

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	EP-050 改 57
提出年月日	令和 3 年 3 月 15 日

島根原子力発電所 2 号炉

地震による損傷の防止

令和 3 年 3 月
中国電力株式会社

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これらが設置された建物・構築物
- 6. 設計用減衰定数
- 7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響
- 8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針
- 9. 構造計画と配置計画

(別添)

- 別添－ 1 設計用地震力
- 別添－ 2 動的機能維持の評価
- 別添－ 3 弾性設計用地震動 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の耐震評価における断面選定の考え方
- 別添－ 7 主要建物の構造概要について
- 別添－ 8 地震応答解析に用いる地質断面図の作成例及び地盤の速度構造

(別紙)

- 別紙－ 1 設置変更許可申請における既許可からの変更点及び既工認との手法の相違点の整理について
- 別紙－ 2 建物の地震応答解析モデルについて（建物基礎底面の付着力及び 3 次元 F E M モデルの採用）
- 別紙－ 3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用について
- 別紙－ 4 原子炉建物屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の適用について
- 別紙－ 5 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－ 6 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定について
- 別紙－ 7 機器・配管系における手法の変更点について
- 別紙－ 8 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－ 9 下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別紙－ 1 0 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討について
- 別紙－ 1 1 液状化影響の検討方針について
- 別紙－ 1 2 既設設備に対する耐震補強等について
- 別紙－ 1 3 後施工せん断補強筋による耐震補強
- 別紙－ 1 4 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－ 1 5 動的機能維持評価の検討方針について
- 別紙－ 1 6 建物・構築物の地震応答解析における入力地震動の評価について

- 別紙－１７ 地下水位低下設備について
別紙－１８ 機器・配管系への制震装置の適用について
別紙－１９ 弾性設計用地震動 S_d の設定について
別紙－２０ 基礎地盤傾斜が $1/2,000$ を超えることに対する耐震設計方針について

下線は、今回の提出資料を示す。

(2) 安全設計方針

1.4 耐震設計

発電用原子炉施設の耐震設計は、「設置許可基準規則」に適合するように、「1.4.1 設計基準対象施設の耐震設計」、「1.4.2 重大事故等対処施設の耐震設計」、「1.4.3 主要施設の耐震構造」及び「1.4.4 地震検知による耐震安全性の確保」に従って行う。

1.4.1 設計基準対象施設の耐震設計

1.4.1.1 設計基準対象施設の耐震設計の基本方針

設計基準対象施設の耐震設計は、以下の項目に従って行う。

- (1) 地震により生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの（以下「耐震重要施設」という。）は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (2) 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられるように設計する。
- (3) 建物・構築物については、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。

なお、建物・構築物とは、建物、構築物及び土木構造物（屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物）の総称とする。

また、屋外重要土木構造物とは、耐震安全上重要な機器・配管系の間接支持機能、若しくは非常時における海水の通水機能を求められる土木構造物をいう。
- (4) Sクラスの施設（(6)に記載のもののうち、津波防護機能を有する設備（以下「津波防護施設」という。）、浸水防止機能を有する設備（以下「浸水防止設備」という。）及び敷地における津波監視機能を有する施設（以下「津波監視設備」という。）を除く。）は、基準地震動 S_s による地震力に対して、その安全機能が保持できるように設計する。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられる設計とする。

- (5) Sクラスの施設（(6)に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）については、静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。

また、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。なお、水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用し、影響が考えられる施設及び設備については許容限界の範囲内にとどまることを確認する。

- (6) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに津波防護施設、浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物は、基準地震動 S_s による地震力に対して、構造全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

ただし、浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管系については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、浸水防止機能に影響を及ぼさないように、また、動的機器等については、基準地震動 S_s による応答に対して、その設備に要求される機能を保持するように設計する。また、弾性設計用地震動 S_d による地震力又はSクラスの施設に適用する静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられる設計とする。

なお、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、上記(5)と同様とする。

また、重大事故等対処施設を津波から防護するための津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びにこれらが設置された建物・構築物についても同様の設計方針とする。

- (7) Bクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。

また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動 S_d に2分の1を乗じたものとする。なお、当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方向につ

いて適切に組み合わせて算定するものとし、Sクラス施設と同様に許容限界の範囲内にとどまることを確認する。

- (8) Cクラスの施設は、静的地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。
- (9) 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。
- (10) 設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。
- (11) Sクラスの施設及びその間接支持構造物等のうち、地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜が基本設計段階の目安値である $1/2,000$ を上回る施設の設計においては、傾斜の評価で用いた地盤の物性値を考慮する。
- (12) 設計基準対象施設の設計においては、防波壁の設置及び地盤改良を実施したことにより地下水の流れが遮断され地下水水位が上昇するおそれがあることを踏まえ、地下水水位を一定の範囲に保持する地下水水位低下設備を設置し、同設備の効果が及ぶ範囲においては、その機能を考慮した設計地下水水位を設定し水圧の影響を考慮する。地下水水位低下設備の効果が及ばない範囲においては、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水水位を設定し水圧の影響を考慮する。
- (13) 耐震重要施設は、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状の影響を考慮した場合においても、その安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (14) 炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、炉心内の燃料被覆管の応答が全体的におおむね弾性状態にとどまるように設計する。

基準地震動 S_s による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。

【説明資料（1.1：P4条－67）（9：P4条－88）】

1.4.1.2 耐震重要度分類

設計基準対象施設の耐震重要度を次のように分類する。

(1) Sクラスの施設

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であり，次の施設を含む。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系
- ・使用済燃料を貯蔵するための施設
- ・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設，及び原子炉の停止状態を維持するための施設
- ・原子炉停止後，炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後，炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に，圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設
- ・放射性物質の放出を伴うような事故の際に，その外部放散を抑制するための施設であり，上記の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設
- ・津波防護施設及び浸水防止設備
- ・津波監視設備

【説明資料（2.1(1)：P4条－71）】

(2) Bクラスの施設

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であり，次の施設を含む。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて，一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設
- ・放射性廃棄物を内蔵している施設（ただし，内蔵量が少ない又は貯蔵方式により，その破損により公衆に与える放射線の影響が「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則（昭和53年通商産業省令第77号）」第二条第二項第六号に規定する「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。）
- ・放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で，その破損により，公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設
- ・使用済燃料を冷却するための施設

- ・放射性物質の放出を伴うような場合に，その外部放散を抑制するための施設で，Sクラスに属さない施設

【説明資料（2.1(2)：P4条－71）】

(3) Cクラスの施設

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である。

上記に基づくクラス別施設を第1.4.1-1表に示す。

なお，同表には当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動及び波及的影響を考慮すべき施設に適用する地震動についても併記する。

【説明資料（2.1(3)：P4条－71）】

1.4.1.3 地震力の算定方法

設計基準対象施設の耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

静的地震力は，Sクラスの施設（津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備を除く。），Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし，それぞれ耐震重要度分類に応じて次の地震層せん断力係数 C_i 及び震度に基づき算定する。

ただし，浸水防止設備のうち隔離弁，ポンプ及び配管系については，Sクラスの施設に適用する静的地震力を適用する。

a. 建物・構築物

水平地震力は，地震層せん断力係数 C_i に，次に示す施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じ，さらに当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで，地震層せん断力係数 C_i は，標準せん断力係数 C_0 を0.2以上とし，建物・構築物の振動特性，地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

また，必要保有水平耐力の算定においては，地震層せん断力係数 C_i に乗じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は，Sクラス，Bクラス及びCクラスともに1.0とし，その際に用いる標準せん断力係数 C_0 は1.0以上とする。

Sクラスの施設については，水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は，震度0.3以上を基準とし，建物・構築物の振動特性，地

盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定として求めた鉛直震度より算定するものとする。

ただし、土木構造物の静的地震力は、安全上適切と認められる規格及び基準を参考に、Cクラスに適用される静的地震力を適用する。

b. 機器・配管系

静的地震力は、上記 a. に示す地震層せん断力係数 C_i に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として、当該水平震度及び上記 a. の鉛直震度をそれぞれ 20% 増しとした震度より求めるものとする。

なお、Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

上記 a. 及び b. の標準せん断力係数 C_i 等の割増係数の適用については、耐震性向上の観点から、一般産業施設、公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定する。

【説明資料（3.1(1)：P4条－71）】

(2) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設、屋外重要土木構造物及びBクラスの施設のうち共振のおそれのあるものに適用することとし、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動を入力として、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。なお、構造特性から水平2方向及び鉛直方向の地震力の影響が考えられる施設及び設備については、水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに対して、許容限界の範囲内にとどまることを確認する。

Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動の振幅を2分の1にしたものによる地震力を適用する。

屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに津波防護施設、浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物については、基準地震動 S_s による地震力を適用する。ただし、浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管系については、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力を適用する。

添付書類六の「5. 地震」に示す基準地震動 S_s は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定

せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定し、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」に基づき策定した基準地震動 $S_s - D$ の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度、基準地震動 $S_s - F 1$ 及び $S_s - F 2$ の年超過確率は $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 程度であり、「震源を特定せず策定する地震動」に基づき設定した基準地震動 $S_s - N 1$ 及び $S_s - N 2$ の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 程度である。

また、弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として 0.5 を下回らないよう基準地震動 S_s に係数 0.5 を乗じて設定する。ここで、係数 0.5 は、工学的判断として、発電用原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が 0.5 程度であるという知見⁽¹⁾ を踏まえた値とする。さらに、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和 56 年 7 月 20 日原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）」における基準地震動 S_1 の応答スペクトルをおおむね下回らないよう配慮した地震動も弾性設計用地震動 S_d として設定する。

また、建物・構築物及び機器・配管系ともに 0.5 を採用することで、弾性設計用地震動 S_d に対する設計に一貫性をとる。なお、弾性設計用地震動 $S_d - D$ の年超過確率は $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 程度、弾性設計用地震動 $S_d - F 1$ 、 $S_d - F 2$ 、 $S_d - N 1$ 及び $S_d - N 2$ は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度、 $S_d - 1$ は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度である。

弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルを第 1.4-1 図及び第 1.4-2 図に、弾性設計用地震動 S_d の加速度時刻歴波形を第 1.4-3 図～第 1.4-8 図に、弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_1 の応答スペクトルの比較を第 1.4-9 図に、弾性設計用地震動 S_d と解放基盤表面における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較を第 1.4-10 図及び第 1.4-11 図に示す。

【説明資料（3.1(2)：P4 条-72)】

a. 入力地震動

解放基盤表面は、S 波速度が 700m/s 以上となっている標高 -10m としている。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d を基に、対象建物・構築物の地盤条件を適切に考慮したうえで、必要に応じ 2 次元 FEM 解析又は 1 次元波動論により、

地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係にも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。また、必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ設定する。

b. 地震応答解析

(a) 動的解析法

i 建物・構築物

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。動的解析は、時刻歴応答解析法又は線形解析に適用可能な周波数応答解析法による。

建物・構築物の動的解析に当たっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。

動的解析には、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばねは、基礎版の平面形状、地盤の剛性等を考慮して定める。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験によるものを用いる。

地盤－建物・構築物連成系の減衰定数は、振動エネルギーの地下逸散及び地震応答における各部のひずみレベルを考慮して定める。

基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する応答解析において、主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、実験等の結果に基づき、該当する建物部分の構造特性に応じて、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

また、 S クラスの施設を支持する建物・構築物の支持機能を検討するための動的解析において、施設を支持する建物・構築物の主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

応答解析に用いる材料定数については、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。

また、必要に応じて建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力に及ぼす影響を検討する。

建物・構築物の動的解析において、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析等を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえたうえで実施した液状化強度試験結果よりも保守的な簡易設定法を用いて設定する。

原子炉建物については、3次元FEM解析等から、建物・構築物の3次元応答性状及び機器・配管系への影響を評価する。

屋外重要土木構造物の動的解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法とし、地盤及び構造物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線形又は非線形解析のいずれかに行う。

なお、地震力については、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。

【説明資料（5.1：P4条－81）（5.3：P4条－84）】

ii 機器・配管系

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切な規格及び基準又は試験等の結果に基づき設定する。

機器の解析に当たっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるよう質点系モデル、有限要素モデル等に置換し、設計用床応答スペクトルを用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。

配管系については、配管の形状や構造を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるモデルを作成し、設計用床応答スペクトルを用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。

スペクトルモーダル解析法及び時刻歴応答解析法の選択に当たっては、衝突、すべり等の非線形現象を模擬する観点又は既往研究の知見を取り入れ実機の挙動を模擬する観点で、建物・構築物の剛性、地盤物性のばらつき等への配慮をしつつ時刻歴応答解析法

を用いる等，解析対象とする現象，対象設備の振動特性，構造特性等を考慮し適切に選定する。

また，設備の3次元的な広がりを踏まえ，適切に応答を評価できるモデルを用い，水平2方向及び鉛直方向の応答成分について適切に組み合わせるものとする。

なお，剛性の高い機器は，その機器の設置床面の最大応答加速度の1.2倍の加速度を震度として作用させて地震力を算定する。

【説明資料（5.2：P4条－82）】

(3) 設計用減衰定数

応答解析に用いる減衰定数は，安全上適切と認められる規格及び基準，既往の振動実験，地震観測の調査結果等を考慮して適切な値を定める。

なお，建物・構築物の応答解析に用いる鉄筋コンクリートの減衰定数の設定については，既往の知見に加え，既設施設の地震観測記録等により，その妥当性を検討する。

また，地盤と屋外重要土木構造物の連成系地震応答解析モデルの減衰定数については，地中構造物としての特徴及び同モデルの振動特性を考慮して適切に設定する。

【説明資料（6：P4条－85）】

1.4.1.4 荷重の組合せと許容限界

設計基準対象施設の耐震設計における荷重の組合せと許容限界は以下による。

(1) 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を次に示す。

a. 建物・構築物

(a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり，通常 of 自然条件下におかれている状態

ただし，運転状態には通常運転時，運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風，積雪等）

b. 機器・配管系

(a) 通常運転時の状態

発電用原子炉の起動，停止，出力運転，高温待機，燃料取替等が計画的又は頻繁に行われた場合であって運転条件が所定の制限値以内にある運転状態

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態

通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって，当該状態が継続した場合には炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生ずるおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

(c) 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって，当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が発生した状態

(d) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（風，積雪等）

【説明資料（4.1(1)：P4条－73）】

(2) 荷重の種類

a. 建物・構築物

- (a) 発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重，すなわち固定荷重，積載荷重，土圧，水圧及び通常の気象条件による荷重
- (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- (d) 地震力，風荷重，積雪荷重等

ただし，運転時の状態及び設計基準事故時の状態での荷重には機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし，地震力には，地震時土圧，機器・配管系からの反力，スロッシング等による荷重が含まれるものとする。

b. 機器・配管系

- (a) 通常運転時の状態で施設に作用する荷重
- (b) 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- (d) 地震力，風荷重，積雪荷重等

【説明資料（4.1(2)：P4条－75）】

(3) 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは次による。

- a. 建物・構築物（c. に記載のものを除く。）
 - (a) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時(通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時)の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
 - (b) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動Sdによる地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
 - (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
- b. 機器・配管系（c. に記載のものを除く。）
 - (a) Sクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
 - (b) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
 - (c) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせる。
 - (d) Bクラス及びCクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
 - (e) 炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能の確認においては、通常運転時の状態で燃料被覆管に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって燃料被覆管に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- c. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びにこれらが設置された建物・構築物

- (a) 津波防護施設並びに津波防護施設，浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物については，常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動 S_s による地震力とを組み合わせる。
- (b) 浸水防止設備及び津波監視設備については，常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動 S_s による地震力とを組み合わせる。さらに，浸水防止設備のうち隔離弁，ポンプ及び配管系については，常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力とを組み合わせる。

なお，上記 c. (a) 及び (b) については，地震と津波が同時に作用する可能性について検討し，必要に応じて基準地震動 S_s による地震力と津波による荷重の組合せを考慮する。また，津波以外による荷重については，「(2) 荷重の種類」に準じるものとする。

d. 荷重の組合せ上の留意事項

- (a) Sクラスの施設に作用する地震力のうち動的地震力については，水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に組み合わせ算定するものとする。
- (b) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しいことが判明している場合には，その他の荷重の組合せ状態での評価は行わないことがある。
- (c) 複数の荷重が同時に作用する場合，それらの荷重による応力の各ピークの生起時刻に明らかにならずれがあることが判明しているならば，必ずしもそれぞれの応力のピーク値を重ねなくてもよいものとする。
- (d) 上位の耐震重要度分類の施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確認する場合には，支持される施設の耐震重要度分類に応じた地震力と常時作用している荷重，運転時の状態で施設に作用する荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。

なお，第 1.4.1-1 表に対象となる建物・構築物及びその支持機能が維持されていることを検討すべき地震動等について記載する。

- (e) 地震と組み合わせる自然現象として，風及び積雪を考慮し，風荷重及び積雪荷重については，施設の設置場所，構造等を考慮して，地震荷重と組み合わせる。

【説明資料 (4.1(3) : P4 条 - 75)】

(4) 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとし、安全上適切と認められる規格及び基準，試験等で妥当性が確認されている許容応力等を用いる。

a. 建物・構築物（c. に記載のものを除く。）

(a) Sクラスの建物・構築物

i 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

「建築基準法」等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ（原子炉格納容器バウンダリにおける長期的荷重との組合せを除く。）に対しては、下記 ii に示す許容限界を適用する。

ii 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を持たせることとする（評価項目はせん断ひずみ、応力等）。

なお、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが著しく増加するに至る限界の最大耐力とし、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。

(b) Bクラス及びCクラスの建物・構築物（(e)及び(f)に記載のものを除く。）

上記(a) i による許容応力度を許容限界とする。

(c) 耐震重要度分類の異なる施設を支持する建物・構築物（(e)及び(f)に記載のものを除く。）

上記(a) ii を適用するほか、耐震重要度分類の異なる施設を支持する建物・構築物が、変形等に対して、その支持機能を損なわないものとする。

なお、当該施設を支持する建物・構築物の支持機能が損なわれないことを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される地震動とする。

(d) 建物・構築物の保有水平耐力（(e)及び(f)に記載のものを除く。）

建物・構築物については、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して耐震重要度分類に応じた安全余裕を有していることを確認する。

(e) 屋外重要土木構造物

i 静的地震力との組合せに対する許容限界

安全上適切と認められる規格及び基準による許容値を許容限界とする。

ii 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

構造部材の曲げについては限界層間変形角，許容応力度等，構造部材のせん断についてはせん断耐力，許容応力度等に対して，妥当な安全余裕を持たせることとする。3次元静的材料非線形解析により評価を行うもの等，ひずみを許容値とする場合は，構造物の要求機能に応じた許容値に対し妥当な安全余裕を持たせることとする。

(f) その他の土木構造物

安全上適切と認められる規格及び基準による許容値を許容限界とする。

b. 機器・配管系（c. に記載のものを除く。）

(a) Sクラスの機器・配管系

i 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態にとどまることとする（評価項目は応力等）。

ただし，冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ（原子炉格納容器バウンダリを構成する設備，非常用炉心冷却設備等における長期的荷重との組合せを除く。）に対しては，下記 ii に示す許容限界を適用する。

ii 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

塑性ひずみが生じる場合であっても，その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し，その施設に要求される機能に影響を及ぼさないように応力，荷重等を制限する値を許容限界とする。

また，地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等については，基準地震動 S_s による応答に対して，実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とする。

(b) Bクラス及びCクラスの機器・配管系
応答が全体的におおむね弾性状態にとどまることとする（評価項目は応力等）。

(c) チャンネル・ボックス
地震時に作用する荷重に対して、燃料集合体の冷却材流路を維持できること及び過大な変形や破損を生ずることにより制御棒の挿入が阻害されることがないことを確認する。

(d) 燃料被覆管
炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能についての許容限界は、以下のとおりとする。

i 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態にとどまることとする。

ii 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないこととする。

c. 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びにこれらが設置された建物・構築物

津波防護施設並びに津波防護施設、浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物については、基準地震動 S_s による地震力に対して、当該施設及び建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能（津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能）が保持できることを確認する（評価項目はせん断ひずみ、応力等）。

浸水防止設備及び津波監視設備については、基準地震動 S_s による地震力に対して、その設備に要求される機能（浸水防止機能及び津波監視機能）が保持できることを確認する。さらに、浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管系については、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられることを確認する。

d. 基礎地盤の支持性能

- (a) Sクラスの建物・構築物及びSクラスの機器・配管系
((b) に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防止設備
及び津波監視設備を除く。) の基礎地盤
- i 弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力
との組合せに対する許容限界
接地圧に対して、安全上適切と認められる規格、基
準等による地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。
- ii 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許
容限界
接地圧が、安全上適切と認められる規格、基準等によ
る地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有する
ことを確認する。
- (b) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及
び津波監視設備並びに津波防護施設、浸水防止設備又は
津波監視設備が設置された建物・構築物の基礎地盤
- i 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許
容限界
接地圧が、安全上適切と認められる規格、基準等によ
る地盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有する
ことを確認する。
- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物、Bクラス及び
Cクラスの機器・配管系並びにその他の土木構造物の基
礎地盤
上記(a) i による許容支持力度を許容限界とする。

【説明資料 (4.1(4) : P4 条 - 78)】

1.4.1.5 設計における留意事項

耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設（以下「下位クラス施設」という。）の波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。

波及的影響については、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用して評価を行う。なお、地震動又は地震力の選定に当たっては、施設の配置状況、使用時間等を踏まえて適切に設定する。また、波及的影響においては水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用する場合に影響を及ぼす可能性のある施設及び設備を選定し評価する。

波及的影響評価に当たっては、以下(1)～(4)をもとに、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、耐震重要施設の安全機能への影響がないことを確認する。確認に当たっては、施設の配置、構成等の特徴を考慮することとし、大型の下

位クラス施設と耐震重要施設が物理的に分離されず設置される等、耐震重要施設の安全機能への影響の確認において配慮を要する場合は、その特徴に留意して調査・検討を行う。

なお、原子力発電所の地震被害情報をもとに、以下(1)～(4)以外に検討すべき事項がないか確認し、新たな検討事項が抽出された場合には、その観点を追加する。

- (1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響

a. 不等沈下

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して不等沈下により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

b. 相対変位

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力による下位クラス施設と耐震重要施設の相対変位により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

- (2) 耐震重要施設と下位クラス施設との接続部における相互影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震重要施設に接続する下位クラス施設の損傷により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

- (3) 建物内における下位クラス施設の損傷、転倒、落下等による耐震重要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して建物内の下位クラス施設の損傷、転倒、落下等により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

- (4) 屋外における下位クラス施設の損傷、転倒、落下等による耐震重要施設への影響

a. 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、施設の周辺地盤の液状化による影響を考慮したうえで、屋外の下位クラス施設の損傷、転倒、落下等により、耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

b. 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、耐震重要施設の周辺斜面が崩壊しないことを確認する。

なお、上記(1)～(4)の検討に当たっては、溢水及び火災の観点からも波及的影響がないことを確認する。(火災については「第8条 火災による損傷の防止」に、溢水については「第9条 溢水による損傷の防止等」に記載)

上記の観点で検討した波及的影響を考慮する施設を、第1.4.1-1表中に「波及的影響を考慮すべき施設」として記載する。

【説明資料（7：P4条-85）】

1.4.1.6 構造計画と配置計画

設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

建物・構築物は、原則として剛構造とし、重要な建物・構築物は、地震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。剛構造としない建物・構築物は、剛構造と同等又はそれを上回る耐震安全性を確保する。

機器・配管系は、応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは、耐震上の観点からできる限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据付け状態になるよう配置する。

また、建物・構築物の建物間相対変位を考慮しても、建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は原則、耐震重要施設に対して離隔をとり配置する若しくは、基準地震動 S_s に対し構造強度を保つようにし、耐震重要施設の安全機能を損なわない設計とする。

【説明資料（9：P4条-88）】

1.4.3 主要施設の耐震構造

1.4.3.1 原子炉建物

原子炉建物は、中央部に地上4階、地下1階で平面が約52m×約52mの原子炉棟があり、その周囲に地上2階（一部3階）、地下2階の原子炉建物附属棟（以下「附属棟」という。）を配置した鉄筋コンクリート造の建物である。原子炉棟と附属棟は、一体構造で同一基礎版上に設置され、本建物の平面は約89m×約70mの矩形をなしている。最下階床面からの高さは約62mで、地上高さは約49mである。

建物中央部には、鋼製格納容器を囲む厚さ約2mの鉄筋コンクリート造の生体遮蔽壁があり、その外側に原子炉棟と附属棟を区切る壁及び附属棟の外壁がある。

これらは、原子炉建物の主要な耐震壁を構成し、それぞれ壁の間を強固な床版で一体に連結しているため、極めて剛な構造となっている。

1. 耐震設計の基本方針

島根原子力発電所 2 号炉の設計基準対象施設の耐震設計方針について説明する。

1.1 基本方針

発電用原子炉施設の耐震設計は、「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 28 日原子力規制委員会規則第 5 号）」及び「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 6 月 28 日原子力規制委員会規則第 6 号）」に適合するよう以下の項目に従って行う。

- (1) 地震により生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの（以下「耐震重要施設」という。）は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (2) 地震により発生するおそれがある安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）に応じて、耐震重要度分類を S クラス， B クラス又は C クラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられるように設計する。
- (3) 建物・構築物及び土木構造物（屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物）については、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する地盤に設置する。
- (4) S クラスの施設（(6)に記載のもののうち、津波防護機能を有する設備（以下「津波防護施設」という。）、浸水防止機能を有する設備（以下「浸水防止設備」という。）及び敷地における津波監視機能を有する施設（以下「津波監視設備」という。）を除く。）について、静的地震力は、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。
- (5) S クラスの施設（(6)に記載のもののうち、津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）は、基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が保持できる設計とする。建物・構築物については、構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有するよう、機器・配管系については、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が

小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能を保持できるように設計する。

また、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられる設計とする。

なお、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平 2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

- (6) 屋外重要土木構造物、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに津波防護施設、浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物は、基準地震動 S_s による地震力に対して、それぞれの施設に要求される機能が保持できる設計とする。

屋外重要土木構造物は、構造部材の曲げについては限界層間変形角、許容応力度等、構造部材のせん断についてはせん断耐力、許容応力度等に対して、妥当な安全余裕を持たせることとする。3次元静的材料非線形解析により評価を行うもの等、ひずみを許容値とする場合は、構造物の要求機能に応じた許容値に対し妥当な安全余裕を持たせることとする。

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びにこれらが設置された建物・構築物については、(5)に示す基準地震動 S_s に対する設計方針を適用する。ただし、浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管系については、(5)に示す基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d 及び静的地震力に対する設計方針を適用する。

なお、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平 2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

また、重大事故等対処施設を津波から防護するための津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びにこれらが設置された建物・構築物についても同様の設計方針とする。

- (7) Bクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられるように設計する。

また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行う。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動 S_d に 2 分の 1 を乗じたものとする。当該地震動による地震力は水平 2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとし、Sクラス施設と同様に許容限界の範囲内にとどまることを確認する。

- (8) Cクラスの施設は、静的地震力に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えられる設計とする。
- (9) 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属するもの（資機材等含む）の波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計とする。
- (10) 設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。
- (11) Sクラスの施設及びその間接支持構造物等のうち、地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜が基本設計段階の目安値である1/2,000を上回る施設の設計においては、傾斜の評価で用いた地盤の物性値を考慮する。
- (12) 設計基準対象施設の設計においては、防波壁の設置及び地盤改良を実施したことにより地下水の流れが遮断され地下水位が上昇するおそれがあることを踏まえ、地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備を設置し、同設備の効果が及ぶ範囲においては、その機能を考慮した設計地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。地下水位低下設備の効果が及ばない範囲においては、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。
- (13) 耐震重要施設は、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状の影響を考慮した場合においても、その安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (14) 炉心内の燃料被覆管の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、炉心内の燃料被覆管の応答が全体的におおむね弾性状態にとどまるように設計する。基準地震動 S_s による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。

