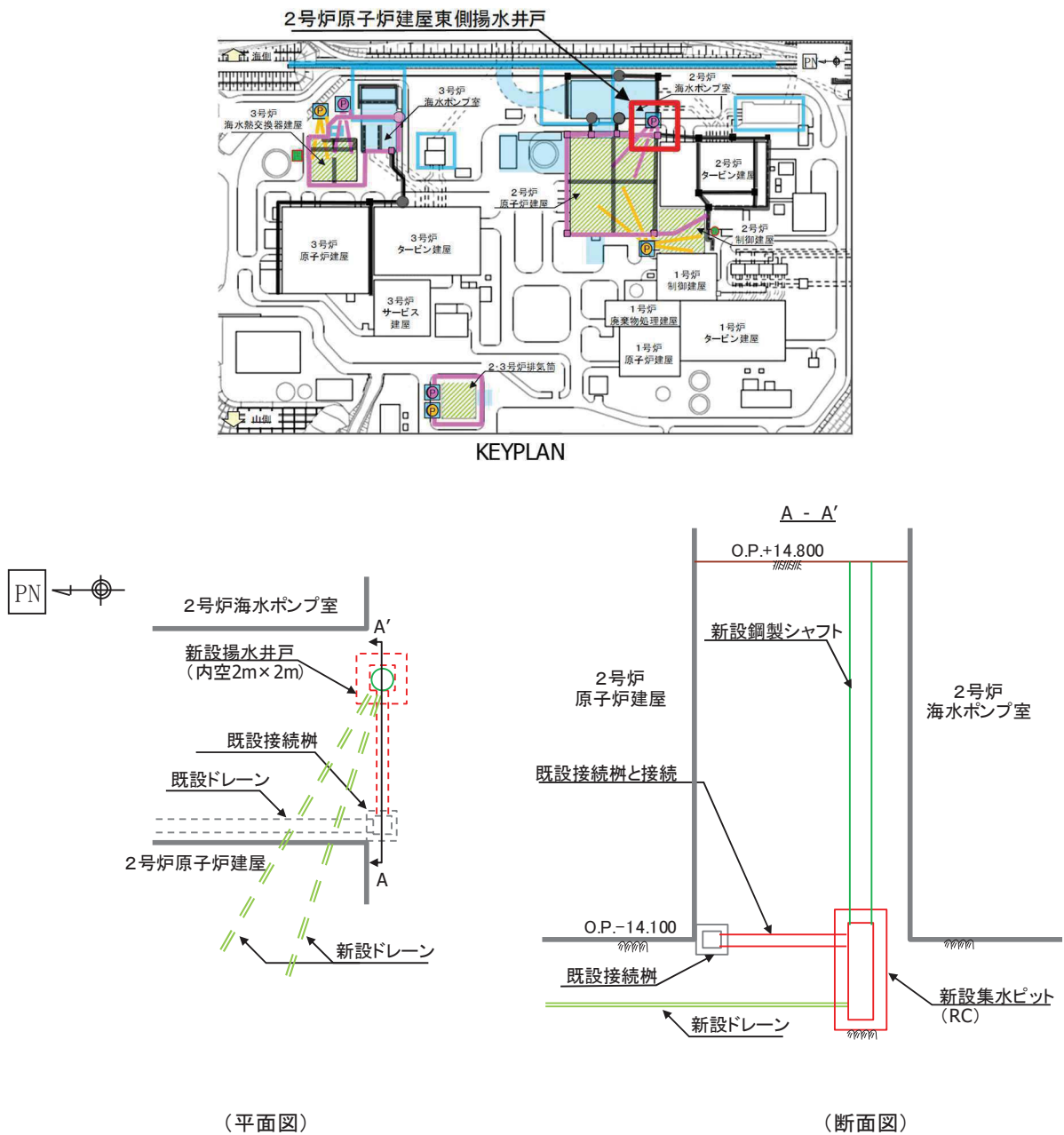
新設揚水井戸・ドレーンの構造・配置及び施工例

1. 新設揚水井戸の構造概要

新設する揚水井戸は添付資料 2 に示すフローに基づき、耐久性、耐震性及び保守管理性を考慮して設計し、さらに安全施設の要求性能に配慮した配置とする。

2号原子炉建屋東側の新設揚水井戸を例とした構造・配置例を補足 8-1 図に示す。

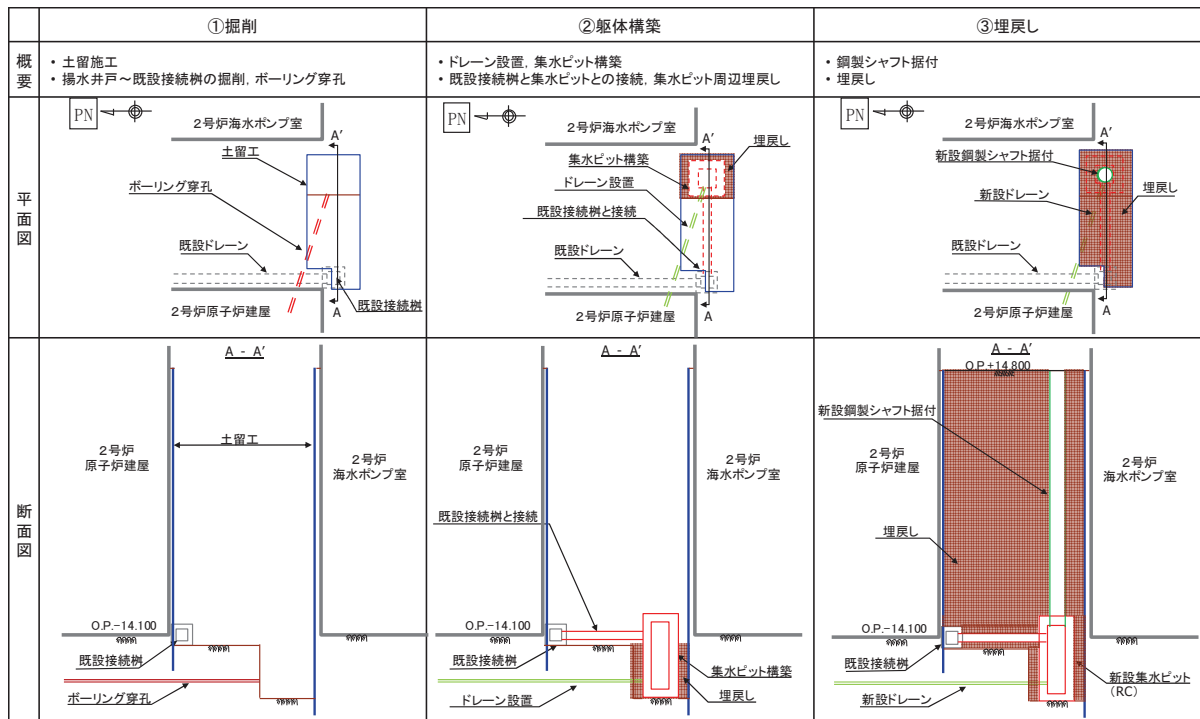
なお、揚水井戸の位置及び構造については工認段階で詳細検討を行い決定する。



補足 8-1 図 新設揚水井戸の構造・配置例

## 2. 新設揚水井戸の施工手順

新設する揚水井戸の施工手順を補足 8-2 図に示す。



補足 8-2 図 揚水揚水井戸の施工手順