1.2 適用規格

適用する規格としては、既往工認で適用実績がある規格のほか、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。

既往工認で実績のある適用規格を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987」
（社）日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984」 （社）日本電気協会

島根原子力発電所 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. 設計地下水位の設定方針.....	6
2.1 基本的な考え方.....	6
2.2 解析モデル作成.....	10
2.3 再現解析による検証.....	12
2.4 地下水位が上昇した場合の影響確認.....	20
2.5 設計地下水位の設定.....	26
2.6 観測による検証.....	28
2.7 解析条件及び地下水位設定方針の整理.....	29
第Ⅱ編 地下水位低下設備の信頼性向上の方針.....	30
1. 地下水位低下設備の目的, 機能及び位置付け.....	30
2. 機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討.....	32
2.1 供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析.....	32
2.2 関係する条文の抽出.....	33
2.3 各構成部位の機能喪失要因の分析.....	35
2.4 分析結果を踏まえた信頼性向上のための配慮事項.....	43
2.5 監視・制御機能及び電源接続の系統構成.....	46
2.6 信頼性の向上を考慮した設備構成の検討.....	47
3. 運用管理・保守管理上の方針.....	49
4. 信頼性向上の方針のまとめ.....	52
第Ⅲ編 設置許可段階における構造成立性検討用の地下水位の設定.....	53
添付資料1 ドレーンの信頼性確保の検討	
添付資料2 設置変更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3号炉北側防波壁周辺の地盤改良後の 影響確認	
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 現行の重要度分類上の位置付けの整理	
補足説明資料7 新設揚水井戸・ドレーンの構造・配置及び施工例	
補足説明資料8 透水係数の妥当性確認	
補足説明資料9 観測孔における地下水位観測記録	

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

【地下水位低下設備の位置付け】

原子炉建物等の主要建物直下及びその周囲には地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備（既設）^{*1}を設置しており、建物、構築物（原子炉建物等）については、揚圧力低減のため地下水位低下設備（既設）の機能に期待した地下水位を設定していた。

一方、屋外重要土木構造物（取水槽及び屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒））は、施設護岸に近傍しており、施設護岸が基礎捨石上に設置された構造物であるため、地下水位を朔望平均満潮位H. W. L.（既工認時EL. +0.3m）と設定していた。

地下水位低下設備（既設）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に及ぶ水位上昇に伴う影響が低減される。

従来、地下水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）、津波防護施設として防波壁の設置及び地盤改良を実施したこと（別紙17-2, 3図）により、地下水の流れが遮断される等、流動場が変化する可能性がある。

また、地下水位低下設備の機能に期待できない場合、地下水位は防波壁設置前より上昇し、施設の安全性へ影響が生じる可能性がある。

防波壁設置後の地下水位を観測した結果、1, 2号機エリアの地下水位低下設備（既設）周辺及び高台の地下水位については、大きな変化がないものの、3号機北側施設護岸周辺（改良地盤）の地下水位は若干上昇する傾向が認められる。

以上を踏まえ、地下水位低下設備（既設）の有無による建物・構築物への影響を検討し、基準適合上の位置付けを整理する。

地下水位低下設備（既設）の有無による建物・構築物への影響について、第3条第2項における液状化影響低減及び第4条（第39条）における揚圧力低減のため、地下水位低下設備（既設）の機能に期待する施設は、建物・構築物のうち原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物及び排気筒であり、地下水位低下設備（既設）の機能に期待する基礎地盤・周辺斜面、屋外重要土木構造物、津波防護施設、重大事故等対処施設及び保管場所・アクセスルートはない。

一方で、地下水位低下設備（既設）については、ドレーン（サブドレーン、集水管及び接続柵）の直接的な確認ができない等から、保守管理性が低い設備である。

以上を踏まえ、原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物及び排気筒に作用する揚圧力及び液状化影響の低減を目的として、信頼性（耐久性・耐震性・保守管理性）を満足する地下水位低下設備^{*2}を新設する。

また、設置許可基準規則第3条第2項及び第4条（第39条）への適合に当たり、

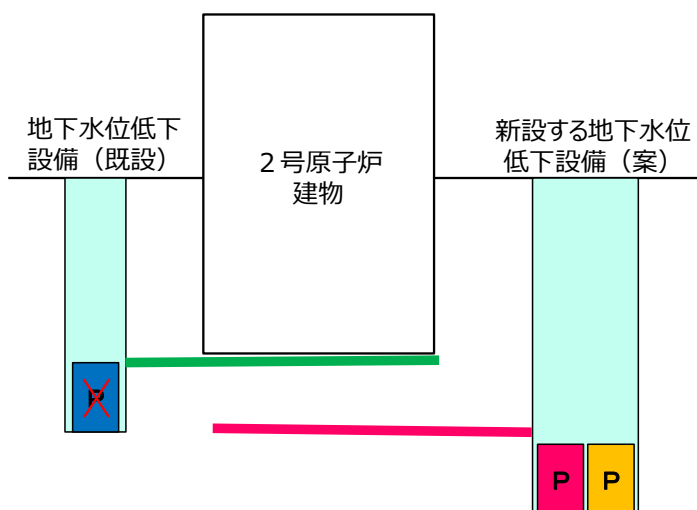
原子炉建物等の設計の前提条件となる地下水位を一定の範囲に保持するために必要であることから、地下水位低下設備を設計基準対象施設（Cクラス：S s 機能維持）として位置付ける。

なお、地下水位低下設備は安全施設に該当しないが、設備の重要性を考慮し、故障要因等を整理したうえで信頼性向上（多重化，非常用電源確保，S s 機能維持，復旧用可搬ポンプの準備等）を図る。

本資料では、上記で述べた島根のサイト特性を踏まえ、今後の施設設計に用いる地下水位を設定するに当たり、防波壁周辺の地盤改良実施後における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。

そのうえで、信頼性確保の方針を踏まえた設計地下水位の設定方法について整理した。

- ※1 地下水位低下設備（既設）は、集水機能（ドレーン：サブドレーン，集水管及び接続柵），支持・閉塞防止機能（揚水井戸：サブドレーンピット），排水機能（揚水ポンプ及び配管），監視制御機能（制御盤及び水位計）及び電源機能（電源）を有する設備である。
- ※2 地下水位低下設備は、地下水位低下設備（既設）のドレーンより低い位置で集水し、かつ地下水位低下設備（既設）から独立した、信頼性（耐久性・耐震性・保守管理性）を満足する設備とする。なお、配置及び構造については、詳細設計段階で確定する。

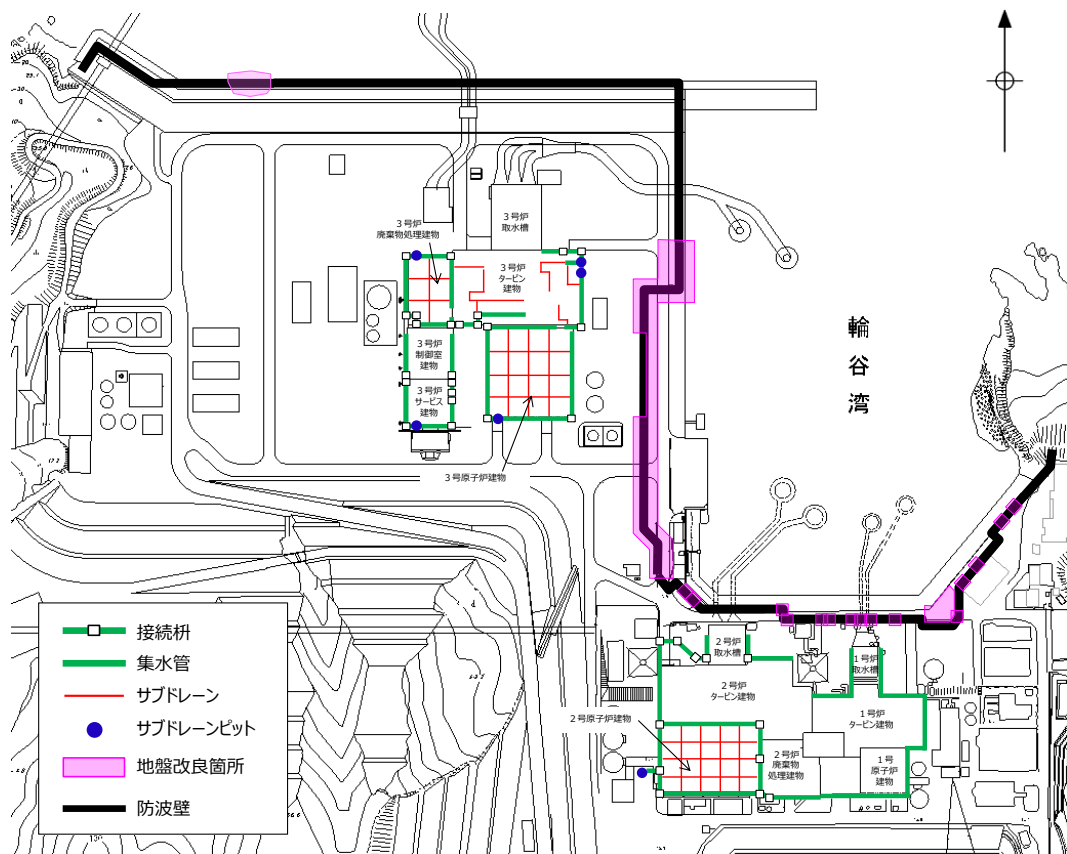


別紙17-1図 地下水位低下設備の概念図

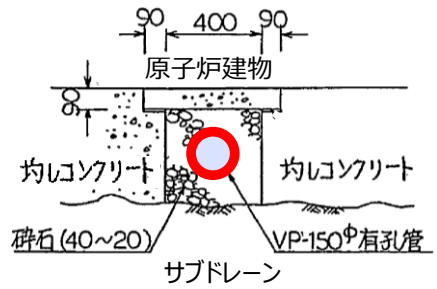
【地下水位低下設備（既設）の概要】

地下水位低下設備（既設）の概要を別紙17-2図に示す。

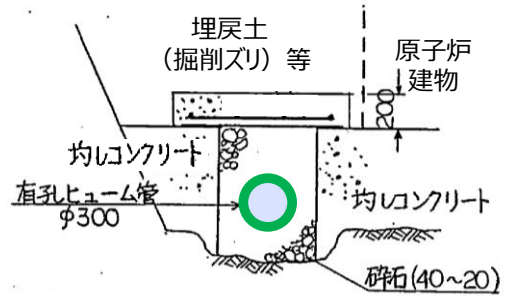
地下水位低下設備（既設）は、各施設周囲の岩盤上に設置されたサブドレーン（硬質ポリ塩化ビニル製有孔管〈φ150mm〉）、集水管（有孔遠心力鉄筋コンクリート管〈φ300mm〉）及び接続枡を介してサブドレーンピットに集水し、揚水ポンプ・配管を介して構内排水路へ排水する構造となっている。地下水位が、通常運転状態の水位を超えるEL. -5.90m以上に上昇すると、水位センサーが検知して揚水ポンプを起動し、EL. -5.70mまで順次起動することにより、通常運転水位まで低下させる。ポンプは保守点検のルールを定めて運用しており、定期的な巡視・点検を行っている他、地震後は速やかに設備点検し状況を確認することとしている。



別紙 17-2(1)図 地下水位低下設備（既設）の概要

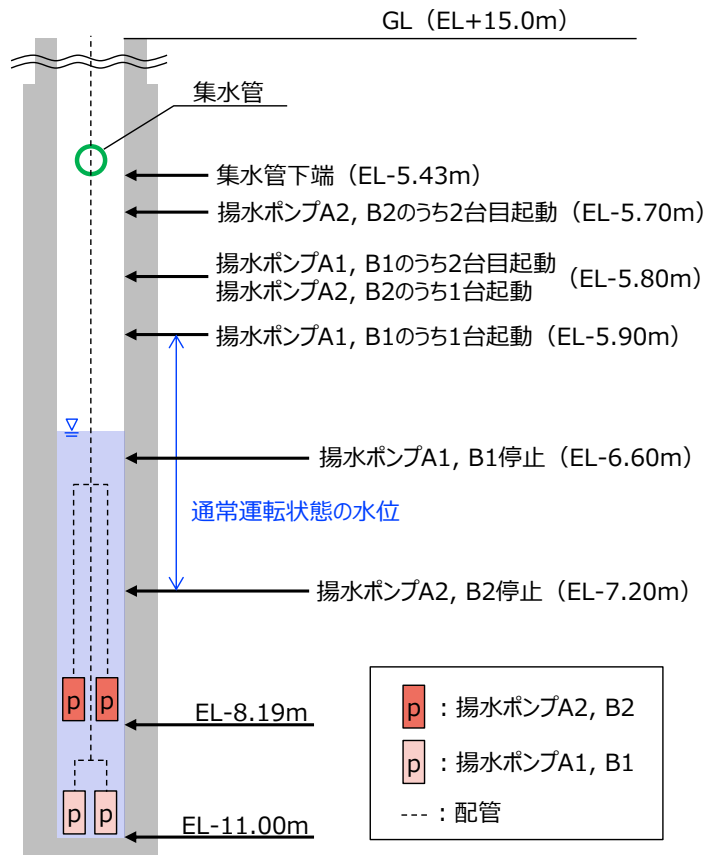


集水管 (タービン建物, 廃棄物処理建物周辺)

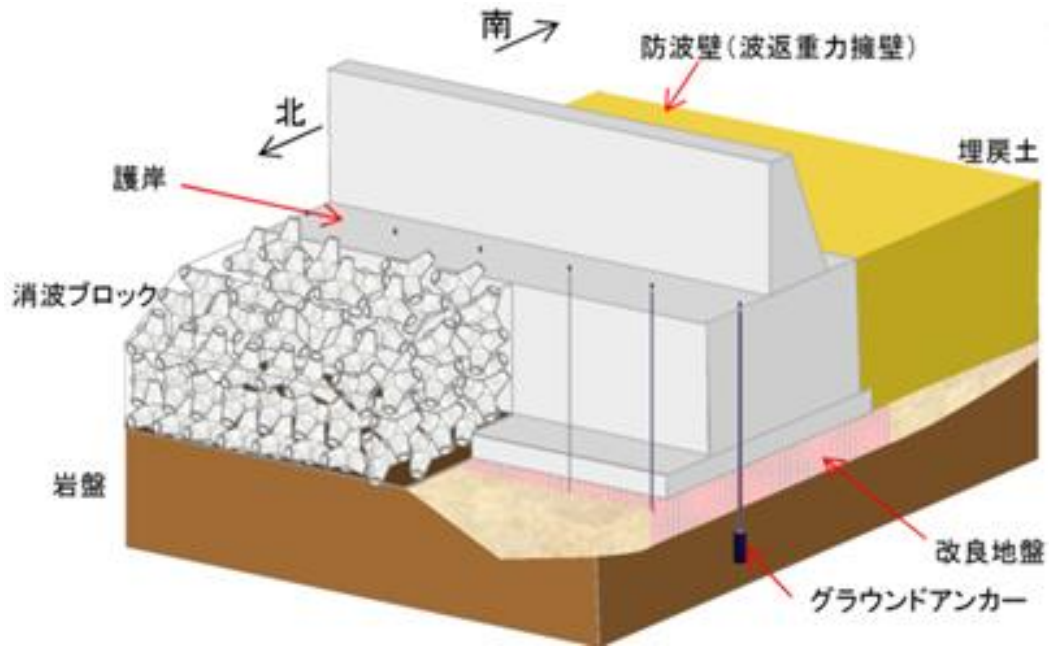


集水管 (原子炉建物周辺)

別紙 17-2 (2) 図 地下水位低下設備 (既設) のうちサブドレーン他の断面図



別紙 17-2 (3) 図 地下水位低下設備 (既設) のうちサブドレーンピット断面図



別紙 17-3 図 防波壁（波返重力擁壁）下部の地盤改良概要

2. 設計地下水位の設定方針

2.1 基本的な考え方

前述のとおり、防波壁の設置及び防波壁周辺の地盤改良によって地下水の流れが遮断され、地下水位が上昇した場合には、揚圧力上昇及び液状化による土圧等の変化により施設等の耐震性に影響^{*1}が及ぶ可能性がある。

このことから、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地下水位低下設備の機能を考慮した設計地下水位を設定し、揚圧力が作用した場合及び液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する方針とする。

地下水位低下設備の効果が及ばない範囲においては、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定し、同様に揚圧力が作用した場合及び液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する方針とする。

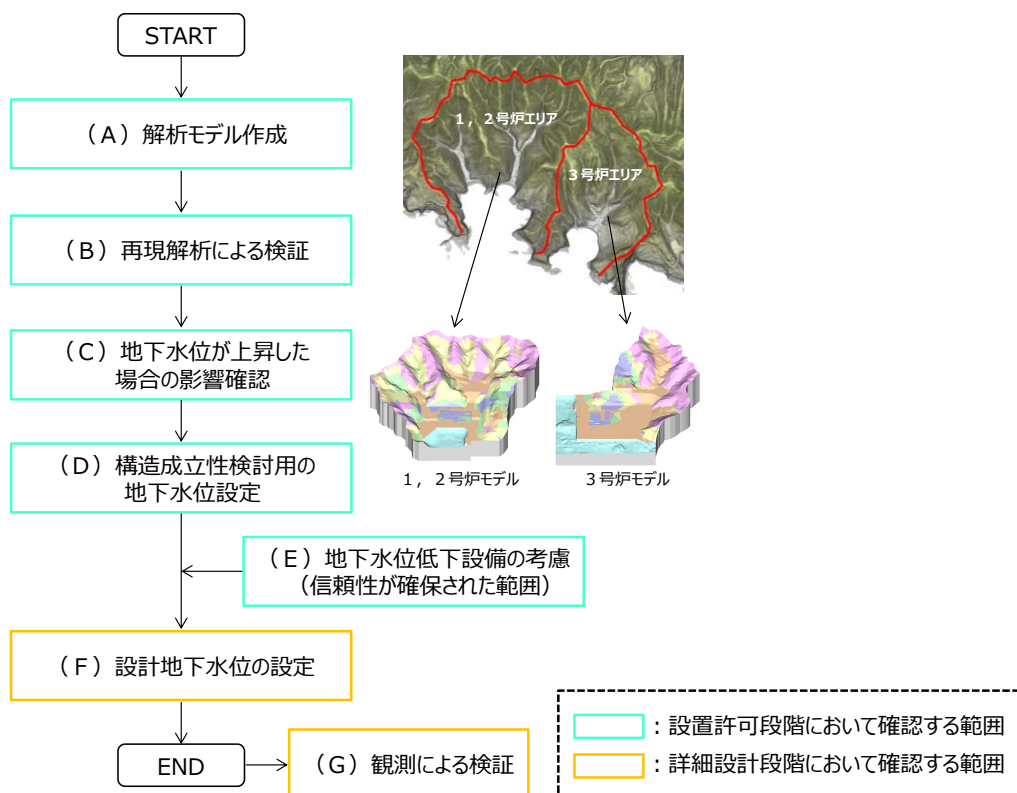
地下水位低下設備の機能を考慮し、施設の設計地下水位を設定するに当たっては、地形等を適切にモデル化した浸透流解析を実施することとし、保守性を確保する方針とする。

解析の保守性については、解析に用いるパラメータや解析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^{*2}に限定し考慮することにより確保する。なお、地下水位低下設備の検討に当たっては建設時工認における設計地下水位の確保を目安とする。

以上の方針に基づき、詳細設計段階において、地下水位低下設備の機能を考慮した浸透流解析の結果から設計地下水位を設定し耐震評価を行いその詳細を示す。

浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フローを別紙 17-4 図に示す。

- ※1 第Ⅰ編 2.4項に示す地下水位が上昇した場合の揚圧力影響(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)及び液状化影響(設置許可基準規則第3条第2項)。液状化等による影響の観点から、埋戻土(掘削ズリ)・砂礫層の分布と施設の配置との関係を補足説明資料4に示す。
- ※2 地下水位低下設備の原子炉建物等への影響に鑑み、地下水位低下設備の機能を保持する設計とする。信頼性向上の方針は第Ⅱ編で詳述する。



別紙 17-4 図 浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フロー

別紙 17-4 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 2 に示す。

(A)～(B) 解析モデル作成・再現解析による検証

- ・島根サイトの地形的特徴，計算機能力を踏まえ，適切に地下水位を評価する観点から，1，2号炉エリア及び3号炉エリアそれぞれで解析モデルを作成する。
- ・再現解析（定常）を実施し，解析水位と観測水位の比較結果を踏まえ，解析モデルに用いる透水係数等の解析用物性値を含めたモデルの妥当性を確認する。また，参考として再現解析（非定常）を実施し，解析水位と観測水位の比較確認を行う。

(C) 地下水位が上昇した場合の影響確認

- ・防波壁周辺の地盤改良により敷地内の地下水の流動場が変化することを踏まえ，耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等を網羅的に抽出する。この影響確認においては，降雨条件を発電所の平均年間降水量より保守的に設定するとともに，地下水位低下設備（既設）の機能に期待しないものとする。
- ・抽出した施設等について，地下水位の上昇により生じる影響の時系列的な変化を整理し，この影響を低減するための施設ごとの対応方針を定める。

(D) 構造成立性検討用の地下水位設定

- ・(C)を踏まえ，設置許可段階における構造物の構造成立性を確認するための地下水位の設定方針を示す。

(E) 地下水位低下設備の考慮（第Ⅱ編及び添付資料1にて詳述）

- ・(C), (D)を踏まえ、地下水位低下設備（既設）の機能に期待する施設については、信頼性の確保された地下水位低下設備を新設し、その機能に期待する方針とする。

(F) 設計地下水位の設定

- ・詳細設計段階で、(A)～(E)に基づく予測解析を実施し、各施設における設計地下水位を設定する。降雨条件は発電所の平均年間降水量より保守的に設定するとともに、地下水位低下設備（既設）の機能に期待しないものとする。なお、地下水位低下設備（既設）の機能に期待する施設については、信頼性の確保された地下水位低下設備の機能に期待する。

(G) 観測による検証

- ・地下水位観測記録を取得し、(F)にて定める設計地下水位の検証を行う。

設計地下水位の設定に当たっては、浸透流解析において、以下に示す保守性を確保する方針とする。

① 地下水位低下設備（既設）の機能に期待しない

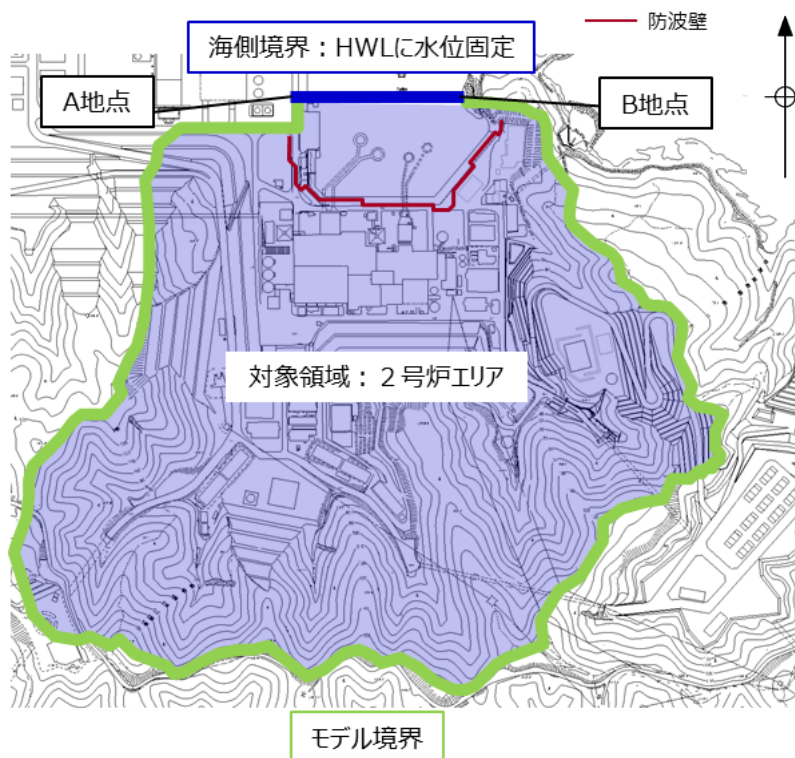
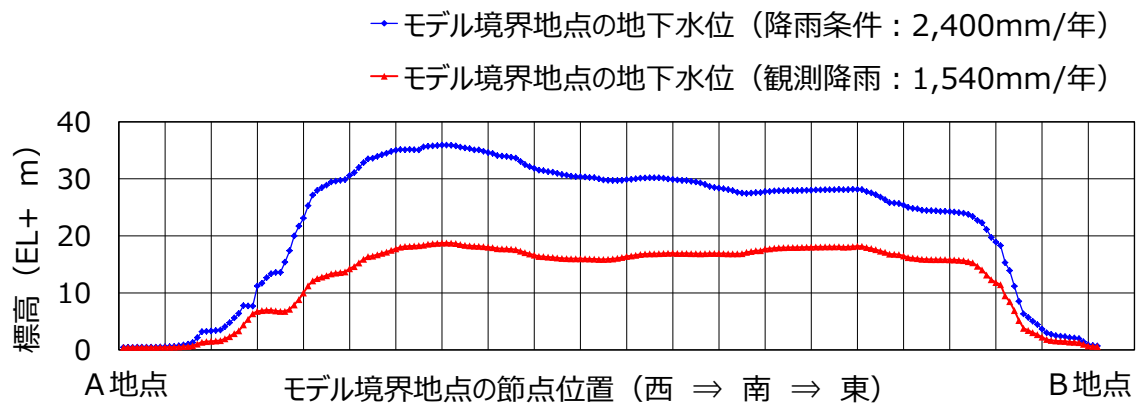
ドレーンは碎石及び土砂が流入して集水機能が低下した状態、揚水ポンプは稼働しない状態とし、揚水経路としない。

② 降雨条件

島根原子力発電所での地下水位観測期間における平均年間降水量は約1,540mmであり、気象庁松江地方気象台における年間降水量(1941～2018年)の平均値は約1,880mmである。

浸透流解析における降水量の設定条件として、上記松江地方気象台における年間降水量にばらつきを考慮した値(平均値+1 σ)に、今後の気候変動予測による降水量の変化*を加味し、降水量を設定する。別紙17-5図に解析用降雨条件と観測降雨条件によるモデル境界地点での水位分布を示す。

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



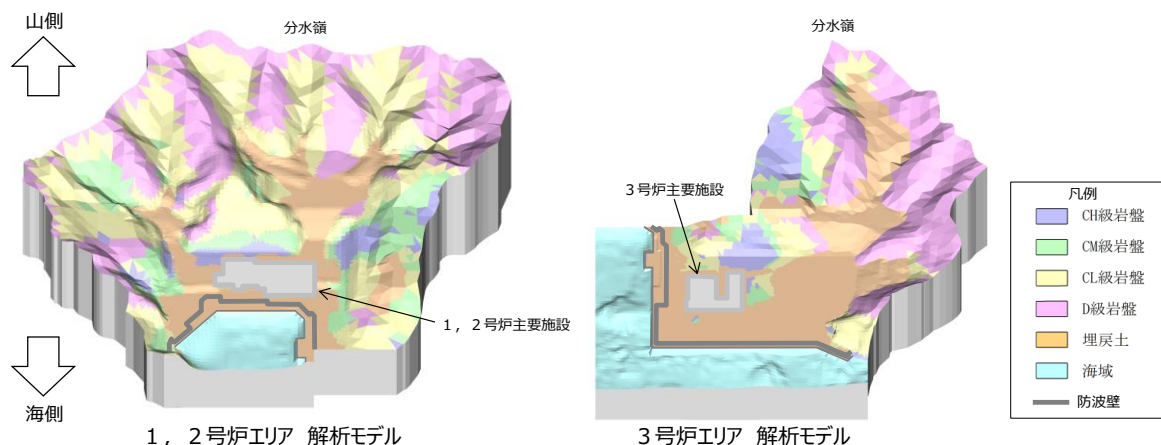
別紙 17-5 図 保守的な解析条件の設定例

2.2解析モデル作成

地下水位の評価においては、敷地を取り囲む分水嶺までを解析範囲とした三次元地形モデルを作成することから、計算機能力を踏まえて適切に地下水位を評価するため、それぞれのエリアで解析モデルを作成した(解析ソフト: Dtransu-3D・EL, バージョン: ver. 2af90MP)。

なお、両モデルの境界において、重なる部分における地下水位は概ね一致することを確認している。

解析モデル鳥瞰図を別紙17-6図に、解析モデルの概要を別紙17-1表に示す。



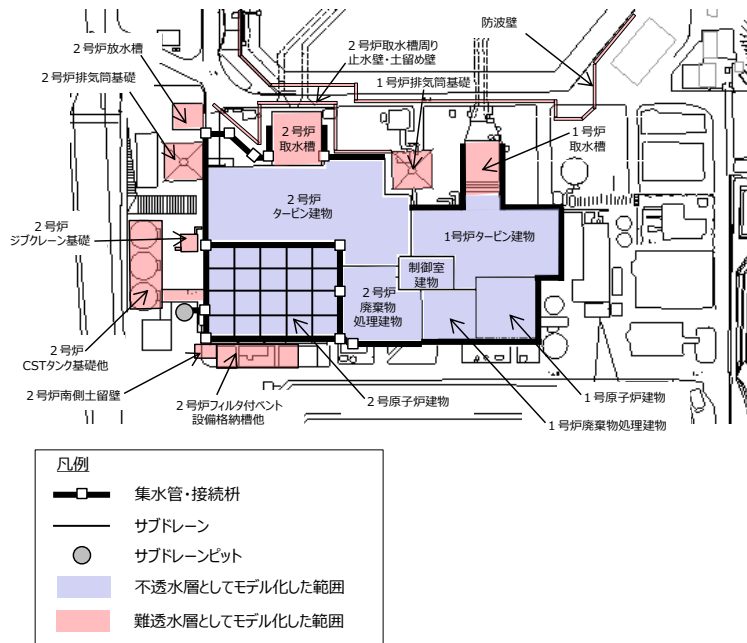
別紙 17-6 図 解析モデル鳥瞰図

別紙 17-1 表 解析モデルの概要

項目	内容
モデル化範囲等	<ul style="list-style-type: none"> 敷地を取り囲む分水嶺までを対象範囲とする。 対象領域内の構造物※をモデル化し、敷地造成時における掘削・埋戻しを反映する。

※耐震裕度向上等の目的で実施した地盤改良等は、難透水層としてモデル化する。

また、1、2号炉主要建物周辺における構造物等のモデル化方針について、別紙17-7図に示す。原子炉建物等の主要建物については、揚圧力影響を検証するために不透水層として設定し、主要建物周辺の地下水流に影響を及ぼすと考えられる長大な構造物等については、実際の地下水流を模擬するため、難透水層（ $1.0 \times 10^{-5} \text{ (cm/s)}$ ）として設定した。



	名称
不透水層としてモデル化	2号原子炉建物
	2号炉タービン建物
	2号炉廃棄物処理建物
	制御室建物
	1号原子炉建物
難透水層としてモデル化	1号炉タービン建物
	1号炉廃棄物処理建物
	2号炉排気筒基礎
	2号炉取水槽
	2号炉放水槽
	2号炉CSTタンク基礎他
	2号炉フィルタ付ベント設備格納槽他
	1号炉排気筒基礎
	1号炉取水槽
	防波壁
	2号炉ジブクレーン基礎※
	2号炉取水槽周り止水壁・土留壁※

※ 2号炉建設時の工事用仮設構造物

別紙17-7図 主要建物周辺における構造物等のモデル化方針

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、解析モデルに用いる透水係数等の解析用物性値を含めたモデルの妥当性を確認することである。

再現解析において、降雨条件を観測降雨*より求まる年平均降雨（1,540mm/年）として、敷地内の定常的な地下水位を確認するため、浸透流解析（定常解析）を実施する。また、参考として観測降雨を与える浸透流解析（非定常解析）も実施する。

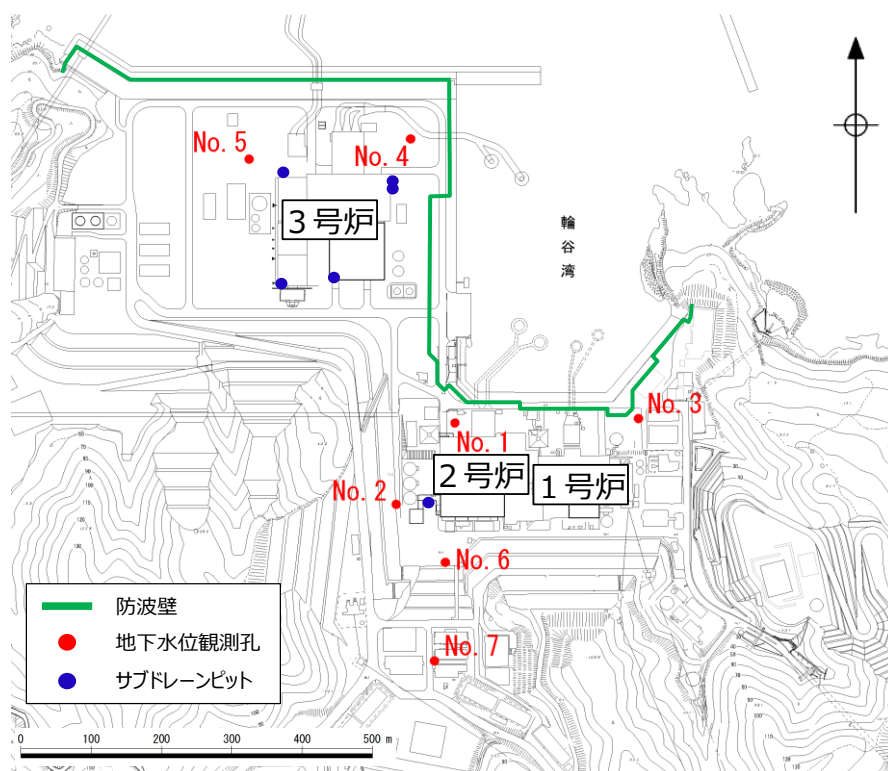
その他の解析条件として、透水係数は別紙17-2表のとおり透水試験等に基づき設定（補足説明資料2参照）し、揚水条件は既設の揚水ポンプの起動高さにおいて水位固定条件とする。

解析の妥当性は解析値（解析水位）と観測値（観測水位）を比較す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）。

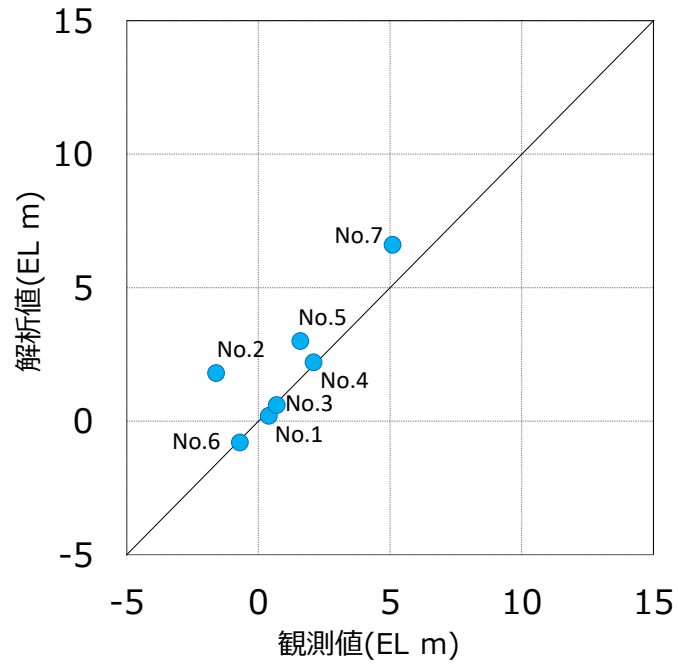
観測孔位置を別紙17-8図に、観測値と解析値の比較を別紙17-9図に示す。

再現解析（定常）の結果、観測孔位置における地下水位について、解析値は観測値と概ね一致するか上回ることから、解析モデル全体として妥当性を有することを確認した。この結果から、予測解析においても解析値が適切に評価されると判断した。なお、地下水位を観測値よりも保守的に設定するため、揚水量については解析値が観測値を若干下回っている。

※島根原子力発電所における日降水量（H28.4～H30.8）



別紙 17-8 図 観測孔位置



	揚水量(m ³ /日)
観測値	969
解析値	856

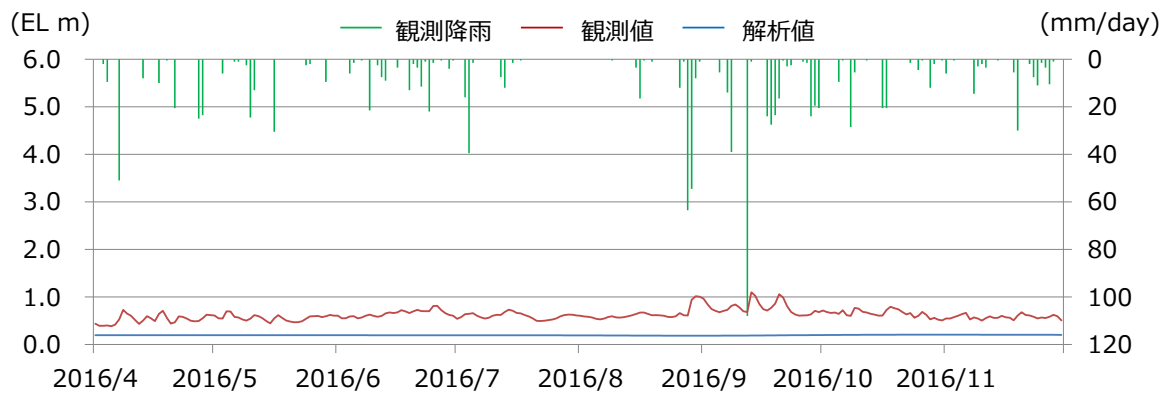
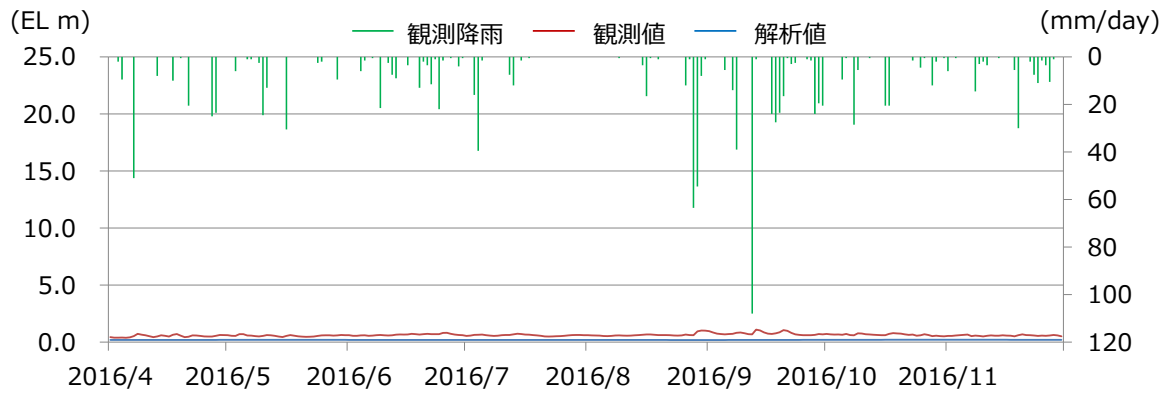
別紙 17-9 図 観測値と解析値の比較

別紙 17-2 表 透水係数

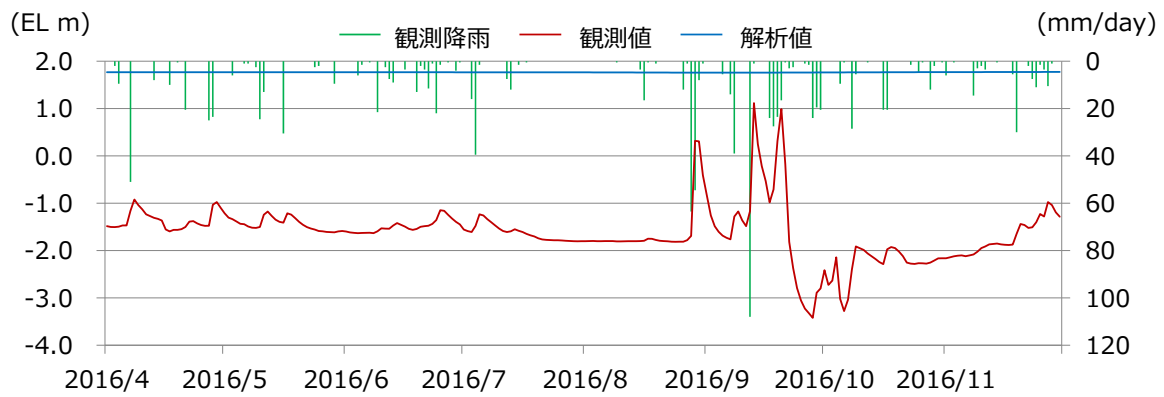
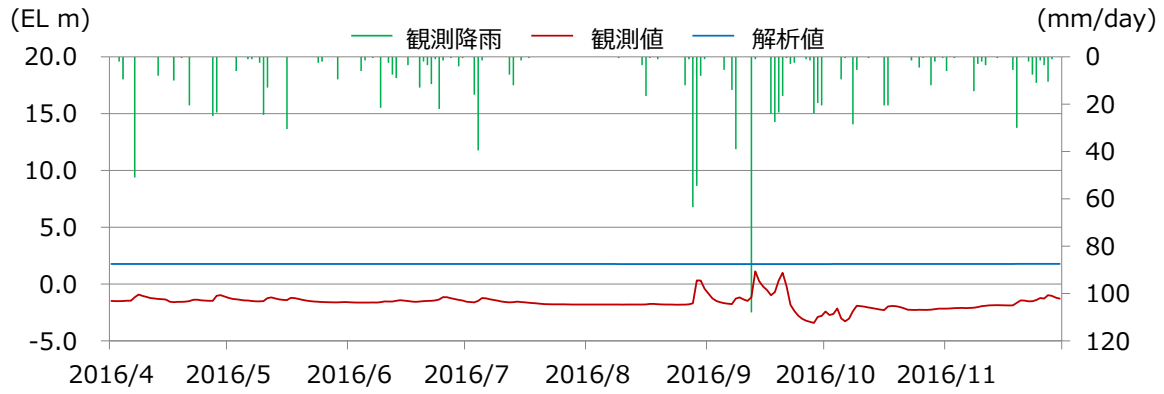
区分	透水係数 (cm/s)
C _H 級	5×10^{-5}
C _M 級	6×10^{-4}
C _L 級	1×10^{-3}
D級	2×10^{-3}
砂礫層	4×10^{-3}
埋戻土 (掘削ズリ)	2×10^{-1}
構造物, 改良地盤	1×10^{-5}

(2) 水位経時変化の確認

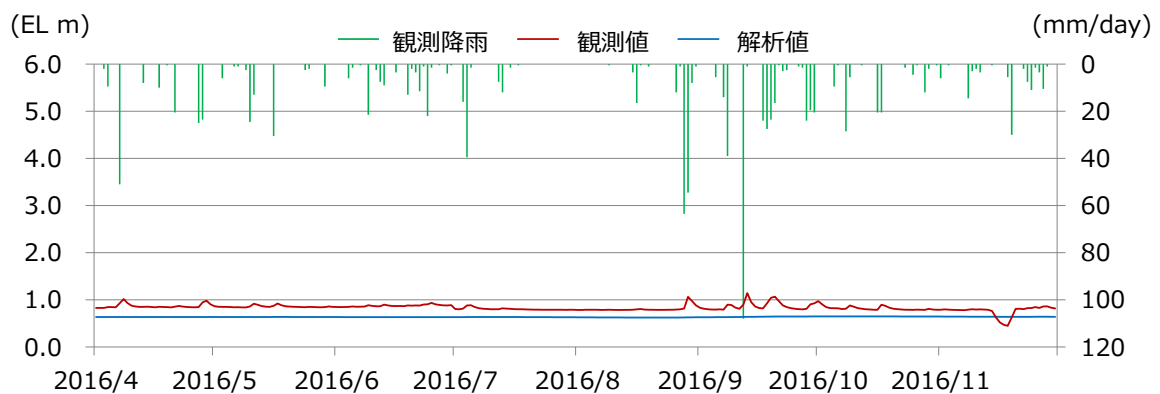
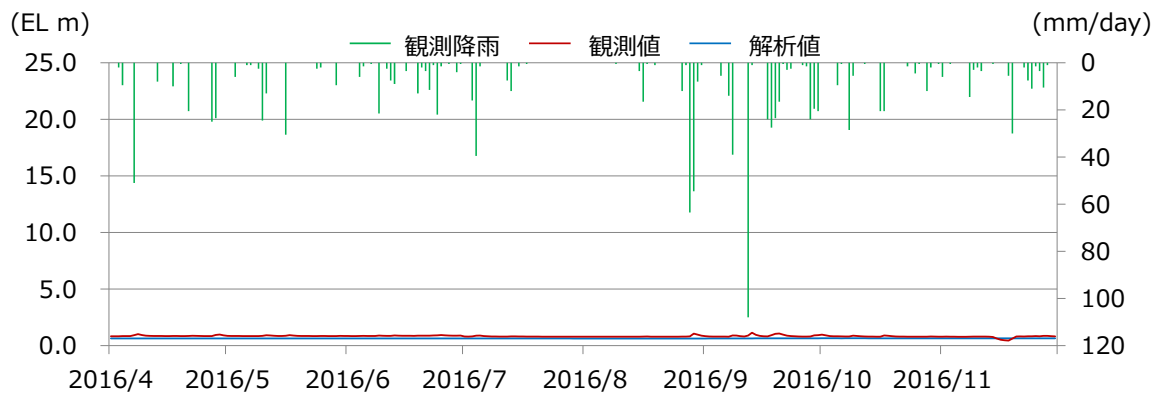
再現解析において、参考として非定常解析を実施し、水位の経時変化について別紙 17-10 図のとおり確認した。(別紙 17-7 図参照)。



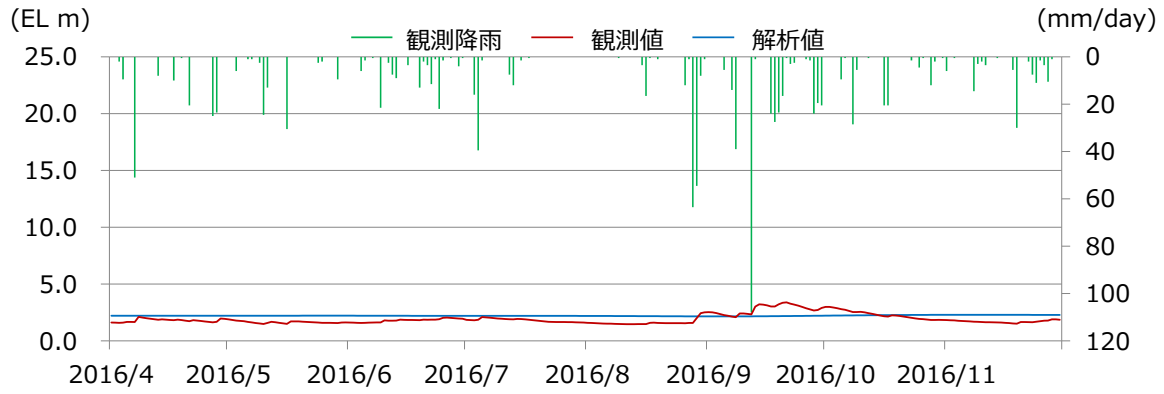
別紙 17-10(1)図 地下水位の経時変化例 (No. 1 孔)



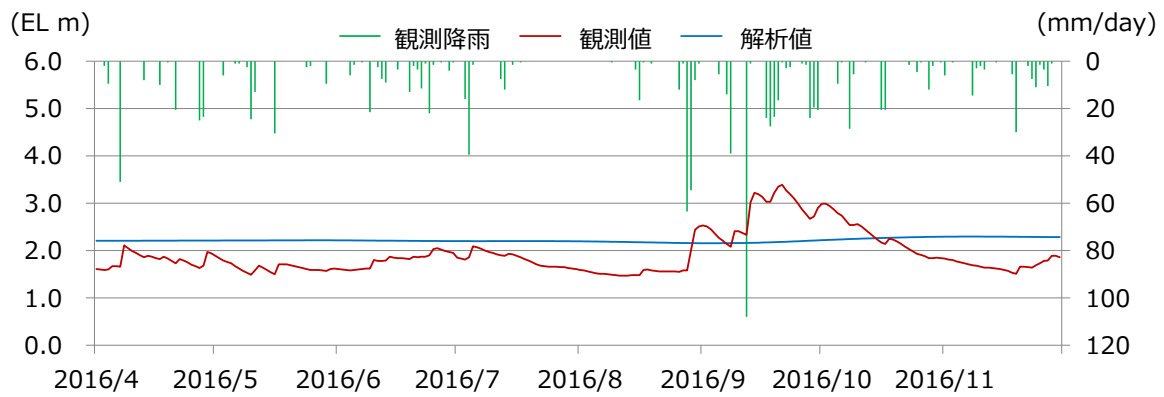
別紙 17-10(2) 図 地下水位の経時変化例 (No. 2 孔)



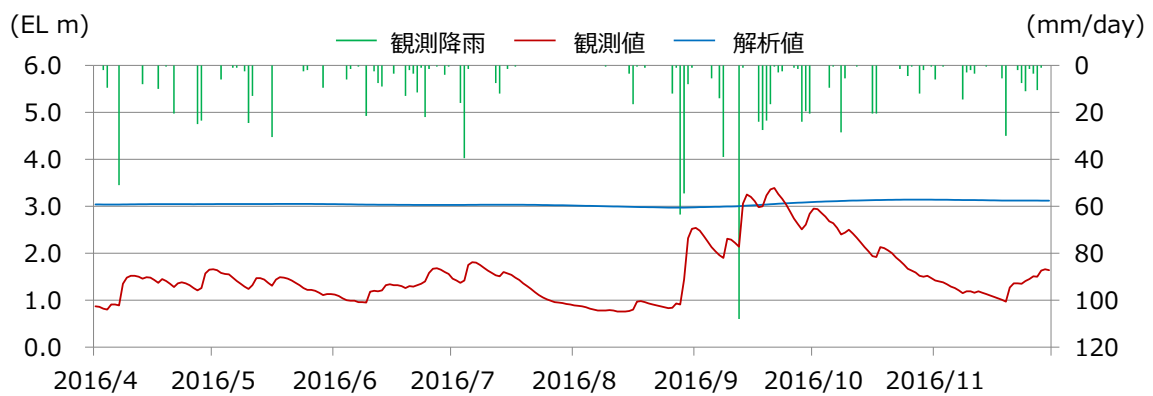
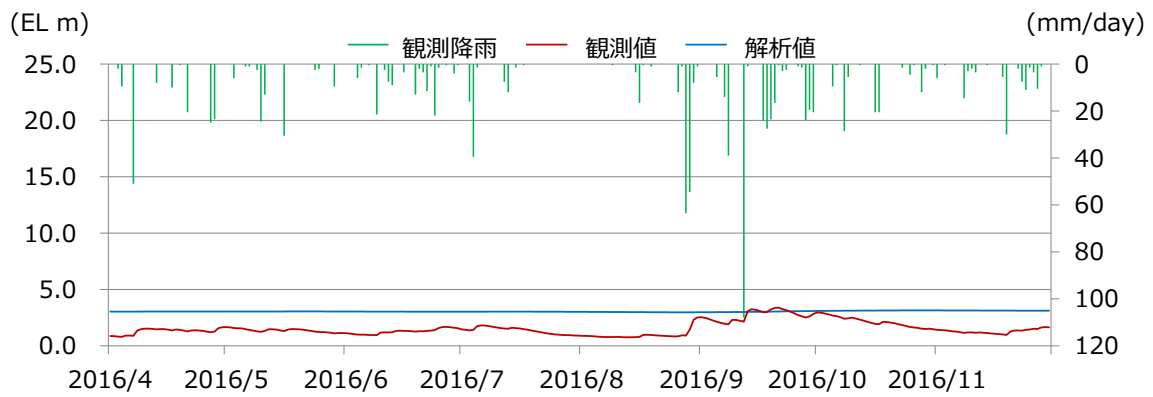
別紙 17-10(3) 図 地下水位の経時変化例 (No. 3 孔)

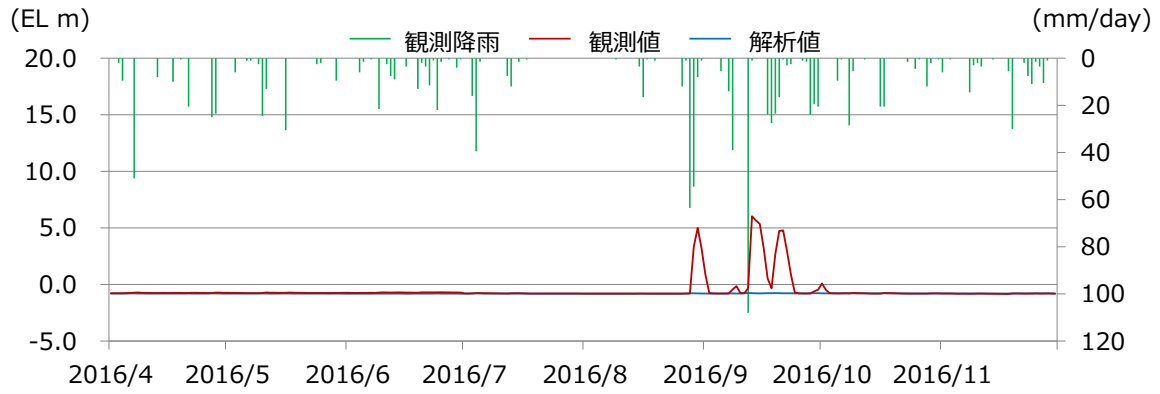


別紙 17-10(4) 図 地下水位の経時変化例 (No. 4 孔)

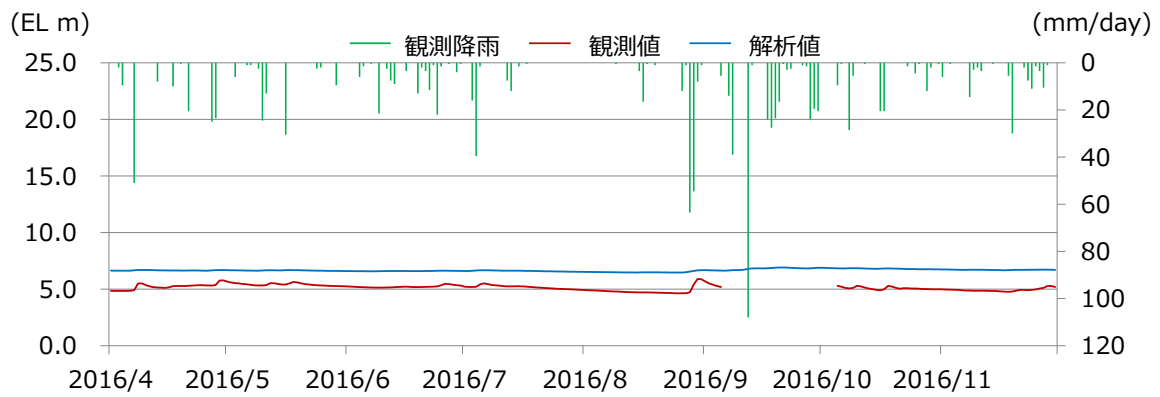
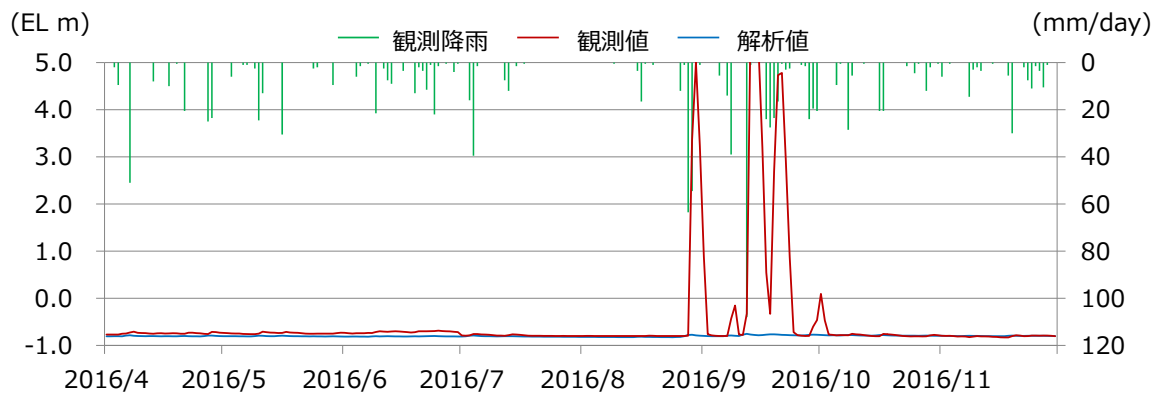


別紙 17-10(5) 図 地下水位の経時変化例 (No. 5 孔)

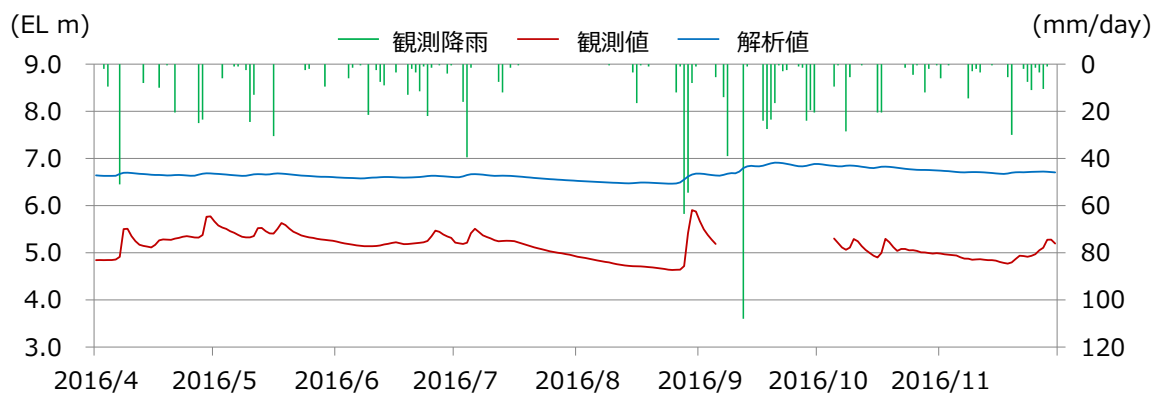




別紙 17-10(6) 図 地下水位の経時変化例 (No. 6 孔)



別紙 17-10(7) 図 地下水位の経時変化例 (No. 7 孔)



No. 1, 3 孔は 2 号炉の北側に、No. 2, 6 孔は 2 号原子炉建物近傍に、No. 4, 5 孔は 3 号炉の北側に位置し、埋戻土（掘削ズリ）の層厚の比較的薄い地点である。一方で、No. 7 孔は敷地の南側に位置し、埋戻土（掘削ズリ）の層厚の比較的厚い地点である。地下水位の経時変化に係る観測値と解析値を比較すると、No. 1, 3, 4 孔では概ね両者は同程度であり、No. 2, 5, 7 孔では解析値が観測値を上回っている。No. 6 孔では一部の降雨に対して、短期的な地下水位挙動は再現できないものの、その他の期間では観測値と解析値が概ね同程度である。

また、降雨時の地下水位の反応について観測値と解析値を比較すると、観測値は降雨と連動して地下水位が変化しているが、解析値は観測値と比較して地下水位の感度が小さい。この理由として、局所的に潜在する割れ目や水みち、主要建物周辺工事の影響等が挙げられるが、再現解析の解析モデルに反映できていない。

今後、解析モデルへの反映の可否を含めて検討し、非定常解析の位置付け及び非定常解析の信頼性を向上させるための取り組みについて、詳細設計段階で説明する。

それぞれの観測孔における地下水位の経時変化の傾向を以下に示す。

a. No. 1 孔

No. 1 孔の観測値によると、降雨等に伴い地下水位の上昇が認められるものの、大きな変動は確認されず、概ね EL. 0 ～ + 1 m の間を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移していることを確認した。

b. No. 2 孔

No. 2 孔の観測値によると、観測孔近傍に設置されている地下水位低下設備（既設）の機能により、他の観測孔と比較して降雨等に伴う地下水位上昇後の低下が早い傾向があり、一部の降雨時を除くと、地下水位は EL. 0 m を超えない範囲を推移している。一方で、解析値では、それよりも高い概ね EL. + 2 m であることを確認した。

c. No. 3 孔

No. 3 の観測値によると、降雨等に伴い、地下水位の上昇が認められるものの、大きな変動は確認されず、概ね EL. 0 ～ + 1 m の間を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移していることを確認した。

d. No. 4 孔

No. 4 孔の観測値によると、既設のサブドレーンピット近傍の観測孔 (No. 2, No. 6) と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向があり、概ね EL. + 1 ～ 3 m の間を推移している。また、解析値でも概ね同程度で推移していることを確認した。

e. No. 5 孔

No. 5 孔の観測値によると、既設のサブドレーンピット近傍の観測孔 (No. 2, No. 6) と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向があり、概ね EL. + 1 ~ 3 m の間を推移している。一方で、解析値では、それよりも高い概ね EL. + 3 m であることを確認した。

f. No. 6 孔

No. 6 孔の観測値によると、観測孔近傍に設置されている地下水位低下設備（既設）の機能により、他の観測孔と比較して降雨等に伴う地下水位上昇後の低下が早い傾向があり、一部の降雨時を除くと、地下水位は EL. - 1 ~ 0 m の間を推移している。また、No. 6 孔は南側の盛土斜面から地下水が流れ込むため、一部の降雨時に地下水位が短期的な挙動を示す傾向が認められる。一方で、解析値では、短期的な地下水位挙動は再現できないものの、その他の期間については、概ね同等で推移している。

g. No. 7 孔

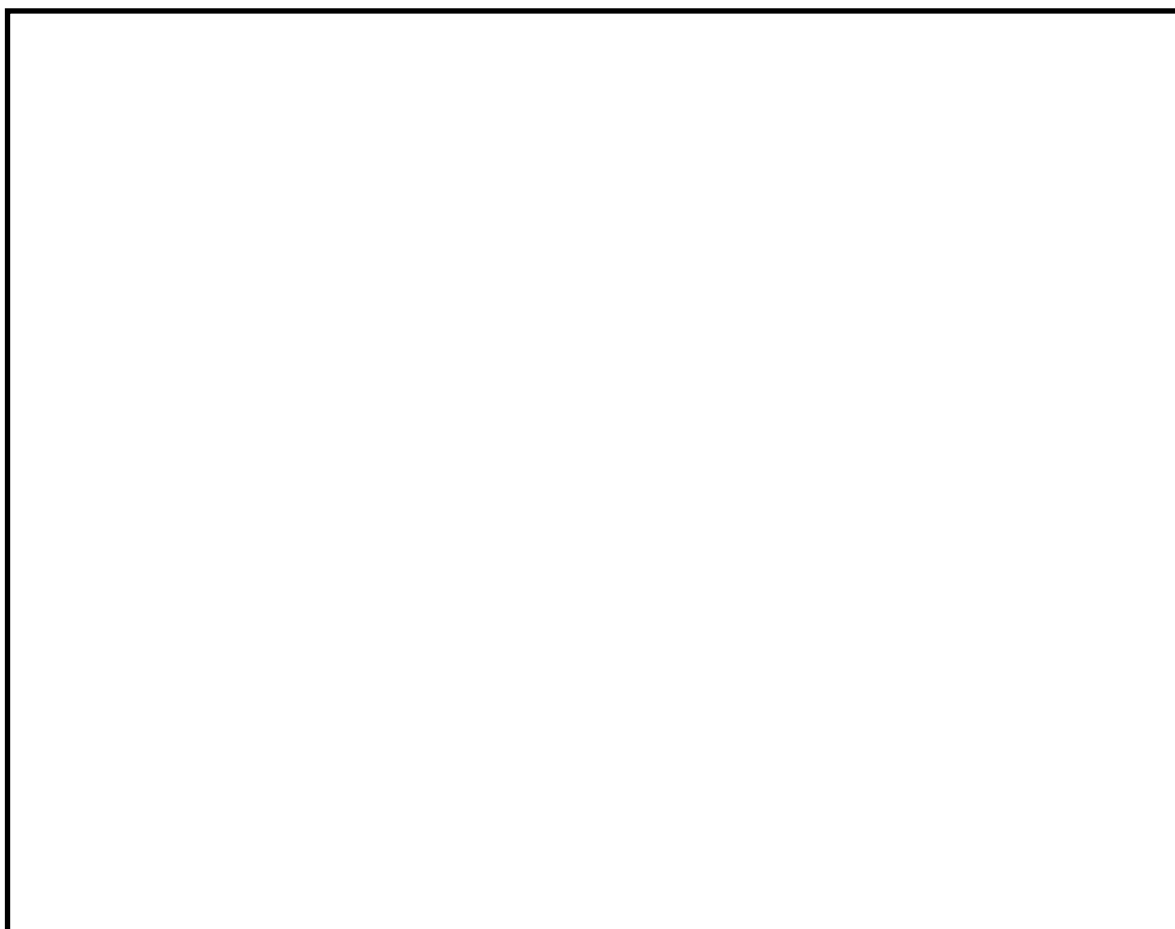
No. 7 孔の観測値によると、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向にあり、概ね EL. + 5 ~ 6 m の間を推移している。一方で、解析値では、それよりも高い概ね EL. + 6 ~ 7 m の間を推移していることを確認した。

2.4 地下水位が上昇した場合の影響確認

(1) 耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等の抽出

防波壁周辺の地盤改良により敷地内の地下水の流動場が変化することを踏まえ、耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等として、EL. +8.5m 盤, EL. +15m 盤, EL. +44m 盤及び EL. +50m 盤エリアに設置される耐震重要施設・常設重大事故等対処施設(いずれも間接支持構造物を含む)及びそれらの基礎地盤・周辺斜面,並びに車両通行性への影響の観点等から保管場所・アクセスルートを抽出した。

耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等の抽出結果を別紙 17-11 図及び別紙 17-3 表に示す。



別紙17-11図 耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等の抽出結果

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

別紙17-3表 耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある
施設等の抽出結果

設備分類		設備名称
基礎地盤・周辺斜面		基礎地盤
		周辺斜面
設計基準 対象施設	建物, 構築物	原子炉建物
		タービン建物
		廃棄物処理建物
		制御室建物
		排気筒
	屋外重要 土木構造物	取水槽
		屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)
		ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎
		屋外配管ダクト (ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)
	津波防護 施設	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)
		防波壁 (逆 T 擁壁)
		防波壁 (波返重力擁壁)
		1号炉取水槽流路縮小工
		防波壁通路防波扉
	重大事故等 対処施設	第1ベントフィルタ格納槽
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽		
緊急時対策所建物		
緊急時対策所用燃料地下タンク		
ガスタービン発電機建物		
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎		
屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)		
保管場所・ アクセスルート	保管場所	
	アクセスルート	

(2) 地下水位の上昇による影響と対応方針

別紙 17-10 図及び別紙 17-3 表に示した耐震評価において地下水位の影響を受け
る可能性のある施設等について、地下水位が上昇した場合は施設等への揚圧力影
響及び液状化影響が生じる可能性を踏まえ、その影響を低減するための対応方針
を整理した(補足説明資料 4 参照)。

a. 地下水位の影響を踏まえた評価と対策

耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等について、地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策を別紙 17-4 表に示す。

別紙 17-4 表 地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策 (1/2)

地下水位の影響を受ける可能性のある施設等		地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策		他サイトとの比較	
				東海第二	女川 2 号
基礎地盤・周辺斜面	・基礎地盤 ・周辺斜面	評価結果	影響なし (保守的に地表面に設定) ※	影響なし	影響なし
		対策	地下水位低下設備 各施設等 (耐震補強)	- -	- -
建物、構築物	・原子炉建物 ・タービン建物 ・廃棄物処理建物 ・制御室建物 ・排気筒	評価結果	影響あり (揚圧力影響・液状化影響)	影響あり (揚圧力影響・液状化影響)	影響あり (揚圧力影響・液状化影響)
		対策	地下水位低下設備 各施設等 (耐震補強)	【揚圧力対策】 ○：地下水位低下設備 (既設) の設置 【液状化対策】 △：(設計地下水位の設定において前提とする) △：耐震評価の結果、当該施設の機能に影響が及ぶ場合は、適切な対策 (地盤改良等の耐震補強) を講ずる。	【揚圧力対策】 ○：地下水位低下設備の設置 【液状化対策】 △：(設計地下水位の設定において前提とする) △：耐震評価の結果、当該施設の機能に影響が及ぶ場合は、適切な対策 (地盤改良等の耐震補強) を講ずる。
屋外重要土木構築物	・取水槽 ・屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒) ・ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎 ・屋外配管ダクト (ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物)	評価結果	影響なし (地下水位低下設備 (既設) の機能に期待せず設計地下水位を設定)	影響なし	影響あり (揚圧力影響・液状化影響)
		対策	地下水位低下設備 各施設等 (耐震補強)	- -	△：(設計地下水位の設定において前提とする) △：耐震評価の結果、当該施設の機能に影響が及ぶ場合は、適切な対策 (地盤改良等の耐震補強) を講ずる。

※周辺斜面の液状化範囲については、2次元浸透流解析により設定する。

先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

<p>凡例</p> <p>○：地下水位低下設備が設計上必要</p> <p>△：地下水位低下設備により保持される地下水位を前提として評価・対策</p> <p>-：対策不要</p>
--

別紙 17-4 表 地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策 (2/2)

地下水位の影響を受ける可能性のある施設等		地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策		他サイトとの比較	
				東海第二	女川 2 号
津波防護施設	・防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) ・防波壁 (逆 T 擁壁) ・防波壁 (波返重力擁壁) ・1 号炉取水槽流路縮小工 ・防波壁通路防波扉	評価結果	影響なし (地下水位低下設備 (既設) の機能に期待せず設計地下水位を設定)	影響なし	影響あり (一部) (揚圧力影響・液状化影響)
		対策	地下水位低下設備 各施設等 (耐震補強)	- -	△：(設計地下水位の設定において前提とする) △：耐震評価の結果、当該施設の機能に影響が及ぶ場合は、適切な対策 (地盤改良等の耐震補強) を講ずる。
重大事故等対処施設	・第 1 ベントフィルタ格納槽 ・低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 ・緊急時対策所建物 ・緊急時対策所用燃料地下タンク ・ガスタービン発電機建物 ・ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 ・屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	評価結果	影響なし (地下水位低下設備 (既設) の機能に期待せず設計地下水位を設定)	影響なし	-
		対策	地下水位低下設備 各施設等 (耐震補強)	- -	- -
保管場所・アクセスルート	・保管場所 ・アクセスルート	評価結果	影響なし (地下水位低下設備 (既設) の機能に期待せず設計地下水位を設定)	影響なし	影響あり (一部) (液状化影響)
		対策	地下水位低下設備 各施設等 (耐震補強)	- -	△：(地下水位低下設備が機能喪失した場合は初期水位として考慮) △：(アクセスルートの通行性が一定期間確保できない場合は、地盤改良等の対策・外部支援等の活用による通行性の確保)

先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

<p>凡例</p> <p>○：地下水位低下設備が設計上必要</p> <p>△：地下水位低下設備により保持される地下水位を前提として評価・対策</p> <p>-：対策不要</p>
--

b. 地下水位の設定方針

a. を踏まえ、耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等について、地下水位の設定方針を別紙 17-5 表に示す（各審査区分における解析条件については、「2.7 解析条件及び地下水位設定方針の整理」参照）。

構造成立性検討用の地下水位設定方針については、以下のとおり。

- ・設置許可段階で安全性評価が要求される基礎地盤・周辺斜面については、地震時の動的解析において地下水位を地表面とする。なお、周辺斜面の液状化範囲については、二次元浸透流解析により地下水位を設定する。
- ・屋外重要土木構造物及び津波防護施設等は地下水位低下設備（既設）の機能に期待しない方針とし、揚水ポンプが停止した条件における三次元浸透流解析結果により地下水位を設定する。

詳細設計段階における設計地下水位の設定方針（地下水位低下設備の考慮）については、以下のとおり。

- ・地下水位低下設備（既設）については、保守管理性が低いため、その機能に期待しない。
- ・建物、構築物に作用する揚圧力及び液状化影響の低減を目的として、信頼性（耐久性・耐震性・保守管理性）を満足する地下水位低下設備を新設する。
- ・建物、構築物は新設する地下水位低下設備の機能に期待する方針とし、揚水ポンプが稼働した条件における三次元浸透流解析結果より保守的に設定した地下水位を設定する。
- ・屋外重要土木構造物及び津波防護施設等は新設する地下水位低下設備の機能に期待しない方針とし、揚水ポンプが停止した条件における三次元浸透流解析結果（自然水位）より保守的に設定した地下水位を設定する。

別紙 17-5 表 耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等の地下水位の設定方針

設備分類	設備名称	地下水位の設定方針
基礎地盤・周辺斜面	基礎地盤	保守的に地表面に設定※1
	周辺斜面	
設計基準対象施設	原子炉建物	地下水位低下設備の機能に期待して、設計地下水位を設定する。
	タービン建物	
	廃棄物処理建物	
	制御室建物	
	排気筒	
	取水槽	
	屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）	
	ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	
	屋外配管ダクト（ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物）	
	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	
	防波壁（逆T擁壁）	
	防波壁（波返重力擁壁）	
	1号炉取水槽流路縮小工	
	防波壁通路防波扉	
	第1ベントフィルタ格納槽	
	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	
	緊急時対策所建物	
	緊急時対策所用燃料地下タンク	
ガスタービン発電機建物		
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎		
屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）		
保管場所・アクセスルート	保管場所	自然水位※2より保守的に設定した水位
	アクセスルート	

※1 周辺斜面の液状化範囲については、二次元浸透流解析により設定する
 ※2 地下水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水位

(3) 地下水位が上昇した場合の影響評価まとめ

地下水位の影響を踏まえた評価と対応方針を踏まえ、耐震評価において地下水位の影響を受ける施設等の地下水位低下設備との関係を整理した。整理結果を別紙 17-6 表に示す(基準適合の考え方は添付資料 2 に示す)。

a. 地下水位低下設備の設置許可基準規則における位置付け等

別紙 17-6 表の整理を踏まえ、施設の設置許可基準規則第 4 条(第 39 条)への適合に当たり、施設の設計の前提条件となる地下水位を一定の範囲に保持するために必要であることから、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。

各施設の耐震設計については、防波壁の周辺を地盤改良するために地下水の流れが遮断され地下水位が上昇するおそれがあるという島根サイト固有の状況を踏まえ地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備の機能を考慮した水位、自然水位(地下水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水位)より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定し、揚圧力が作用した場合及び液化化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても当該施設の機能が損なわれないように設計することで基準適合が図られる。

なお、地下水位の影響を受ける施設等、及び地下水位の影響を踏まえた対策については、詳細設計段階にその詳細を示す。

b. 地下水位低下設備と対応条文の関連性等

建物、構築物について、設置許可基準規則第 39 条は同第 4 条と同様の要求であり、第 4 条への適合をもって第 39 条への適合性を確認する。

施設等について、余震時に対する要求を含む設置許可基準規則第 5 条・第 40 条及び第 39 条については、第 4 条への適合をもって確認する。また、同第 3 条第 2 項及び第 38 条第 2 項、第 4 条及び第 39 条は、それぞれ同一の地盤、地震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、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。

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 条或いは第 39 条への適合性を示すことにより確認する。

別紙 17-6 表 耐震評価において地下水位の影響を受ける施設等の
地下水位低下設備との関係並びに設置許可基準規則における対応条文の整理

設備分類	設備名称	安全性確保における 地下水位低下設備の位置付け※1			関連する条文 ○は設計上必要 △は設計条件として前掲とする、色分けは※4に示す 各条文の色絡関係を示す (■は■への適合性を示すことにより確認)					備考		
		(A) 設計値 保持のため 直接的に必要	(B) 左記(A)により保持され る地下水位を前掲とする (必要時は対策)	(C) 不要	38条 1項	38条 2項※4	38条 3項 2項※4	38条 4項※4	39条※4		5条※4	40条※4
基礎施設・ 周辺斜面	基礎地盤			○	※2							
	周辺斜面			○								
建物、 構築物	原子炉建物	○				△	△	△	○	※3		
	タービン建物	○				△	△	△	○	※3		
	廃棄物処理建物	○				△	△	△	○	※3		
	制御室建物	○				△	△	△	○	※3		
	排気筒	○				△	△	△	○	※3		
設計 基準 特 殊 条 文 条 文 設	取水槽			○								
	屋外配管タクト(タービン建物～排気筒)			○								
	屋外配管タクト(タービン建物～放水槽)			○								
	ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎			○								
	ディーゼル燃料貯蔵タンク～原子炉建物			○								
	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)			○								
	防波壁(逆T擁壁)			○								
	防波壁(波返重力擁壁)			○								
	1号炉取水槽流路縮小工			○								
	防波壁通路防波扉			○								
津波防護 施設	第1バントフィルタ格納槽			○								
	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽			○								
	緊急時対策所建物			○								
	緊急時対策所用燃料地下タンク			○								
	ガスタービン発電機建物			○								
	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎			○								
	屋外配管タクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)			○								
	保管場所			○								
	アクセスルート			○								
	保管場所・ アクセスルート	保管場所・アクセスルートにおいて評価する斜面			○							

※1 地下水位の影響を受ける施設等、及び地下水位の影響を踏まえ対策については、詳細設計段階にその詳細を示す。

※2 周辺地盤の許容地下水位が影響しないため、条文適合上不要と判断した。なお、基礎地盤の安定性の評価条件の一つとして、地下水位の設定については設置変更許可申請書へ記載する。

※3 設置許可基準規則第59条は同規則第4条と同様の要求であり、別規則第4条への適合を以て第39条への適合性を確認する。

※4 条文中に示す要求を含む設置許可基準規則第5条・第40条及び第39条については、第4条への適合性を確認する。また、同第3条第2項、第4条及び第39条は、それぞれ同一の地震、地震に対する設計基準対象施設及び重大事故等対象施設の適合性を要求しているものであり、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。

2.5設計地下水位の設定

詳細設計段階で設定する設計地下水位の設定方法について、地下水位低下設備の機能に期待しない屋外重要土木構造物等のうち、箱型構造物及び線状構造物の設定例を示す。

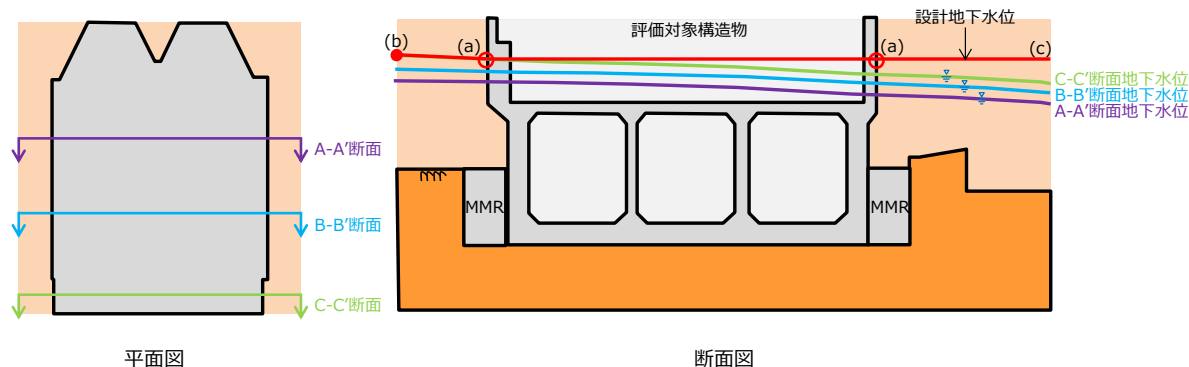
設計地下水位は解析断面における地下水位を用いて、構造物側面や解析断面境界等の各点での最高水位を結んで保守的な設定とする。

箱型構造物の設計地下水位設定の考え方について、別紙17-12図に、線状構造物の設計地下水位設定の考え方について、別紙17-13図に示す。

なお、再現解析における解析結果と観測記録の差異を踏まえ、以下に示す(a)～(c)の水位に余裕を加えて設計地下水位を設定する。

【箱型構造物】

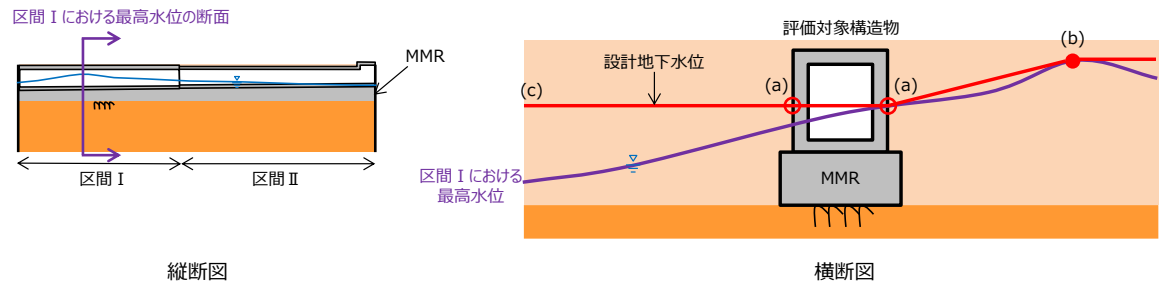
- ・ 構造物側面の地下水位は、三次元浸透流解析結果より、構造物的特徴や周辺状況を踏まえて設定した各解析断面における構造物側面の最高水位(a)を採用する。
- ・ 構造物周辺地盤の地下水位は、構造物側面の水位(a)とその側方地盤の最高水位(b)を結ぶ。
- ・ ただし、構造物周辺地盤の地下水位が構造物から離れる方向に低下しても設計地下水位は最高水位で一定(c)とする。



別紙17-12図 箱型構造物の設計地下水位設定の考え方

【線状構造物】

- ・ 構造物側面の地下水位は、三次元浸透流解析結果より、縦断図において構造物的特徴や周辺状況を踏まえて設定した区間毎の最高水位(a)を採用する。
- ・ 構造物周辺地盤の地下水位は、構造物側面の水位(a)とその側方地盤の最高水位(b)を結ぶ。
- ・ ただし、構造物周辺地盤の地下水位が構造物から離れる方向に低下しても設計地下水位は最高水位で一定(c)とする。

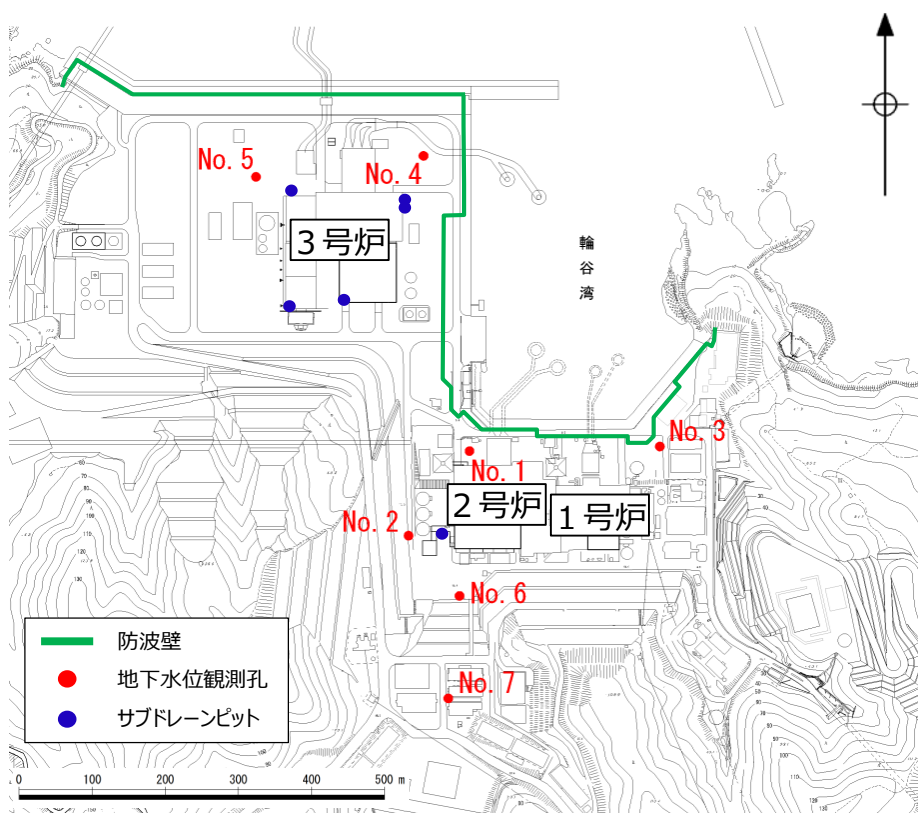


別紙17-13図 線状構造物の設計地下水位設定の考え方

2.6観測による検証

設計地下水位の設定に用いる予測解析は防波壁周辺の地盤改良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、防波壁周辺の地盤改良の工事完了後の地下水位観測記録を用いて、解析結果が観測記録に対して保守的であることを確認する。

なお、今後の地下水位設定の信頼性確認等への活用を念頭に、別紙17-14図のうち複数孔については防波壁周辺の地盤改良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 17-14 図 地下水位観測計画位置

2.7解析条件及び地下水位設定方針の整理

設置許可段階における再現解析では、年平均降雨・透水係数を設定した定常解析の結果、解析水位と観測水位が概ね一致することから、解析モデルの妥当性を確認した。

設置許可段階及び詳細設計段階における予測解析では、再現解析により妥当性を確認した解析モデルを用いて、以下の保守性を考慮する。

- ・発電所における年平均降水量（1,540mm/年）よりも厳しい降雨条件（2,400mm/年）を定常的に与える。
- ・地下水位低下設備（既設）のうち、ドレーンは碎石及び土砂が流入して集水機能が低下した状態、揚水ポンプは稼働しない状態とし、揚水経路としない。
- ・原子炉建物等の建物、構築物は信頼性のある地下水位低下設備の機能に期待するが、屋外重要土木構造物や保管場所・アクセスルート等については保守的に期待しない。

再現解析における解析結果と観測記録の差異を踏まえ、浸透流解析より求まる水位に余裕を加えて設計地下水位を設定する。

別紙17-7表 各審査区分における解析条件

審査区分		設置許可段階		詳細設計段階			
解析区分		再現解析（定常※1）		予測解析（定常）			
解析の目的		解析用物性値を含めた解析モデルの妥当性確認		構造成立性検討	設計地下水位の設定		
解析条件	(1)透水係数	透水試験結果等に基づき設定		再現解析で妥当性を確認した透水係数を設定			
	(2)地盤条件	一部、地盤改良未実施		地盤改良完了後			
	(3)降雨条件	1,540mm/年 (発電所 年平均降雨)		2,400mm/年	2,400mm/年	2,400mm/年	
	(4)	地下水位低下設備（既設）	機能に期待する		機能に期待しない	機能に期待しない	機能に期待しない
		地下水位低下設備	-		-	機能に期待する	機能に期待しない
解析対象		(解析水位と観測水位を比較)		<ul style="list-style-type: none"> ・基礎地盤・周辺斜面※2 ・屋外重要土木構造物 ・津波防護施設 ・重大事故等対処施設 ・保管場所・アクセスルート 	<ul style="list-style-type: none"> 建物、構築物 ・原子炉建物 ・タービン建物 ・廃棄物処理建物 ・制御室建物 ・排気筒 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外重要土木構造物 ・津波防護施設 ・重大事故等対処施設 ・保管場所・アクセスルート 	

※1 参考として非定常解析を実施 ※2 設置許可段階ですべて安定性への影響を確認

■：保守的に設定した条件

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, 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, 原子炉建物等の建物, 構築物周辺の地下水位が一定の範囲に保持され, 原子炉建物, タービン建物, 廃棄物処理建物, 制御室建物及び排気筒に作用する揚圧力及び液状化影響が低減される。この地下水位低下設備の機能を考慮した設計地下水位を設定し, 揚圧力が作用した場合及び液状化, 揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても機能が損なわれないよう設計する。

また, 地下水位低下設備の機能に期待しない場合は, 自然水位(地下水位低下設備を考慮しない場合の地下水位)より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定し, 揚圧力が作用した場合及び液状化, 揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても機能が損なわれないよう設計する。

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うえで配慮する。

③地下水位低下設備の位置付け

- 施設の設置許可基準規則第3条第2項及び第4条(第39条)への適合に当たり, 施設の設計の前提条件となる地下水位を一定の範囲に保持するために必要であることから, 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。

- 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には位置付けない。

地下水位低下設備の目的、機能及び要求期間を踏まえ、重要安全施設への影響に鑑み地下水位低下設備の信頼性向上のための配慮項目を整理したうえで設計・運用を行う。

2. 機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討

2.1 供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析

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ごとに、設置許可基準規則第3条から第13条までにおいて考慮することが要求される事象を、「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17-8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17-9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17-10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17-11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うえで配慮する。

2.2 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17-8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、機器の故障に加え、設置許可基準規則第3条から第13条までの要求事項を踏まえ、地震(第4条)、津波(第5条)、外部事象(地震、津波以外)(第6条)、内部火災(第8条)、内部溢水(第9条)及び誤操作の防止(第10条)が考えられるため要因として抽出した。

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 17-8 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条文中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、盛水、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	-	・本条文中は、個別設備の設置要求として抽出する事項を含まないため、対象外	-
第8条	内部火災	○	-	-
第9条	内部溢水	○	-	-
第10条	誤操作の防止	○	-	-
第11条	安全避難通路等	-	・本条文中は、個別設備の設置要求として抽出する事項を含まないため、対象外	-
第12条	安全施設	-	・本条文中は、安全施設への要求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	-	・本条文中は、運転時の異常な過渡変化に対する要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-
第14条	全交流動力電源喪失対策設備	-		
第15条	炉心等	-		
第16条	燃料体等の取捨施設及び貯蔵施設	-		
第17条	原子炉格納圧力バウンダリ	-		
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務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	-		

2.3 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生の分析(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,全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。

〈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17-9表のとおりの結果を得た。
- ・これらの機能喪失要因を踏まえ地下水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17-12表のとおり,設計上の配慮を行うこととする。

別紙 17-9 表 地下水水位低下設備の各構成部位の機能喪失要因の分析

機能		機器故障及び設置許可基準規則の要求を踏まえた機能喪失要因																		
構成部位	機器故障(故障モード)	地盤(3条)	地震(4条)	津波(5条)	風(台風)(6条)	竜巻(6条)	凍結(6条)	降水(6条)	積雪(6条)	落雷(6条)	火山(6条)	生物学的事象(6条)	森林火災(外部火災)(6条)	人の不法な侵入(7条)	内部火災(8条)	内部漏水(9条)	職操作防止(10条)	安全避難通路(11条)	安全施設(12条)	過渡事故の拡大防止(13条)
集水機能	ドレーン		× 耐震無し	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—			
	揚水・閉塞防止機能		× 耐震無し	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—			
排水機能	揚水ポンプ		×	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○			
		継続運転・失敗・起動失敗	地下水位低下設備は、発電用原子炉施設を本条文に適合させるために設置するものであることから、機能喪失要因の分析の対象外とした	×	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○		
	配管	×	○	○	×	○	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○			
監視・制御機能	制御盤		×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
		不動作・誤動作	制御系の低温による機能喪失の可能性有り 電気系統の漏水による機能喪失の可能性有り 積雪荷重での損傷の可能性有り 落雷による機能喪失の可能性有り 火山灰の影響による機能喪失の可能性有り 火山灰の影響による機能喪失の可能性有り 小動物の侵入による機能喪失の可能性有り 航空機と軽油タンクの衝突による機能喪失の可能性有り	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
電源機能	水位計		×	○	○	×	○	○	○	×	×	×	○	○	○	○	○			
		不動作・誤動作	飛来物の影響の可能性有り	×	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○		
電源機能	電源*1(非常用DC)	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
	起動失敗	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			

※1：外部電源はSs未満の地震により機能喪失する可能性があるため、機能喪失状態を前提とする
 ※2：ドレーンは岩盤内部設置しており、管内への土砂供給が非常に少ないため、閉塞の可能性は非常に小さい
 ※3：揚水井戸はドレーンからの土砂供給が非常に少ないため、閉塞の可能性は非常に小さい
 ※4：分析1では誤操作による機能喪失は機器の故障に含めた取り扱いとする

凡例○：事象に対し設備が影響を受けない
 ×：事象に対し設備が影響を受ける可能性あり
 —：評価対象外

(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全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、外部電源は基準地震動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、起動失敗等の機器の故障を考慮する。

〈分析結果〉

- ・別紙17-10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、建物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基準地震動S_s規模の地震が発生する」という状況を回避でき、建物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17-10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可能な設計とすることにより、地下水位低下設備の信頼性を向上させることができる。

別紙 17-10 表 地下水位低下設備の機能喪失と同時に発生の可能性のある事象の分析 (1 / 3)

		運転時の異常な過渡変化											
		原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	出力運転中制御棒の異常な引き抜き	原子炉冷却材流量の部分喪失	原子炉冷却材系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
地下水位低下設備の機能喪失要因	機器故障	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	風(台風)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	竜巻	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	凍結	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	降水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	降雪	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	落雷	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	火山	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	生物学的影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	森林火災(外部火災)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1
	内部溢水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	× ※1

凡例△：地下水位低下設備の機能喪失は起きない。×：地下水位低下設備の機能喪失ありかつ、過渡事象が起きる。

※1：外部電源は発電所外の設備も含まれており、地下水位低下設備の機能喪失要因に対して耐性の確認・確保が困難であるため、全ての機能喪失要因に対して発生すると整理した。

別紙 17-10 表 地下水水位低下設備の機能喪失と同時に発生の可能性がある事象の分析 (2/3)

	設計基準事故									
	原子炉冷却材喪失	原子炉冷却材流量の喪失	原子炉冷却材ポンプの軸固着	制御棒落下	放射性気体廃棄物処理施設の破損	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	
機器故障	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
風(台風)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
竜巻	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
凍結	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
降水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
降雪	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
落雷	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
火山	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
生物学的影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
森林火災(外部火災)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
内部漏水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

凡例△：地下水水位低下設備の機能喪失あり、ただし、設計基準事故は起きない。×：地下水水位低下設備の機能喪失あり、かつ、設計基準事故が起きる。

別紙 17-10 表 地下水水位低下設備の機能喪失と同時に発生する事象の分析 (3/3)

機器故障	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	格納容器バイパス(SILOCA)	冷却気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧圧破損)	高圧溶融炉放出/格納容器冷却気直接加熱	原子炉圧力容器外容器/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(RHRの故障による停止時冷却機能喪失)	原子炉冷却材の流出	反応度の誤投入	全交流動力電源喪失(停止時)	
機器故障	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	※
風(台風)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
竜巻	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
凍結	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
降水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
降雪	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
落雷	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
火山	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
生物学的影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
森林火災(外部火災)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
内部溢水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

凡例△：地下水水位低下設備の機能喪失あり、ただし、重大事故は起きない。×：地下水水位低下設備の機能喪失あり、かつ、重大事故が起きる。
※：待機中の非常用 DG が起動失敗等の機器の故障により機能喪失することによる

(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, さらに基準地震動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全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17-11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, 同時に基準地震動S_s規模の地震の発生を想定した場合には, 建物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基準地震動S_s規模の地震が発生する」という状況を回避でき, 建物の安定性等が確保されることとなる。

別紙 17-11 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															
原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	出力運転中制御棒の異常な引き抜き	原子炉冷却材流量の異常な引き抜き	原子炉冷却材流量の部分喪失	原子炉冷却材系の停止ループの再起動	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			
○(影響なし)															
×(影響あり)															
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															
建物内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															
設計基準事故															
原子炉冷却材流量の喪失	原子炉冷却材ポンプの軸固着	制御棒落下	放射性気体廃棄物処理施設の破損	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								
○(影響なし)															
×(影響あり)															
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															
建物内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	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	格納容器バイパス(ISLOCA)	零閉気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧破損)	原子炉圧力容器外側の溶融燃料/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(BHRの故障による停止時冷却機能喪失)	原子炉冷却材の流出	反応度の投入	全交流動力電源喪失(停止時)
○(影響なし)															
×(影響あり)															
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															
建物内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															

2.4 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する。

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17-12表のとおり多重化の要否を含め整理した。

別紙17-12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	多重化要否
集水機能	ドレーン	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	機器故障 (継続運転失敗・起動失敗)	・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	機器故障 (リーク・閉塞)	・配管の多重化による機能維持	○
		地震	・Ss 機能維持	
		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	機器故障 (不動作・誤操作)	・多重化により機能維持	○
		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、隔離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	機器故障 (不動作・誤操作)	・多重化による機能維持を図ることとし、片系が機能喪失した場合には設定水位に到達時にもう片系の水位計の検知によりバックアップ	○
		地震	・Ss 機能維持	
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)	機器故障 (起動失敗)	・機器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17-12表)を集約し、別紙17-13表のとおり整理した。

別紙17-13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	・ Ss 機能維持	・ Ss 機能維持の確認方法は別紙 17-13 表参照 ・ ドレーンに関する信頼性向上は「添付資料 1」参照
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	・ Ss 機能維持 ・ 蓋の設置	・ Ss 機能維持の確認方法は別紙 17-13 表参照
排水機能	揚水ポンプ	・ 多重化 ・ Ss 機能維持	・ 多重化の概要は別紙 17-12 図参照 ・ Ss 機能維持の確認方法は別紙 17-13 表参照
	配管	・ 多重化 ・ Ss 機能維持	・ 多重化の概要は別紙 17-12 図参照 ・ Ss 機能維持の確認方法は別紙 17-13 表参照
監視・制御機能	制御盤	・ 多重化 ・ Ss 機能維持 ・ 隔離を確保した屋内設置 ・ 内部事象に起因する共通要因故障に配慮した配置	・ 多重化の概要は別紙 17-12 図参照 ・ Ss 機能維持の確認方法は別紙 17-13 表参照
	水位計	・ 多重化 ・ Ss 機能維持	・ 多重化の概要は別紙 17-12 図参照 ・ Ss 機能維持の確認方法は別紙 17-13 表参照
電源機能	電源 (非常用 DG)	・ 多重化	・ 多重化の概要は別紙 17-12 図参照

分析2の結果からは分析1と同様の対策(別紙17-12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17-12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、復旧用可搬ポンプを用いた機動的な措置について手順等の整備を行う(「4. 運用管理・保守管理上の方針」参照)。

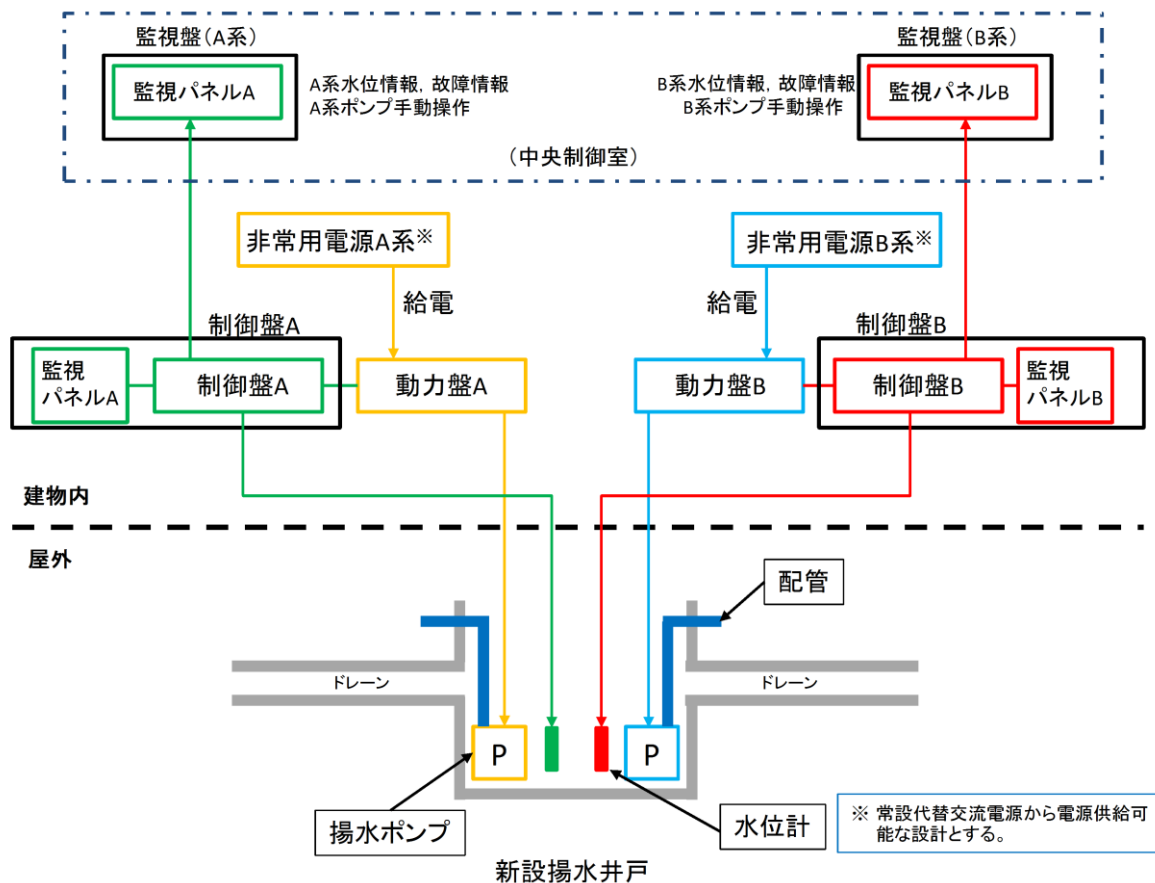
地下水位低下設備の各構成部位におけるS_s機能維持の確認方法を別紙17-14表に示す。

別紙17-14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	S _s 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	解析	・基準地震動 S _s 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 S _s 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 S _s 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 S _s 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 S _s 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 S _s 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 S _s 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 S _s 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 S _s に対し機能(水位計の支持機能)を維持する設計とする。

2.5 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17-15図に示す。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信頼性の向上を考慮した設計とする。



別紙17-15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

2.6 信頼性の向上を考慮した設備構成の検討

ここでは、地下水位低下設備の目的、機能及び要求期間を踏まえ、原子炉建物等への影響を鑑み、集水機能(ドレーン等)及び排水機能(揚水ポンプ等)の設備構成を検討する。

なお、検討に当たっては、揚水ポンプの故障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、施設へ作用する揚圧力(設置許可基準規則第 4 条)及び液状化影響(設置許可基準規則第 3 条第 2 項)が抽出されているが、ここでは早期に影響が現れる建物、構築物の揚圧力影響の低減に着目し、地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備を設置することとし、集水及び排水機能に係る設備構成の検討を行った。

なお、液状化影響に対しては、地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備の機能を考慮した水位より設計地下水位を設定し、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても機能が損なわれないことを確認し、機能に影響が及ぶ場合は適切な対策を講ずる設計とする。

設備構成の検討に当たっては信頼性確保が重要となることから、添付資料 2 に示すとおり、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)を満たす地下水位低下設備を新設する。また、検討に当たっては、揚水ポンプを多重化することとした。

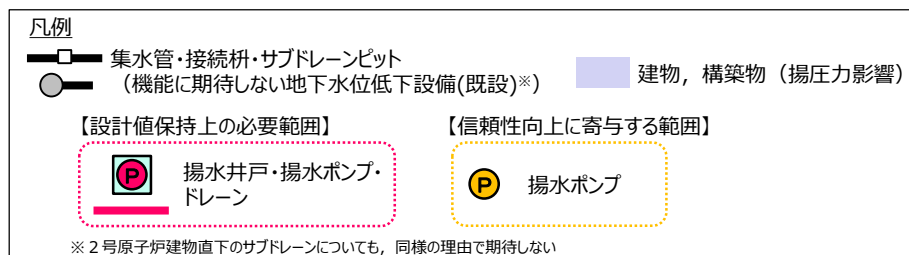
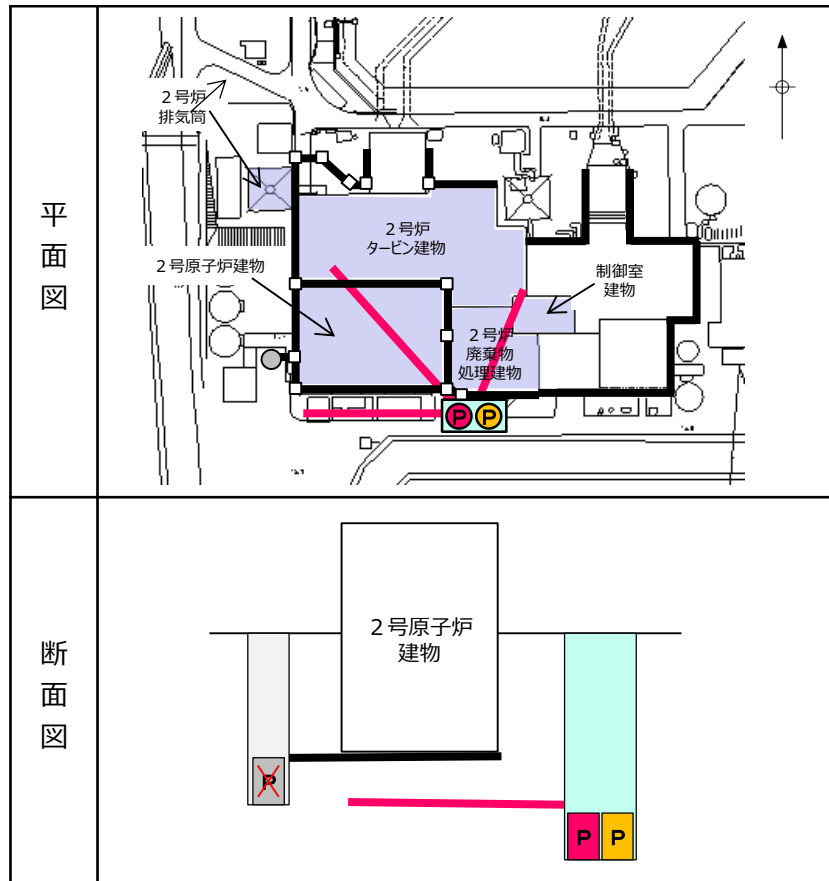
(1) 設備構成概要

主要建物周辺に新たに設置する地下水位低下設備の配置例及び構成例を別紙 17-16 図に示す。

これは、早期に影響が現れる揚圧力影響(設置許可基準規則第 4 条)の低減に着目した建物、構築物(原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物及び排気筒)に対し、設置許可基準規則条文適合上必要な集水及び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、信頼性向上に寄与する範囲(■)にて構成される。

また、揚水ポンプの故障を想定し、同等の排水能力を有する揚水ポンプを設置することにより多重化した。

なお、別紙 17-16 図は揚圧力影響(設置許可基準規則第 4 条)の低減に着目した設備構成案であるが、液状化、揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても機能が損なわれないことを確認し、機能に影響が及ぶ場合は適切な対策を講ずる設計とする。



別紙17-16図 地下水位低下設備の配置例及び構成例

設置許可基準規則第3条第2項及び第4条に係る要求事項に照らし、地下水位低下設備の集水及び排水機能に係る設備構成を検討した。

詳細設計段階においては、設計上の必要範囲が機能する場合の浸透流解析を実施し、設計地下水位を設定する(第I編及び添付資料2を参照)。

新設する地下水位低下設備の構造・配置例について補足説明資料7に示す。なお、地下水位低下設備は既設のドレーンより低い位置で集水し、かつ地下水位低下設備(既設)から独立した設備とすることとし、揚水井戸及びドレーンの配置及び構造については詳細設計段階で確定する。

3. 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

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

【運用管理の方針(案)】

- QMS文書において, 地下水位低下設備が動作可能であることを定期的を確認することを定める。
- QMS文書において地下水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, 復旧用可搬ポンプによる機動的な対応による復旧を行うための手順を定める。

①復旧用可搬ポンプの考え方

地下水位低下設備は, 重要安全施設への影響に鑑み, 高い信頼性を確保する設計とするものの, それでもなお, 動作不能が発生した場合を想定し, 復旧用可搬ポンプを配備する。

地下水位低下設備は, 常時待機状態の緩和系とは異なり, 比較的高い頻度での稼働が必要な設備である。

こうした性質を勘案して, 機器の故障が発生しても, 復旧用可搬ポンプでの対応が可能となるよう, 必要台数を配備する。(別紙17-15表参照)

別紙17-15表 資機材の配備数

項目		配備数
復旧用可搬ポンプ	・揚水ポンプ ・発電機 等	一式

【保守管理の方針(案)】

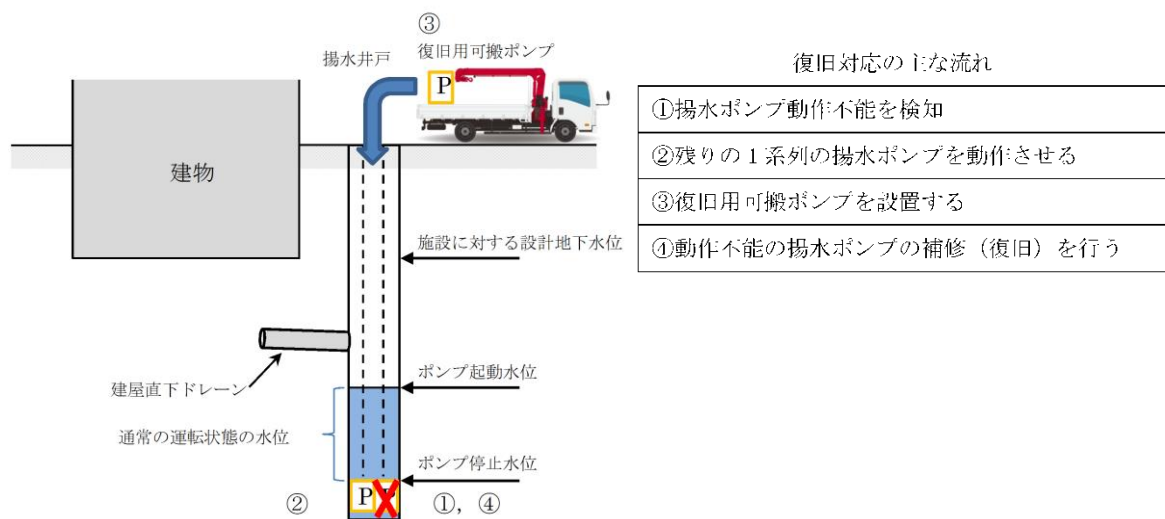
- 保全計画の策定では, 地下水位低下設備を「予防保全」の対象と位置付け管理していく。
- 機能喪失した場合に備え予め復旧用可搬ポンプを確保したうえで, 機能喪失時には原因調査を行い補修する。

(2) 復旧対応の具体的な例

揚水ポンプ 1 系列が動作不能の場合における新たに設置する揚水ポンプの運用例を別紙17-17図に示す。

地下水位低下設備 1 系列が動作可能であれば、揚水井戸の水位を一定の範囲に保持することが可能であるが、1 系列が動作不能の場合は、復旧用可搬ポンプを設置し、動作不能の揚水ポンプの補修(復旧)を行う。

上記により 2 系列動作可能な状態に復帰する。



別紙17-17図 新たに設置する揚水ポンプの運用例
(揚水ポンプ 1 系列が動作不能の場合)

(3) 地下水位低下設備の具体的な試験又は検査

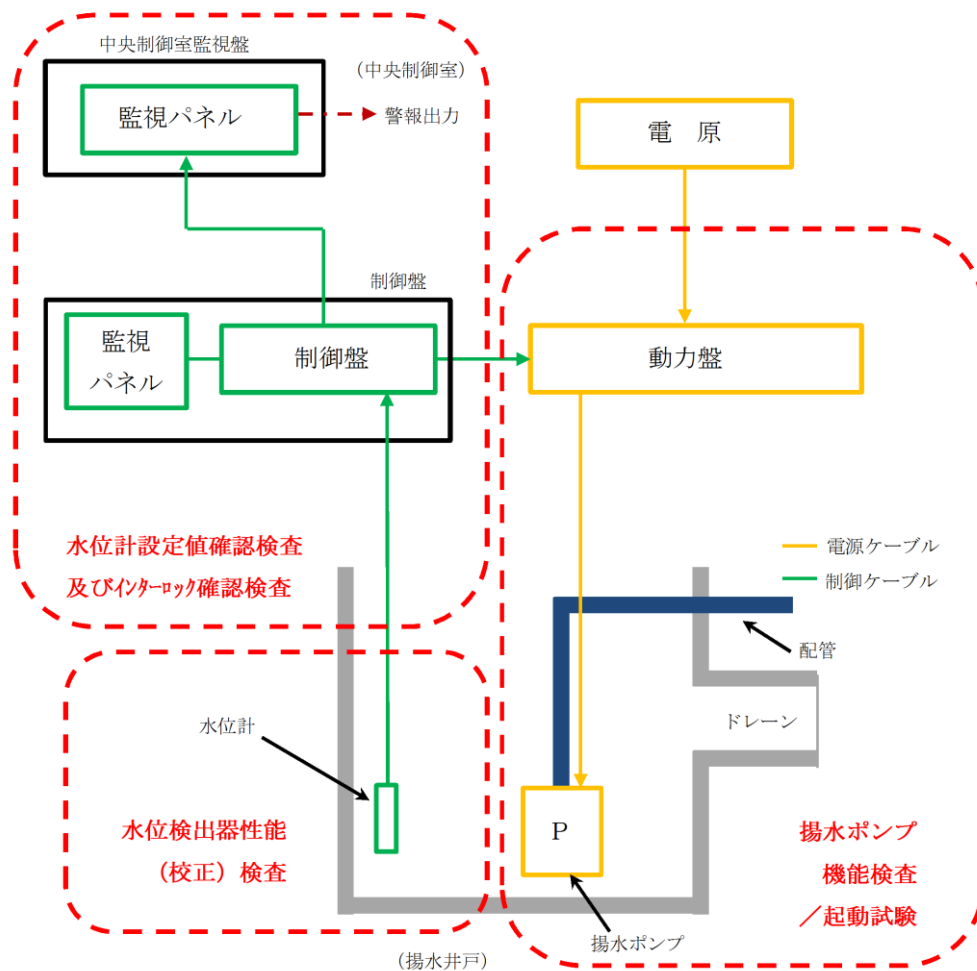
信頼性向上のため、試験又は検査について以下を考慮する。

- ・ 運転中に定期的に試験又は検査ができること。
- ・ 信頼性向上の配慮により多重化した系統及び機器にあつては、各々が独立し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17-16表に、地下水位低下設備の検査項目と範囲を別紙17-18図に示す。

別紙17-16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。	定期検査ごと
水位計設定値確認検査及びインターロック確認検査	水位計設定値が適切な値であること、インターロックが作動することを確認する。	定期検査ごと
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。	定期検査ごと
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
揚水井戸点検	ひび割れ等の変状が発生していないことを確認する。	別途、「島根原子力発電所土木建築関係設備点検手順書」にて定める
ドレーン点検	ドレーンにカメラ等を挿入し、通水面積が保持されていることを確認する。	



別紙17-18図 地下水位低下設備の試験又は検査項目と範囲

4. 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、設備構成を検討した。

さらに、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、信頼性向上に係る対策として地下水位低下設備のS s 機能維持及び多重化を行う。それでもなお動作不能が発生した場合を想定し、復旧用可搬ポンプを用いて復旧を行う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。

第Ⅲ編 設置許可段階における構造成立性検討用の地下水位の設定

耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等について、設置許可段階における構造成立性を確認する場合、第Ⅰ編 別紙 17-5 表「耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等の地下水位の設定方針」に基づき地下水位を設定する。

なお、地下水位条件については、構造成立性に係る個別の説明資料において、他の設計条件と併せて説明する。

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は、通水面積の減少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1-1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慢※に堆積することから、管の通水面積の減少による機能喪失リスクはない。さらに、今後予防保全対象として定期的な点検を実施し、点検結果を踏まえた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)並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。

添付 1-1 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
経年劣化や地震により損傷し、断面形状を保持できなくなる。	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。
ドレーンの有効範囲以外からの雨水流入、その他想定以上の雨水流入により、ドレーンの集水能力が不足する。	ドレーンの集水機能の検討に当たっては、ドレーンの有効範囲外等からの雨水流入の可能性を考慮した上で流入量を確認し、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)
土砂流入により通水面積が減少し、集・排水機能を喪失する。	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。 有孔部から管内への土砂流入は微量であり、有孔部に対し管径が十分大きく、土砂堆積による通水断面の減少は非常に緩慢※に進行することから、十分な余裕を有する断面をもつことで、機能喪失には至らない。
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。	施工時の規制を行う。(施工方法の検討)

※ドレーンは岩盤内に設置しているため、管内への土砂供給が非常に少ない。

2. ドレーン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1-2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。

添付 1-2 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	
		手段	点検対象と確認内容		
I	カメラ等により部分的に確認可能	φ300mm (流末部)	目視、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	詳細調査を行い、必要な対策を実施
II	流末部 ^{※1} の断面の確認により確認可能	φ150mm φ300mm (流末部以外)	流末部の断面をIにより確認 ^{※2}	Iより通水断面が保持されていることを確認	Iの範囲と同様の状態にあるものと考え、詳細調査を行い、必要な対策を実施する

※1 流末部とは、揚水井戸とドレーンの取り付け部を表す。

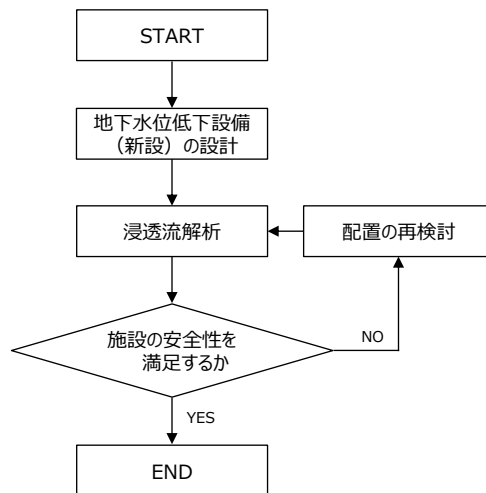
※2 以下に示す理由から、ドレーンは一定の品質が確保され、供用環境も同様と考えられるため、通常時は流末部で外観点検を行うことで異常時の検知が可能である。

- 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、掘削した岩盤内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、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。
- c. 耐久性・耐震性（Ss機能維持）が確保されている。
- d. 安定的な使用環境にある。（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物質が含まれない等）

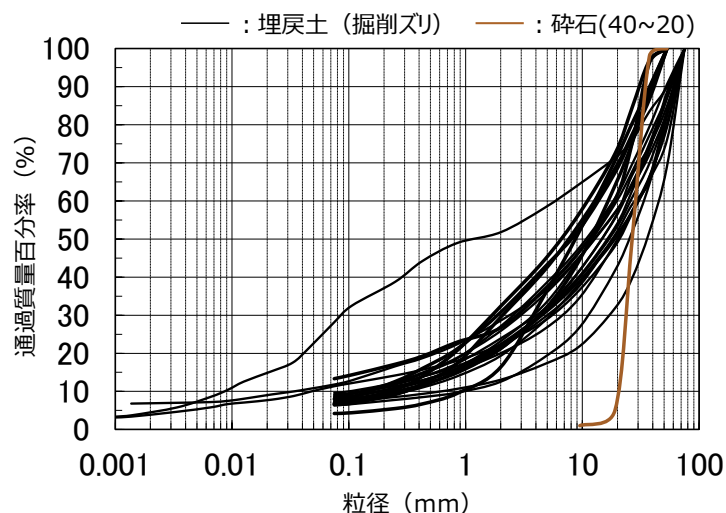
3. 集水機能の信頼性の検討

設計地下水位の算定(浸透流解析)に用いるドレーンは添付1-1図に示すフローに従い、新たなドレーンを設置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。

- 既設のドレーン(サブドレーン、集水管及び接続柵)は、岩盤内や構造物に囲まれており、周囲を砕石で埋め戻しているため、機能に期待しない場合においては、砕石相当の透水係数を設定していた。しかしながら、万が一、経年的に周囲の埋戻土からの土砂流入により通水面積の減少が発生した場合、確実に土砂を除去できないため、砕石の間に土砂が流入した状態を仮定し、埋戻土(掘削ズリ)相当の透水係数に見直す。埋戻土(掘削ズリ)及び砕石の粒径加積曲線を添付1-2図に示す。
- 浸透流解析を踏まえ、施設の安全性を確認し、必要な範囲に新設(ドレーン及び揚水井戸)を検討する。



添付 1-1 図 集水機能の検討フロー

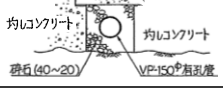
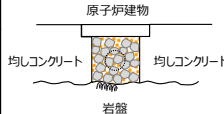

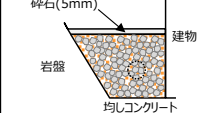
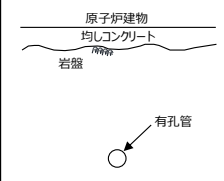
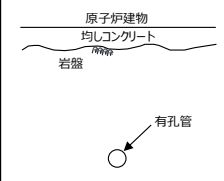


添付1-2図 埋戻土(掘削ズリ)及び砕石の粒径加積曲線

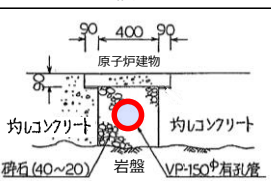

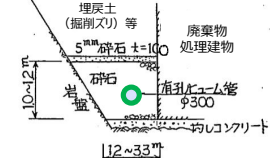
前頁の考え方から、ドレーンの状態に対応したパターンと各観点の評価の見通し、並びに浸透流解析上の取扱いについて添付1-3表に整理した。既設のドレーンは碎石及び土砂が流入して集水機能が低下した状態とする。また、新設のドレーンは、要求機能として通水性を確保するため、信頼性（耐久性・耐震性・保守管理性）を満足するものを設置する。

また、既設のドレーンが基準地震動 S_s に対して損傷した際に他の施設に与える波及影響について、添付1-4表のとおり整理した。なお、既設のサブドレーンピットは基準地震動 S_s に対して損傷しないことを確認しており、評価結果については詳細設計段階で説明する。

添付 1-3 表 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

ドレーンの種類	各観点に対する評価			浸透流解析上の扱い	
	耐久性	耐震性	保守管理性	○ : 土砂	● : 碎石 (40~20)
既設 (サブドレーン) 	○	△ 既設のドレーンは岩盤や構造物に囲まれた範囲に設置していることから、基準地震動 S_s に対して損傷しないと判断しているが、仮に損傷したもものとして評価する。	× ・直接的な確認ができない。 ・万が一、土砂による通水面積の減少が発生した場合、確実に土砂を除去できない。	原子炉建物 	岩盤や構造物に囲まれており、周囲を碎石で埋め戻しているため、機能に期待しない場合においては、碎石相当の透水性を有すると判断していた。しかしながら、万が一、経年的に周囲の埋戻土からの土砂流入により通水面積の減少が発生した場合、確実に土砂を除去できないため、碎石の間に土砂が流入した状態を仮定した透水係数を設定した。
既設 (集水管) 				原子炉建物 	
新設する場合 (例) 	○	○	○	原子炉建物 	管の耐久性・耐震性が確保され、構造を確認できることから、大気圧解放状態とする。

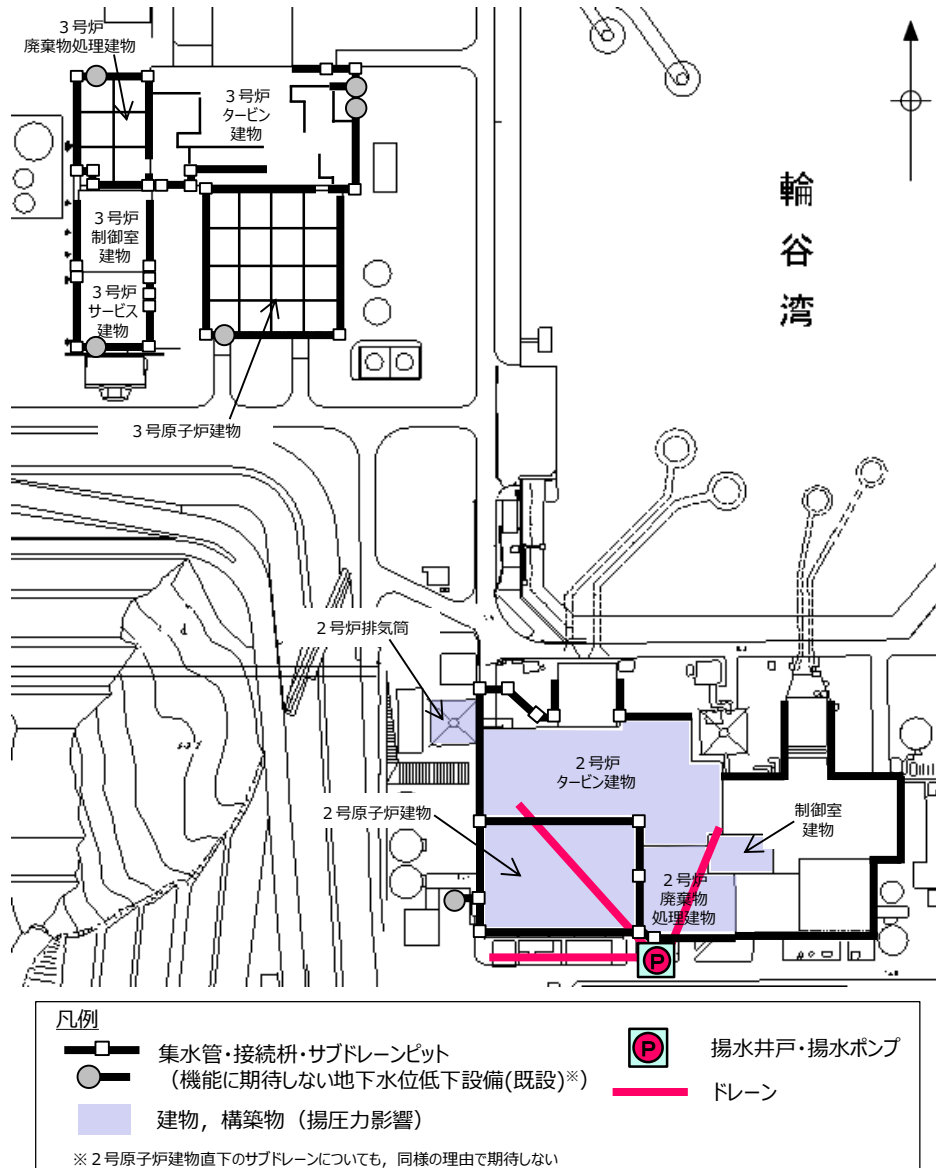
添付 1-4 表 既設のドレーンの波及影響の整理

	構造	損傷時に他の施設に与える波及影響
サブドレーン		原子炉建物直下に設置されており、周囲を岩盤や均しコンクリート、躯体に囲まれているため、基準地震動 S_s に対して損傷したとしても、管径が小さいことから、他の施設に波及影響を与えることはない。
集水管※ (原子炉建物周辺)		原子炉建物の周囲に設置されており、周囲を岩盤や均しコンクリートで囲まれているため、基準地震動 S_s に対して損傷したとしても、管径が小さいことから、他の施設に波及影響を与えることはない。
集水管※ (タービン建物、廃棄物処理建物周辺)		タービン建物及び廃棄物処理建物の周囲に設置されており、周囲を岩盤や均しコンクリート、躯体に囲まれているため、基準地震動 S_s に対して損傷したとしても、管径が小さいことから、他の施設に波及影響を与えることはない。

※接続柵を含む

添付1-1図に示す集水機能の検討フローに基づく地下水位低下設備の設定例を添付1-3図に示す。ドレーンの点検性への配慮として、カメラの挿入や土砂の除去が容易となるよう、直線状のドレーンとする。

なお、地下水位低下設備（既設）のうち、ドレーンは碎石及び土砂が流入して集水機能が低下した状態、揚水ポンプは稼働しない状態とし、揚水経路としない。



添付 1-3 図 地下水位低下設備の設定例

設置変更許可段階及び工事計画認可以降の提示内容

1. 設置許可基準規則における対応条文への適合の考え方

設置許可基準規則の対応条文のうち, 第 3 条(設計基準対象施設の地盤), 第 38 条(重大事故等対処施設の地盤), 第 4 条(地震による損傷の防止)及び第 39 条(重大事故等対処施設/地震による損傷の防止)に対して, 基準適合の考え方と設置変更許可申請書への反映箇所, 並びに工事計画認可段階における審査項目を整理した。

設置許可基準規則第 3 条は添付 2-1 表, 同第 38 条は添付 2-2 表, 同第 4 条は添付 2-3 表, 同第 39 条は添付 2-4 表に, それぞれ基準適合の考え方と設置変更許可申請書への反映箇所, 並びに工事計画認可段階における審査項目を示す。

また, 設置許可基準規則第 3 条の規則の解釈を添付 2-5 表, 並びに同第 4 条の規則の解釈を添付 2-6 表及び添付 2-7 表に示す。

添付2-1表 設置許可基準規則に対する基準適合の考え方と
 工事計画認可段階における提示内容第3条(設計基準対象施設の地盤)

設置許可基準規則	設置許可基準規則の解釈	基準適合の考え方		設置変更許可申請書への反映箇所	詳細設計段階における提示内容	
		考え方	必要な設備等			
	設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力(設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」という。)及び兼用キャスクにあっては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。)が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあっては、地盤により十分に支持されなくてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。	(添付3-5表、主要箇所抜粋) 第3条第1項に規定する「設計基準対象施設を十分に支持することができる」とは、設計基準対象施設について、自重及び運転時の荷重等に加え、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する設計であることをいう。耐震重要施設については、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認する。	耐震重要施設の基礎地盤 ・基礎地盤の安定性評価の条件として地下水位の設定方法を記載(基準適合はこの条件を用いた安定性評価により確認)	—	添付書類六 -地盤 -地震力に対する基礎地盤の安定性評価(地下水位)	— (設置許可段階で説明) [地下水位低下設備の耐震性に関する説明書において地盤の支持性能に係る確認結果を記載]
第三条(設計基準対象施設の地盤)	2 耐震重要施設及び兼用キャスクは、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。	(主要箇所抜粋) 「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構造物間の不等沈下、液状化及び掃すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。	耐震重要施設の周辺地盤 ・耐震重要施設については、液状化、掃すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 ・耐震重要度の設計においては、防波壁下部を地盤改良するために地下水の流れが遮断され地下水位が上昇するおそれがあるという島根サイト固有の状況を踏まえ地下水位低下設備の機能を考慮した水位、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定する。 ・耐震設計において、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析等を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。	・常設の地下水位低下設備	添付書類六 -地盤 -周辺地盤の変状による施設への影響評価 関連 添付書類八 -安全設計/耐震設計 -耐震重要施設	・耐震性に関する説明書(第四条の審査において確認)
	3 耐震重要施設及び兼用キャスクは、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあっては、地盤に変位が生じてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。	(記載を省略)	— (地下水位設定とは関連しない)	—	—	—

添付2-2表 設置許可基準規則に対する基準適合の考え方と
 工事計画認可段階における提示内容第38条(重大事故等対処施設の地盤)

設置許可基準規則	設置許可基準規則の解釈	基準適合の考え方		設置変更許可申請書への反映箇所	詳細設計段階における提示内容	
		考え方	必要な設備等			
第三十八 条(重大 事故等対 処施設の 地盤)	<p>重大事故等対処施設は、次に掲げる施設の区分に応じ、それぞれ次に定める地盤に設けなければならない。</p> <p>一 重大事故防止設備のうち常設のもの(以下「常設重大事故防止設備」という。)であって、耐震重要施設に属する設計基準事故対処設備が有する機能を代替するもの(以下「常設耐震重要重大事故防止設備」という。)が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く。)基準地震動による地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤</p> <p>二 常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く。)第四条第二項の規定により算定する地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤</p> <p>三 重大事故緩和設備のうち常設のもの(以下「常設重大事故緩和設備」という。)が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く。)基準地震動による地震力が作用した場合においても当該重大事故等対処施設を十分に支持することができる地盤</p>	<p>1 第38条の適用に当たっては、本規程別記1に準ずるものとする。 ※別記1:第3条(設計基準対象施設の地盤)</p> <p>2 第1項第2号に規定する「第4条第2項の規定により算定する地震力」とは、本規程別記2第4条第2項から第4項までにおいて、代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスに適用される地震力と同等のものとする。</p> <p>3 第1項第4号に規定する「第4条第2項の規定により算定する地震力」とは、本規程別記2第4条第2項第1号の耐震重要度分類のSクラスに適用される地震力と同等のものとする。</p>	<p>常設重大事故等対処施設の基礎地盤</p> <p>・基礎地盤の安定性評価の条件として地下水位の設定方法を記載(基準適合はこの条件を用いた安定性評価により確認)</p>	—	<p>添付書類六 -地盤 -地震力に対する基礎地盤の安定性評価(地下水位)</p>	<p>— (設置許可段階で第三条と併せて説明)</p>
	<p>2 重大事故等対処施設(前項第二号の重大事故等対処施設を除く。次項及び次条第二項において同じ。)は、変形した場合においても重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。</p>		<p>常設重大事故等対処施設の周辺地盤</p> <p>・常設重大事故等対処施設については、液状化、掃すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。</p> <p>・常設重大事故等対処施設の設計においては、防波壁下部を地盤改良するために海側への地下水の流れが遮断され地下水位が上昇するおそれがあるという島根サイト固有の状況を踏まえ地下水位を一定の範囲に保持する地下水位低下設備の機能を考慮した水位、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定する。</p> <p>・耐震設計において、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析等を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。</p>	<p>・常設の地下水位低下設備</p>	<p>添付書類六 -地盤 -周辺地盤の変状による施設への影響評価</p> <p>関連 添付書類八 -安全設計/耐震設計 -耐震重要施設</p>	<p>・耐震性に関する説明書(第四条の審査において確認)</p>
	<p>3 重大事故等対処施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。</p>		— (地下水位設定とは関連しない)	—	—	—

添付2-3表 設置許可基準規則に対する基準適合の考え方と
 工事計画認可段階における提示内容第4条(地震による損傷の防止)

設置許可基準規則	設置許可基準規則の解釈	基準適合の考え方		設置変更許可申請書への反映箇所	詳細設計段階における提示内容	
		考え方	必要な設備等			
第四条 (地震による損傷の防止)	設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができないものでなければならない。	(添付 3-6 表、添付 3-7 表、以下主要箇所抜粋) 1 第4条第1項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、ある地震力に対して施設全体としておおよそ弾性範囲の設計がなされることをいう。	設計基準対象施設 ・設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えられる設計とする。 ・設計基準対象施設の設計においては、防波壁下部を地盤改良するために海側への地下水の流れが遮断され地下水が上昇するおそれがあるという島根サイト固有の状況を踏まえ地下水水位を一定の範囲に保持する地下水水位低下設備の機能を考慮した水位、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水水位を設定する。 耐震重要施設 ・耐震重要施設については、揚圧力が作用した場合において、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 あわせて、液状化、挿すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 (第三条第二項をあわせて確認)	・常設の地下水水位低下設備	本文* 添付書類八 -安全設計 -耐震設計/基本方針 -耐震重要施設 -その他発電用原子炉の付属設備 -地下水水位低下設備 関連 添付書類六 -地盤 -周辺地盤の変状による施設への影響評価 ※ 耐震評価において地下水水位低下設備の機能に期待することは島根サイト固有の事項であることから、設置目的や役割を本文に記載。	・耐震性に関する説明書(設計地下水水位の設定を含む)
	2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。	設計基準対象施設は、耐震重要度に応じて、以下のクラス(以下「耐震重要度分類」という。)に分類するものとする。	耐震重要施設 ・耐震重要施設については、揚圧力が作用した場合において、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 あわせて、液状化、挿すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 (第三条第二項をあわせて確認)	・耐震重要施設 ・耐震重要施設については、揚圧力が作用した場合において、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 あわせて、液状化、挿すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 (第三条第二項をあわせて確認)	本文* 添付書類八 -安全設計 -耐震設計/基本方針 -耐震重要施設 -その他発電用原子炉の付属設備 -地下水水位低下設備 関連 添付書類六 -地盤 -周辺地盤の変状による施設への影響評価 ※ 耐震評価において地下水水位低下設備の機能に期待することは島根サイト固有の事項であることから、設置目的や役割を本文に記載。	・耐震性に関する説明書(設計地下水水位の設定を含む)
	3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力(以下「基準地震動による地震力」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	一 耐震重要施設のうち、二以外のもの ・基準地震動による地震力に対して、その安全機能が保持できること。 二 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が設置された建物・構築物 ・基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能(津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能をいう。)が保持できること。	・耐震重要施設 ・耐震重要施設については、揚圧力が作用した場合において、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 あわせて、液状化、挿すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 (第三条第二項をあわせて確認)	・耐震重要施設 ・耐震重要施設については、揚圧力が作用した場合において、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 あわせて、液状化、挿すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。 (第三条第二項をあわせて確認)	本文* 添付書類八 -安全設計 -耐震設計/基本方針 -耐震重要施設 -その他発電用原子炉の付属設備 -地下水水位低下設備 関連 添付書類六 -地盤 -周辺地盤の変状による施設への影響評価 ※ 耐震評価において地下水水位低下設備の機能に期待することは島根サイト固有の事項であることから、設置目的や役割を本文に記載。	・耐震性に関する説明書(設計地下水水位の設定を含む)
	4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。			地下水水位低下設備 ・地震に対し機能を保持する設計とする。 (Cクラス、Ss 機能維持)		
			(対象斜面なし)			

添付2-4表 設置許可基準規則に対する基準適合の考え方と工事計画認可段階における提示内容第39条(重大事故等対処施設/地震による損傷の防止)

設置許可基準規則	設置許可基準規則の解釈	基準適合の考え方		設置変更許可申請書への反映箇所	詳細設計段階における提示内容
		考え方	必要な設備等		
<p>第三十九条 (重大事故等対処施設/地震による損傷の防止)</p> <p>重大事故等対処施設は、次に掲げる施設の区分に応じ、それぞれ次に定める要件を満たすものでなければならない。</p> <p>一 常設耐震重要重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く。) 基準地震動による地震力に対して重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。</p> <p>二 常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く。) 第四条第二項の規定により算定する地震力に十分に耐えることができるものであること。</p> <p>三 常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く。) 基準地震動による地震力に対して重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。</p> <p>四 特定重大事故等対処施設 第四条第二項の規定により算定する地震力に十分に耐えることができ、かつ、基準地震動による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること。</p>	<p>1 第39条の適用に当たっては、本規程別記2に準ずるものとする。</p> <p>※別記2・第4条(地震による損傷の防止)</p> <p>2 第1項第2号に規定する「第4条第2項の規定により算定する地震力」とは、本規程別記2第4条第2項から第4項までにおいて、代替する機能を有する設計基準事故対処設備が属する耐震重要度分類のクラスに適用される地震力と同等のものとする。</p> <p>3 第1項第4号に規定する「第4条第2項の規定により算定する地震力」とは、本規程別記2第4条第2項第1号の耐震重要度分類のSクラスに適用される地震力と同等のものとする。</p>	<p>常設重大事故等対処施設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常設重大事故等対処施設については、揚圧力が作用した場合において、当該施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する。 あわせて、液状化、挿すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮した場合においても、当該施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する。 (第三十八条第二項をあわせて確認) ・常設重大事故等対処施設の設計においては、防壁下部を地盤改良するために海側への地下水の流れが遮断され地下水位が上昇するおそれがあるという島根サイト固有の状況を踏まえ地下水位を一定の範囲に保持する地下水低下設備の機能を考慮した水位、自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて設計地下水位を設定する。 <p>耐震設計において、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析等を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定する。</p> <p>地下水低下設備^{※2}</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震に対し機能を保持する設計とする。 (Cクラス、Ss機能維持) <p>※2 地震による損傷の防止は、同一の地盤、地震に対する第4条への適合性を示すことにより確認する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・常設の地下水低下設備 	<p>本文^{※1}</p> <p>添付書類八 -設置許可基準規則への適合 -第三十九条</p> <p>関連 添付書類八 -安全設計 -耐震設計/基本方針 -耐震重要施設</p> <p>-その他発電用原子炉の付属設備 -地下水低下設備</p> <p>添付書類六 -地盤 -周辺地盤の変状による施設への影響評価</p> <p>※1 耐震評価において地下水低下設備の機能に期待することは島根サイト固有の事項であることから、設置目的や役割を本文に記載。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・耐震性に関する説明書(設計地下水位の設定を含む)
		<p>2 重大事故等対処施設は、第四条第三項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>		<p>— (対象斜面なし)</p>	—

添付 2-5 表 設置許可基準規則第 3 条の規則の解釈

設置許可基準規則	設置許可基準規則の解釈
<p>設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力（設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの（以下「耐震重要施設」という。）及び兼用キャスクにあっては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。）が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあっては、地盤により十分に支持されなくてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。</p>	<p>1 第 3 条第 1 項に規定する「設計基準対象施設を十分に支持することができる」とは、設計基準対象施設について、自重及び運転時の荷重等に加え、耐震重要度分類（本規程第 4 条 2 の「耐震重要度分類」をいう。以下同じ。）の各クラスに応じて算定する地震力（第 3 条第 1 項に規定する「耐震重要施設」（本規程第 4 条 2 の S クラスに属する施設をいう。）にあっては、第 4 条第 3 項に規定する「基準地震動による地震力」を含む。）が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力を有する設計であることをいう。</p> <p>なお、耐震重要施設については、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認することが含まれる。</p>
<p>2 耐震重要施設及び兼用キャスクは、変形した場合においてもその安全機能が損なわれないおそれがない地盤に設けなければならない。</p>	<p>2 第 3 条第 2 項に規定する「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。</p> <p>このうち上記の「地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み」については、広域的な地盤の隆起又は沈降によって生じるもののほか、局所的なものを含む。これらのうち、上記の「局所的なもの」については、支持地盤の傾斜及び撓みの安全性への影響が大きいおそれがあるため、特に留意が必要である。</p>
<p>3 耐震重要施設及び兼用キャスクは、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。ただし、兼用キャスクにあっては、地盤に変位が生じてもその安全機能が損なわれない方法により設けることができるときは、この限りでない。</p>	<p>3 第 3 条第 3 項に規定する「変位」とは、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、地盤に与えるずれをいう。</p> <p>また、同項に規定する「変位が生ずるおそれがない地盤に設け」とは、耐震重要施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、当該施設を将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置することをいう。</p> <p>なお、上記の「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降（約 1 2 ～ 1 3 万年前以降）の活動が否定できない断層等とする。その認定に当たって、後期更新世（約 1 2 ～ 1 3 万年前）の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約 4 0 万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。</p> <p>なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断すること。</p> <p>また、「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面を含む。</p>

注) 「設置許可基準規則の解釈」欄は、炉心内の燃料被覆材及び兼用キャスクに係る条項の記載を省略している。

添付2-6表 設置許可基準規則第4条の規則の解釈(1/2)

設置許可基準規則	設置許可基準規則の解釈
<p>設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならぬ。</p>	<p>別記2のとおりとする。ただし、炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については以下のとおりとし、兼用キャスク貯蔵施設については別記4のとおりとする。</p> <p>一 第1項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動による地震力（本規程別記2第4条第4項第1号に規定する弾性設計用地震動による地震力をいう。）又は静的地震力（同項第2号に規定する静的地震力をいい、Sクラスに属する機器に対し算定されるものに限る。）のいずれか大きい方の地震力を組み合わせた荷重条件に対して、炉心内の燃料被覆材の応答が全体的におおむね弾性状態に留まることをいう。</p> <p>二 第5項に規定する「基準地震動による地震力に対して放射性物質の閉じ込めの機能が損なわれるおそれがない」とは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないことをいう。</p> <p>(別記2)</p> <p>1 第4条第1項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、ある地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることをいう。この場合、上記の「弾性範囲の設計」とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下に留めることをいう。また、この場合、上記の「許容限界」とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体としておおむね弾性範囲に留まり得ることをいう。</p>
<p>第四条 (地震による損傷の防止)</p> <p>2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。</p>	<p>2 第4条第2項に規定する「地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度」とは、地震により発生するおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）をいう。設計基準対象施設は、耐震重要度に応じて、以下のクラス（以下「耐震重要度分類」という。）に分類するものとする。</p> <p>一 Sクラス（以下略） 二 Bクラス（以下略） 三 Cクラス</p> <p>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をいう。</p> <p>3 第4条第1項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために、耐震重要度分類の各クラスに属する設計基準対象施設の耐震設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 Sクラス（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）（以下略） 二 Bクラス（以下略） 三 Cクラス</p> <ul style="list-style-type: none"> 静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。 建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。 機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。 <p>4 第4条第2項に規定する「地震力」の「算定」に当たっては、以下に示す方法によること。（以下略）</p>

注) 「設置許可基準規則の解釈」欄は、炉心内の燃料被覆材及び兼用キャスクに係る条項の記載を省略している。

添付2-7表 設置許可基準規則第4条の規則の解釈(2/2)

設置許可基準規則	設置許可基準規則の解釈
<p>3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力(以下「基準地震動による地震力」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>5 第4条第3項に規定する「基準地震動」は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものとし、次の方針により策定すること。(以下略)</p> <p>6 第4条第3項に規定する「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」ことを満たすために、基準地震動に対する設計基準対象施設の設計に当たっては、以下の方針によること。</p> <p>一 耐震重要施設のうち、二以外のもの</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動による地震力に対して、その安全機能が保持できること。 ・建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること。 ・機器・配管系については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持すること。なお、上記により求められる荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと。また、動的機器等については、基準地震動による応答に対して、その設備に要求される機能を保持すること。具体的には、実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とすること。 <p>なお、上記の「運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重」については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせて考慮すること。</p> <p>二 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が設置された建物・構築物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能(津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能をいう。)が保持できること。 ・津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該施設及び建物・構築物が構造全体として変形能力(終局耐力時の変形)について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能(津波防護機能及び浸水防止機能)を保持すること。 ・浸水防止設備及び津波監視設備は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重等と基準地震動による地震力の組合せに対して、その設備に要求される機能(浸水防止機能及び津波監視機能)を保持すること。 ・これらの荷重組合せに関しては、地震と津波が同時に作用する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動による地震力と津波による荷重の組合せを考慮すること。 <p>なお、上記の「終局耐力」とは、構造物に対する荷重を漸次増大した際、構造物の変形又は歪みが著しく増加する状態を構造物の終局状態と考え、この状態に至る限界の最大荷重負荷をいう。</p> <p>また、耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計すること。この波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて、事象選定及び影響評価の結果の妥当性を示すとともに、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用すること。</p> <p>なお、上記の「耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわない」とは、少なくとも次に示す事項について、耐震重要施設の安全機能への影響が無いことを確認すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響 ・耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響 ・建屋内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響 ・建屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響 <p>7 第4条第3項に規定する「基準地震動による地震力」の算定に当たっては、以下に示す方法によること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動による地震力は、基準地震動を用いて、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定すること。なお、建物・構築物と地盤との相互作用、埋込み効果及び周辺地盤の非線形性について、必要に応じて考慮すること。 ・基準地震動による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性及び適用限界等を考慮の上、適切な解析法を選定するとともに、十分な調査に基づく適切な解析条件を設定すること。 ・地震力の算定過程において建物・構築物の設置位置等で評価される入力地震動については、解放基盤表面からの地震波の伝播特性を適切に考慮するとともに、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮すること。また、敷地における観測記録に基づくとともに、最新の科学的・技術的知見を踏まえて、その妥当性が示されていること。
<p>4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<p>8 第4条第4項は、耐震重要施設の周辺斜面について、基準地震動による地震力を作用させた安定解析を行い、崩壊のおそれがないことを確認するとともに、崩壊のおそれがある場合には、当該部分の除去及び敷地内土木工作物による斜面の保持等の措置を講じることにより、耐震重要施設に影響を及ぼすことがないようにすることをいう。</p> <p>また、安定解析に当たっては、次の方針によること。</p> <p>一 安定性の評価対象としては、重要な安全機能を有する設備が内包された建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等に影響を与えるおそれのある斜面とすること。</p> <p>二 地質・地盤の構造、地盤等級区分、液状化の可能性及び地下水の影響等を考慮して、すべり安全率等により評価すること。</p> <p>三 評価に用いる地盤モデル、地盤パラメータ及び地震力の設定等は、基礎地盤の支持性能の評価に準じて行うこと。特に地下水の影響に留意すること。</p>

注)「設置許可基準規則の解釈」欄は、炉心内の燃料被覆材及び兼用キャスクに係る条項の記載を省略している。

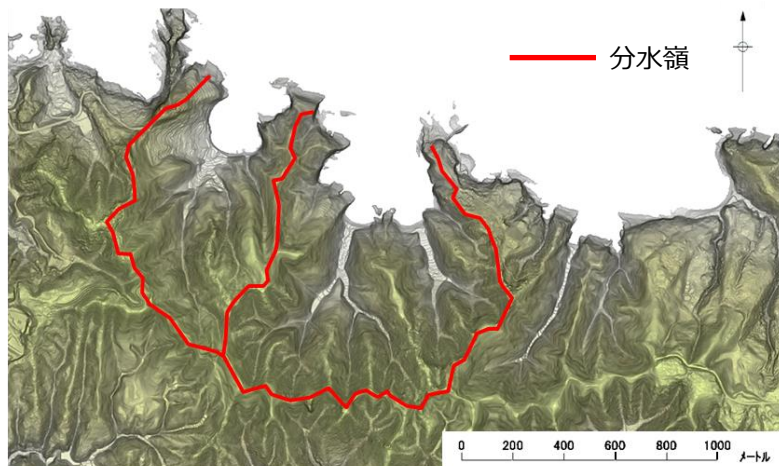
敷地の水文環境

敷地は、北側が海に面し、その他は山地に囲まれている。敷地の地形は、補足 1-1 図及び補足 1-2 図に示すとおり、沿岸低山地と後背山地に大別され、沿岸低山地は標高約 80m 以下の山地で、緩慢な山頂面から海に急傾斜している。また、後背山地は標高約 80～160m の山地で、開折谷が発達しており、中央が扇状に大きく広がっている。

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、地下水は主要建物周辺に設置した地下水位低下設備（既設）により集水後、排水路へ排水される。

主な地表水の流れを補足 1-2 図に示す。



※航空レーザー測量で取得した2mメッシュのDEMデータに、空中写真により取得した旧地形のDEMデータを合成して作成したもの

補足 1-1 図 発電所周辺の分水嶺等の分布状況



.....➡ 主な地表水の流れ 島根原子力発電所周辺の空中写真
出典：国土地理院（2009年撮影）

補足 1-2 図 発電所周辺の主な地表水の流れ

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

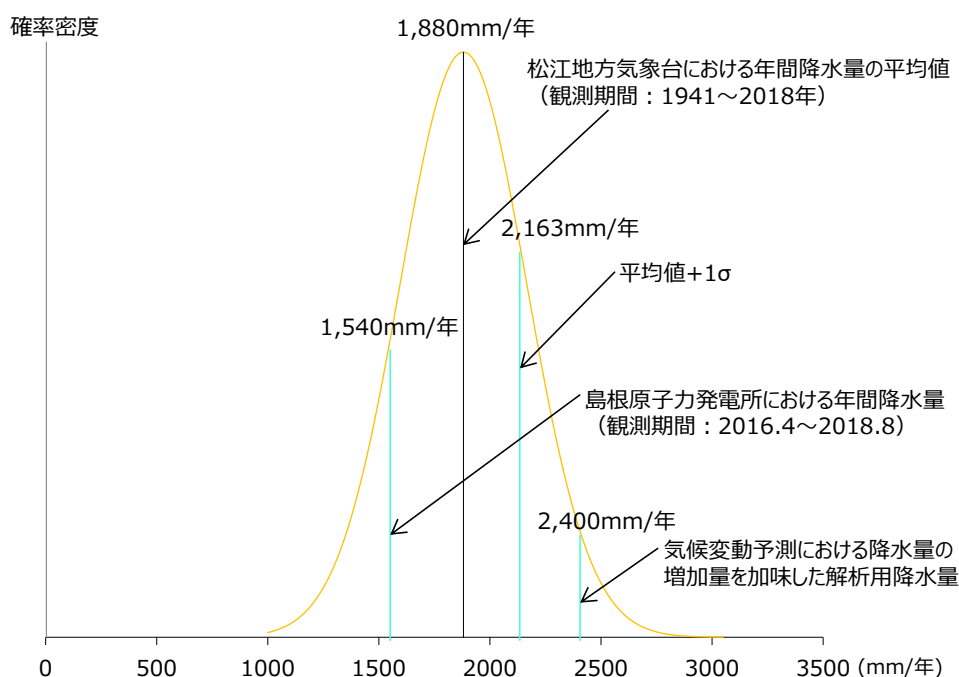
降雨条件については、島根原子力発電所が位置する島根県松江市の気象庁松江地方気象台の過去78年間（1941～2018年）の年間降水量の記録に基づき、年間降水量の平均値及びばらつきを考慮する。この期間における年間降水量の平均値は、1,880mm/年であり、ばらつきを考慮した値（平均値+1σ）は2,163mm/年である。

また、気象庁・環境省における今後の気候変動予測に関する分析によると、西日本日本海側において、地球温暖化が深刻に進展したシナリオでは、将来的に（2080～2100年）年間降水量が約130mm/年増加する可能性があることが報告されている。

上記を踏まえ、地下水位の設定に係る浸透流解析を実施するに当たっては、降雨条件として、2,400mm/年を用い、定常的に与えることとする。

補足 1-1 表 浸透流解析に用いる降雨条件の考え方

	降水量 (mm/年)
(参考) 島根原子力発電所における年間降水量	1,540
松江地方気象台における年間降水量の平均値	1,880
標準偏差	283
平均値+1σ	2,163
将来的な増加量	130
気候変動予測における降水量の増加量を加味した解析用降水量	2,400



補足 1-3 図 松江市の年間降水量の正規分布

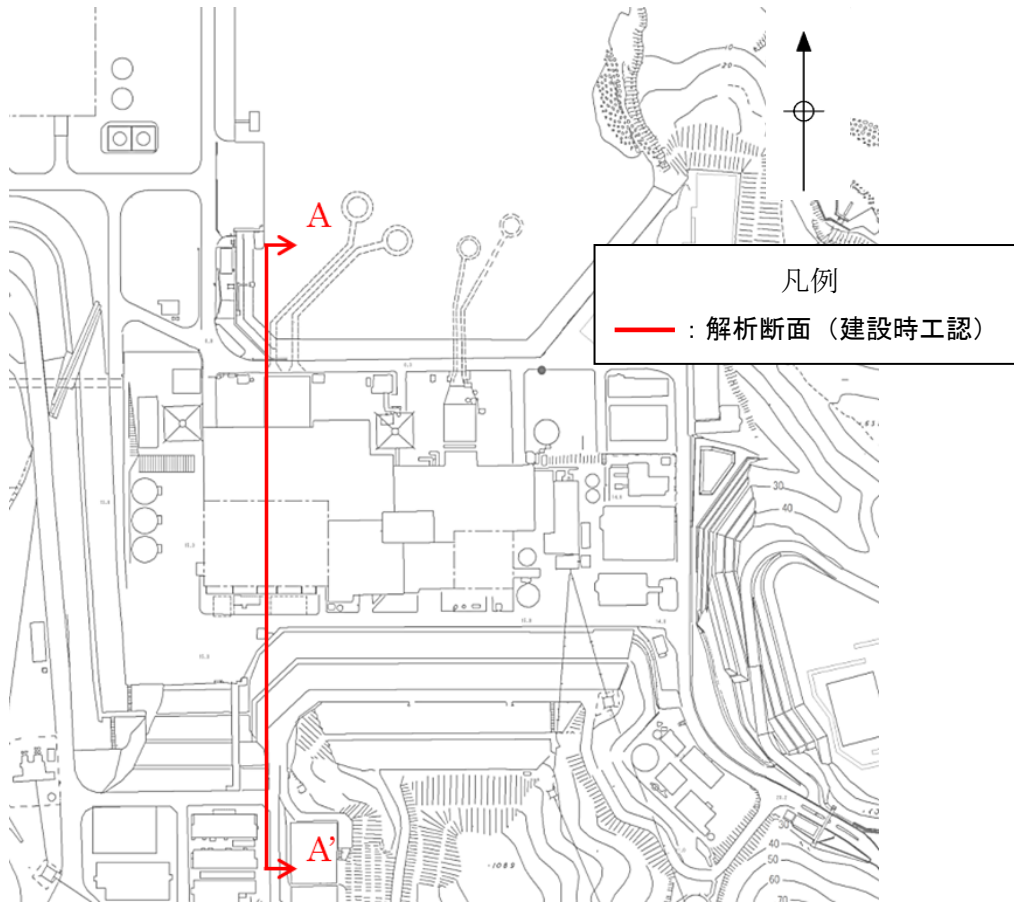
建設時工認段階の浸透流解析結果

1. 解析の目的

建設時工認において、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（既設）の設計に使用する湧水量
- ②建物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 図の南北方向)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*

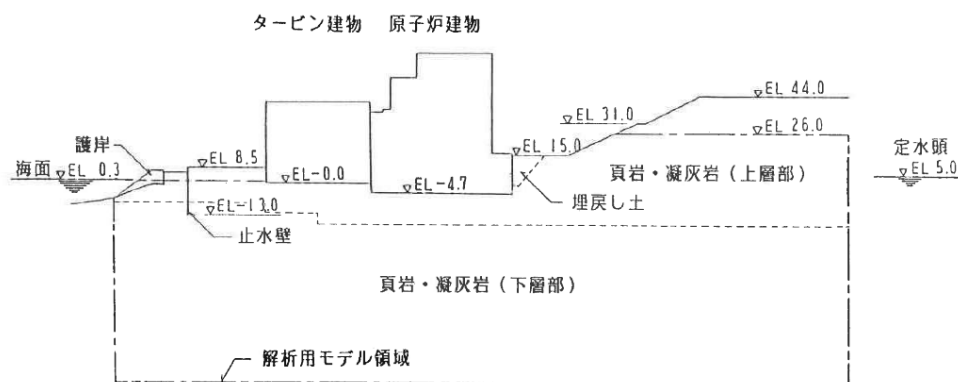
※建設時工認の浸透流解析断面は、当時の地形にてモデル化しており、現地形は異なる

2. 解析条件

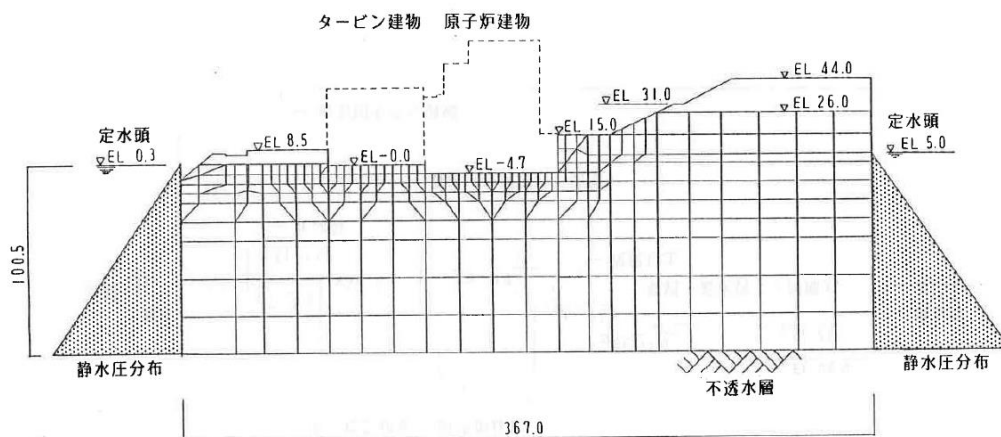
(1) 境界条件

建設時工認(定常浸透流解析)の海側境界は EL. +0.3m (建設時工認の H.W.L.), 山側境界は EL. +5.0m 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, 海側には建物との間に止水壁が設置されており海水の流入を遮断する効果を考慮している。



補足 2-2 図 建物周辺地盤断面図(A-A'断面)



補足 2-3 図 浸透流解析用モデル図(A-A'断面)

(2) 透水係数

浸透流解析に用いた透水係数を補足 2-1 表に示す。

透水係数は、建設時工認に実施した透水試験等により設定した。

また参考として、今回、浸透流解析を実施するに当たり、建設時工認後に実施した透水試験等に基づき設定した透水係数を補足 2-2 表に示す（詳細については補足説明資料 8 参照）。

補足 2-1 表 建設時工認の透水係数

材質	透水係数 (cm/s)
護岸・止水壁	1.0×10^{-8}
頁岩・凝灰岩（下層部）	2.0×10^{-4}
頁岩・凝灰岩（上層部）	5.0×10^{-4}
埋戻し土	5.0×10^{-3}

補足 2-2 表 地下水位の設定に係る透水係数

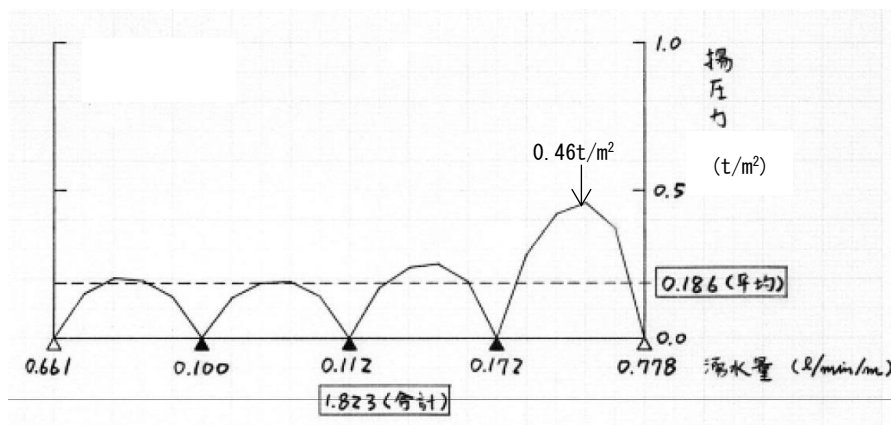
区分	解析用 透水係数 (cm/s)	設定方法	【参考】 試験結果 (cm/s)
構造物, 改良地盤	1×10^{-5}	『管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル(改訂版)※』に基づき、不透水性地層相当（難透水層）として設定した。不透水材料として透水係数が 1×10^{-5} cm/s以下であり、適切な厚さを持つことで不透水性地層と同等以上の遮水の効力を発揮できるとされていることから、構造物の透水係数を不透水性地層とした。	-
C _H 級	5×10^{-5}	建設時工認の岩盤の透水係数は頁岩・凝灰岩（上層部）及び（下層部）の2種類を設定していたが、今回、3次元浸透流解析を行うに当たり、解析の精度向上を目的として、敷地の岩級に合わせて透水係数を設定する。	4.5×10^{-5}
C _M 級	6×10^{-4}		5.6×10^{-4}
C _L 級	1×10^{-3}		1.0×10^{-3}
D級	2×10^{-3}	D級岩盤の大部分は地表付近に分布する強風化した土砂状の岩盤であり、その粒度特性を踏まえ、クレーガーの方法により 2.8×10^{-4} cm/s（ $\approx 3 \times 10^{-4}$ cm/s）を設定していた。しかし、D級岩盤は割れ目の発達した岩盤と風化の進行した岩盤に大別されるが、粒度試験 1 2 試料のうち割れ目が発達した黒色頁岩は 1 試料のみであったため、その特性を透水係数に反映できていないと考える。黒色頁岩の粒度試験結果から設定した透水係数により、揚水量が低減する傾向が認められることから、地下水位が高く算定されると判断し、割れ目が発達したD級岩盤の影響を考慮した透水係数 2×10^{-3} cm/sを採用する。	1.75×10^{-3}
砂礫層	4×10^{-3}	建設時工認では設定されていなかったが、今回、3次元浸透流解析を行うに当たり、解析の精度向上を目的として現場透水試験を実施し、透水係数を設定した。	3.6×10^{-3}
埋戻し土 （掘削ズリ）	2×10^{-1}	建設時工認の埋戻し土の透水係数は、工学的な観点から岩盤の透水係数より1オーダー大きな値とすることで地下水位を保守的に評価することに重点を置き、現場透水試験によらず透水係数を設定していた。今回、3次元浸透流解析を行うに当たり、解析の精度向上を目的として現場透水試験を実施し、透水係数を設定した。	1.7×10^{-1}

※ H20.8（財）港湾空間高度化環境研究センター

3. 解析結果

(1) 原子炉建物の揚圧力及び湧水量

原子炉建物における揚圧力分布を補足 2-4 図に示し、設計値との比較結果を補足 2-3 表に示す。建設時工認において、原子炉建物における揚圧力は、設計値を下回っていることを確認した。



補足 2-4 図 各ドレーンの湧水量及び揚水圧分布図(A-A'断面のうち原子炉建物)

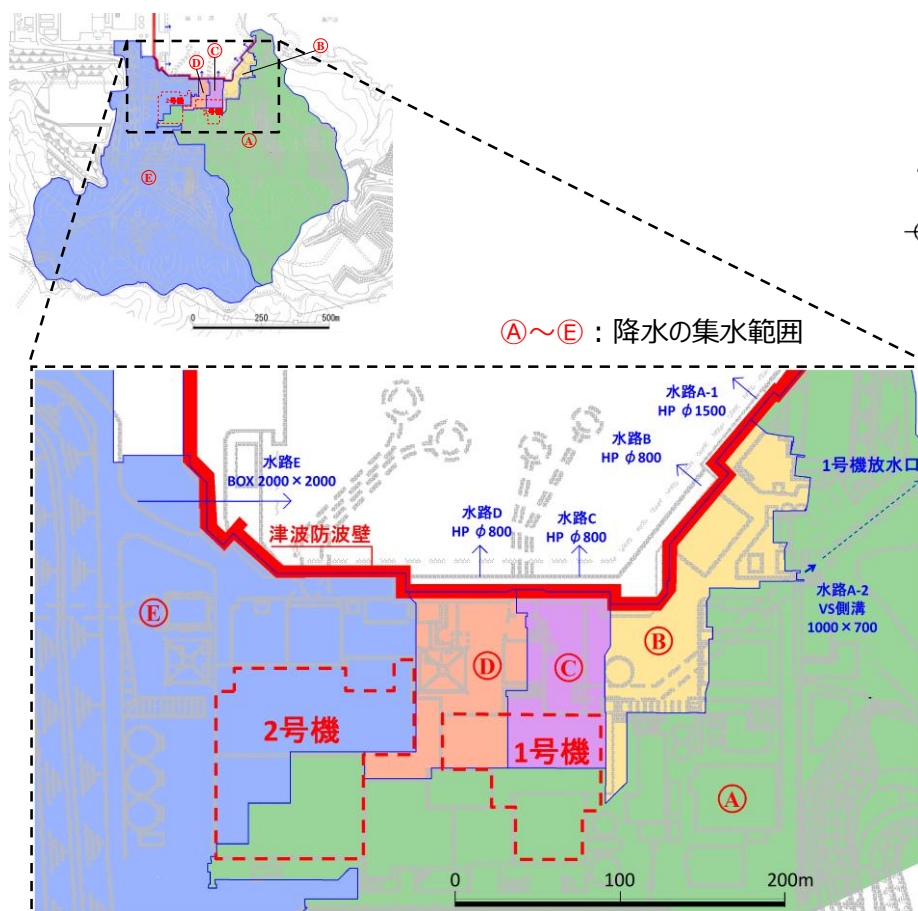
補足 2-3 表 原子炉建物にかかる揚圧力
(設計値及び解析結果)

建物名称	揚圧力 (t/m ²)	
	設計値	解析結果
2号炉原子炉建物	0.8	0.186

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等を境に分割できることから、これに対応して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、気象庁松江地方気象台（松江市）における既往最大1時間雨量の77.9mm/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 3-1 表 幹線排水路の仕様と排水能力 (降雨強度 77.9mm/h)

水路	集水面積 (ha)	雨水流出量 Q (m ³ /s)	排水設備	排水量 Q' (m ³ /s)	安全率 (Q'/Q)
A-1	21.03	5.40	ヒューム管 φ 1500	6.23	1.49
A-2			VS 側溝 B=1000, H=700	1.84	
B	1.01	0.22	ヒューム管 φ 800	2.41	10.95
C	0.55	0.12	ヒューム管 φ 800	2.41	20.08
D	0.69	0.15	ヒューム管 φ 800	2.41	16.07
E	41.06	7.55	BOX2000×2000	16.44	2.18

三次元浸透流解析による 3 号炉北側防波壁周辺の地盤改良後の影響確認

防波壁周辺の地盤改良完了後において、保主的に地下水位低下設備（既設）の機能に期待しない予測解析（Case 2）を実施し、再現解析（Case 1）の結果と比較することにより、現状と将来の地下水位の変化について確認を行う。

1. 3 号炉北側防波壁周辺の地盤改良による影響

(1) 解析条件等

a. 領域とモデル化範囲

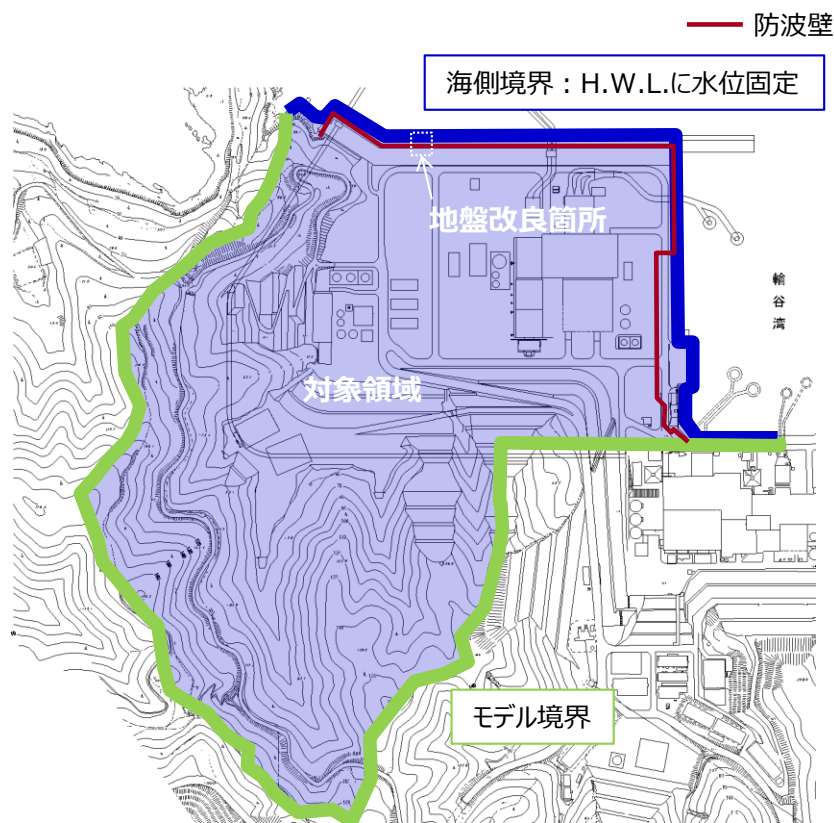
再現解析を実施した期間において、防波壁周辺の地盤改良工事が完了していない 3 号炉エリアを対象とし、敷地境界の分水嶺から防波壁までを解析領域とする。

領域内の構造物※、地下水位低下設備（既設）をモデル化する。

3 号炉北側防波壁周辺の状態は、防波壁周辺の地盤改良完了前とする。

三次元浸透流解析の範囲等を補足 4-1 図に示す。

※耐震裕度向上等の目的で実施した地盤改良等は、難透水層としてモデル化する。



補足 4-1 図 三次元浸透流解析の範囲等

b. 透水係数

透水係数は、補足 4-1 表に示すとおり、透水試験の結果等に基づき設定する。

補足 4-1 表 浸透流解析に係る透水係数設定値一覧

区分	透水係数 (cm/s)
C _H 級	5×10^{-5}
C _M 級	6×10^{-4}
C _L 級	1×10^{-3}
D級	2×10^{-3}
砂礫層	4×10^{-3}
埋戻土 (掘削ズリ)	2×10^{-1}
構造物, 改良地盤	1×10^{-5}

c. 解析条件

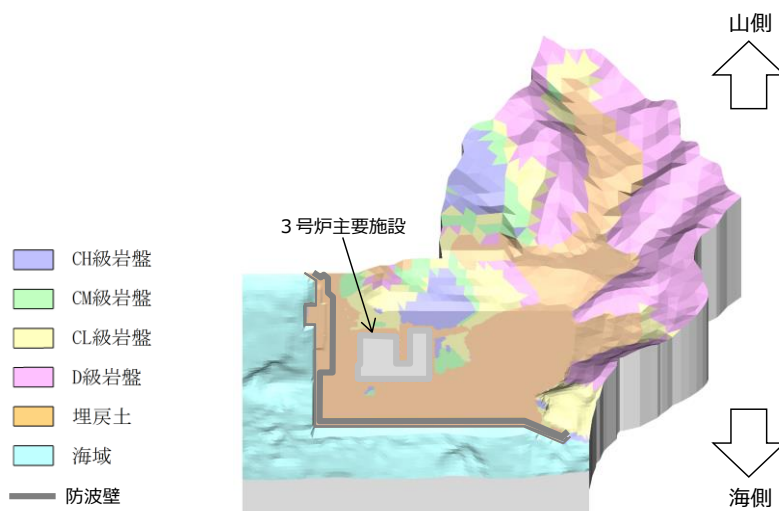
解析条件は、補足 4-2 表のとおりとする。

補足 4-2 表 解析条件一覧

	Case1 (再現解析)	Case2 (予測解析)
解析モデル	地盤改良前	地盤改良後
降雨条件	1,540mm/年 (発電所, 年平均降雨)	2,400mm/年
海側境界	H.W.L.に水位固定	同左
地下水位低下設備 (既設)の状態	稼働	非稼働
透水係数	補足4-1表のとおり	同左

(2) 解析モデル

解析モデルの概要を補足 4-2 図に示す。地盤改良完了前モデル及び地盤改良完了後モデルの違いは防波壁周辺の地盤改良の有無のみであり、他の条件は同一である。



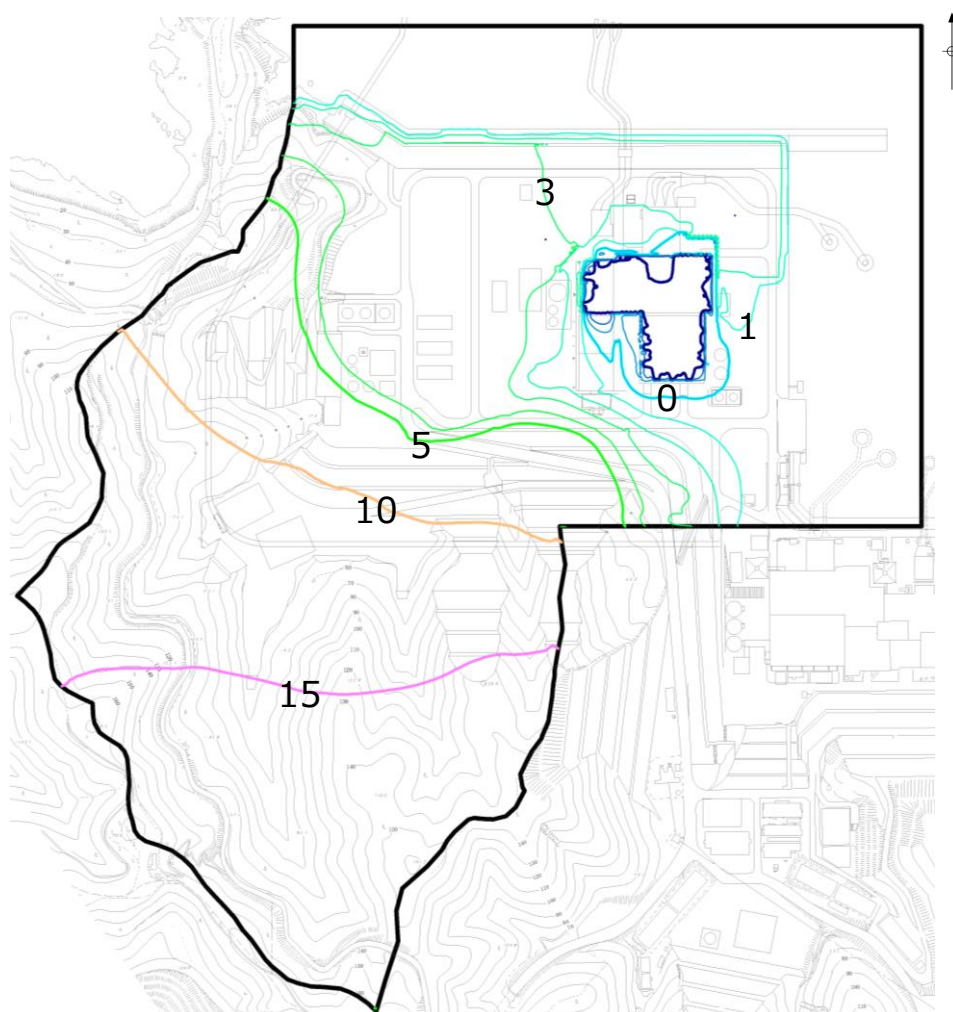
補足 4-2 図 解析モデルの概要

a. Case 1 (再現解析：地盤改良完了前)

3号炉北側防波壁周辺の地盤改良完了前における地下水位のコンター図を補足4-3図に示す。

これによると、解析領域境界（山側）より3号炉建物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（既設）による水位低下効果が確認できる。

地下水位観測記録によると、3号炉北側防波壁近傍において、地下水位は概ねEL. +1～3mで推移している。地下水位の上昇要因は、防波壁の設置及び周辺の地盤改良並びに降雨が考えられ、一方で、下降要因として、地下水位低下設備（既設）による水位低減効果が考えられる。これらの地下水位上昇・下降要因が釣り合うことにより、地下水位が平衡状態に保持されていると考えられる。



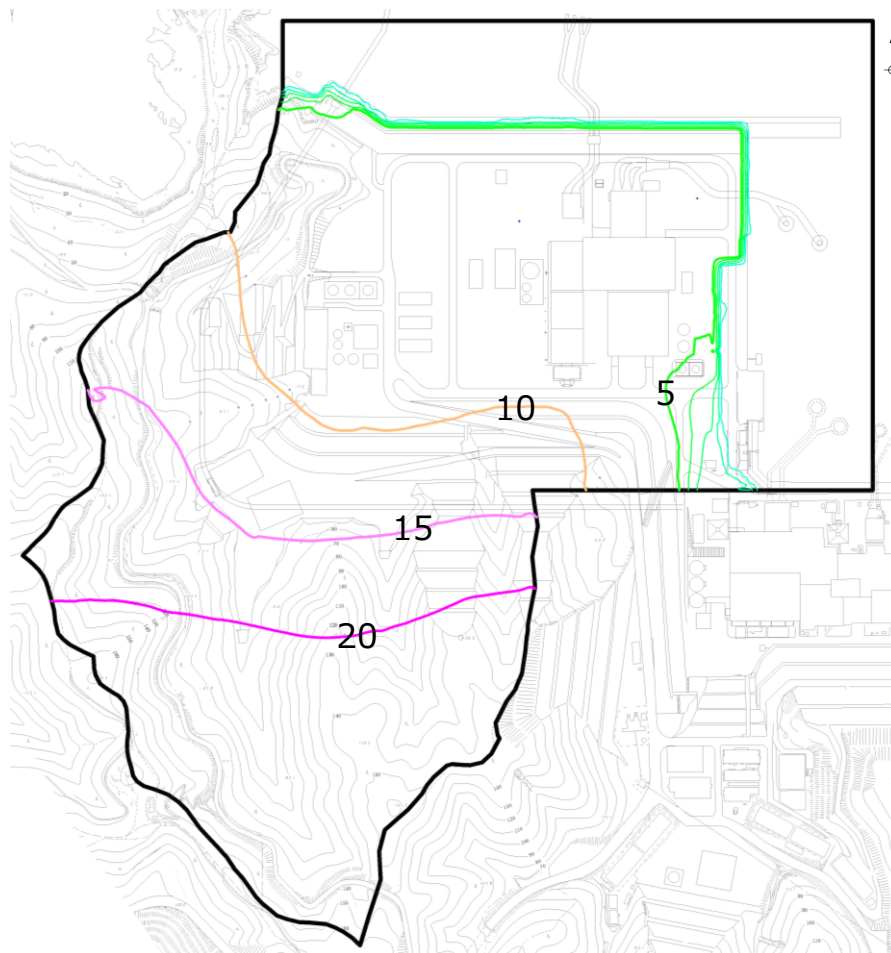
補足 4-3 図 三次元浸透流解析結果(定常状態・地盤改良完了前モデル)

b. Case 2 (予測解析：地盤改良完了後)

3号炉北側防波壁周辺の地盤改良完了後における地下水位のコンター図を補足4-4図に示す。

2号設置変更許可申請では、3号炉建物周辺の地下水位低下設備（既設）の機能に期待しないため、地下水位低下設備（既設）を保守的に考慮しない。また、降雨条件として、気象庁松江地方気象台における年間降水量にばらつきを考慮した値（平均値+1 σ ）に、今後の気候変動予測による降水量の変化を加味し、降水量を設定した。

防波壁近傍において、地下水位は概ねEL. +5m程度であり、地表面まで上昇しないことを確認した。



補足 4-4 図 三次元浸透流解析結果(定常状態・地盤改良完了後モデル)

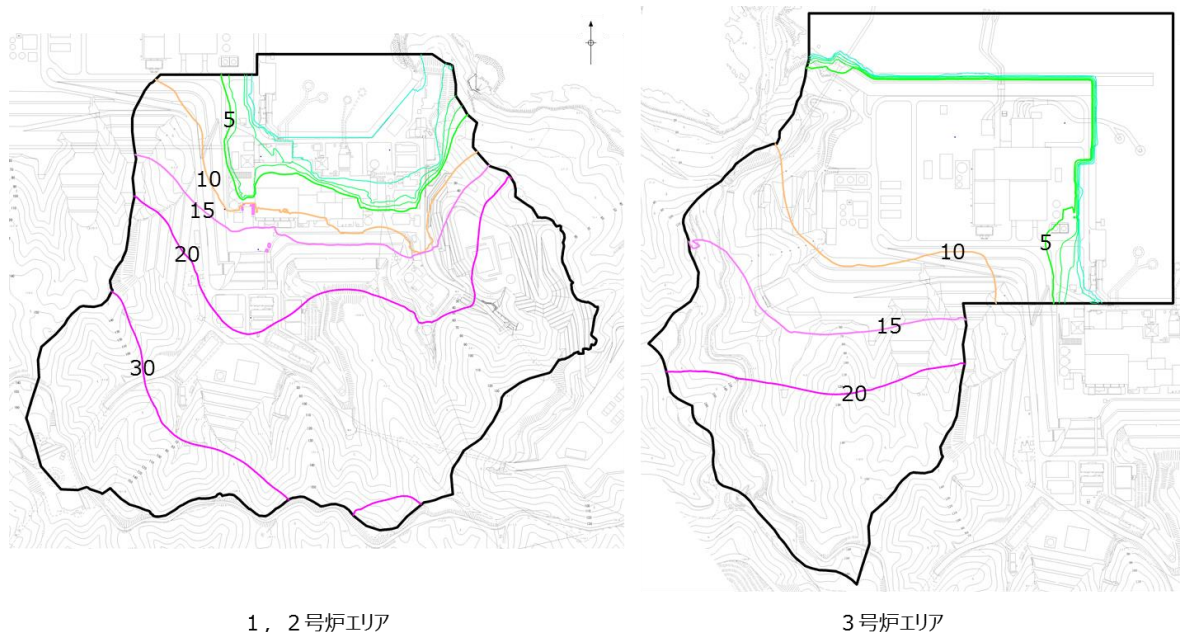
2. 地下水位低下設備（既設）が機能しない場合の地下水位分布

地下水位低下設備（既設）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予測した浸透流解析の結果を補足 4-5 図に示す。

浸透流解析における降水量の設定条件として、気象庁松江地方気象台における年間降水量にばらつきを考慮した値（平均値 + 1 σ ）に、今後の気候変動予測による降水量の変化を加味し、降水量を設定する。海域は H. W. L. 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とした。

防波壁周辺の地盤改良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、地下水位が上昇する。

なお、難透水層である防波壁及び防波壁下部の地盤改良を介して、敷地内と海域の水位がバランスしており、敷地の山側から海側に向かう流動場が形成されることを確認した。



補足 4-5 図 地下水位低下設備（既設）が機能しない場合の
地下水位分布算定結果

3. 地下水位低下設備（既設）が機能しない場合の影響

耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等について、設置許可基準規則の該当条項及び審査区分と、地下水位が上昇した場合の常時及び地震時の影響を評価した（既工認の設計における地下水位との相対比較による）。

補足 4-3 表 地下水位低下設備（既設）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
（基礎地盤・周辺斜面、建物、構築物）

施設等	耐震クラス 検討用地震動	設置許可基準規則		適合性審査において地下水位低下設備（既設）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		既設置許可における地下水位の扱い （参考）		
		3条 38条	4条4項 39条2項	43条	常時	地震時	設計地下水位	設計への 反映事項
原子炉建物 （直接基礎）	S ^{※3}	○ （基礎地盤）	○ （周辺斜面）	○ （周辺斜面）	—	常時 すべり安定性への影響	原子炉基礎地盤の地下水位をEL0.0mに設定	—
タービン建物 （直接基礎）	B ^{※4} (Ss)	○ （基礎地盤）	○ （周辺斜面）	○ （周辺斜面）	—	地震時 液状化影響（周辺地盤） ^{※7}	（参考） 建設時工認等の設計における地下水位の扱い	設計への反映事項
廃棄物処理建物 （直接基礎）	B ^{※4} (Ss)	○ （基礎地盤）	○ （周辺斜面）	○ （周辺斜面）	—	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位を考慮していないため、基礎スラブ上面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がある。 [4条(3条2項),39条(38条2項)]	揚圧力0.8t/m ² 建物基礎底面 EL-4.7m	地下水位低下設備（既設）の機能を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施
制御室建物 （直接基礎）	S ^{※5}	○ （基礎地盤）	○ （周辺斜面）	○ （周辺斜面）	—	設計地下水位（設計用揚圧力）を上回る場合には、基礎スラブの耐震性（間接支持機能）を確保できない可能性がある。 [4条,39条]	揚圧力2.0t/m ² 建物基礎底面 EL0.0m	地下水位低下設備（既設）の機能を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施
排気筒 （直接基礎）	S ^{※6} C ^{※4} (Ss)	○ （基礎地盤）	○ （周辺斜面）	○ （周辺斜面）	—	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がある。 [4条(3条2項),39条(38条2項)]	揚圧力0.0t/m ² 建物基礎底面 EL+0.1m	地下水位低下設備（既設）の機能を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施

※1 基礎地盤・周辺斜面の評価は設置許可段階において実施。
 ※2 原子炉建物基礎地盤の安定性評価における地下水位設定については、原子炉建物及びタービン建物の地下水位は基礎上面とし、取水槽及び周辺地盤の地下水位は保守的な評価として地表面に設定。（添付資料6）
 ※3 原子炉棟のみ耐震クラス。それ以外については、耐震クラス設備等の間接支持構築物。
 ※4 耐震クラス設備等の間接支持構築物。
 ※5 中央制御室遮蔽のみ耐震クラス。それ以外については、耐震クラス設備等の間接支持構築物。
 ※6 排気筒（非常用が処理系用）のみ耐震クラス。
 ※7 A条(B条)の表示は、A条の適合確認をもってB条の適合確認がかわせて可能であることを示す。

補足 4-3 表 地下水位低下設備 (既設) 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
(屋外重要土木構造物, 津波防護施設, 重大事故等対処施設)

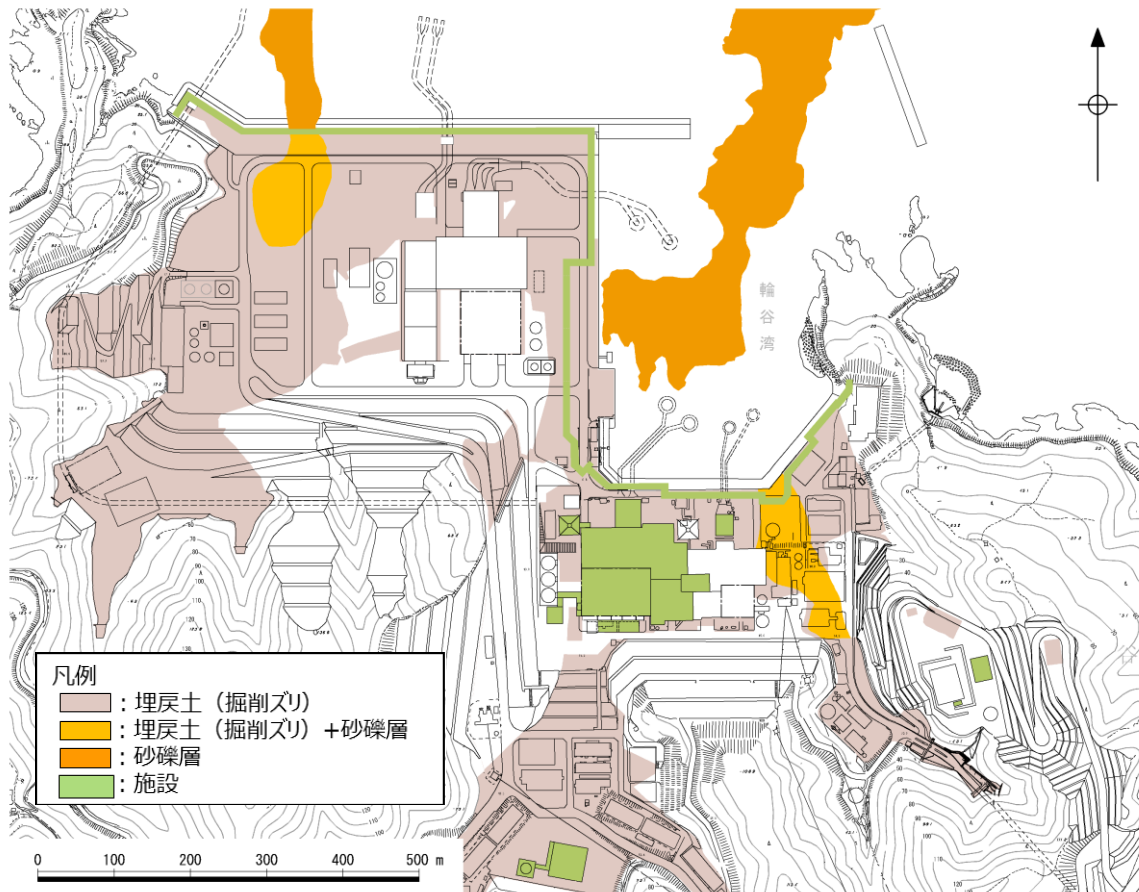
設備名称	基礎	耐震クラス 検討用 地震動	設置許可基準規則※4	適合性審査において地下水位低下設備 (既設) の機能に期待しない場合の 影響及び設置許可基準規則の該当条項		(参考) 建設時工認等の設計における 地下水位の扱い	設計地 下水位	設計への反映事項
				常時	地震時 液化化影響 (周辺地盤) ※4			
取水槽	直接基礎	※1 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下により, 土圧, 加速度が変化し, 耐震性に影響が生じる可能性がある。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	El+0.3m	耐震評価に用いる地震応答解析の解析条件として考慮
屋外配管タクト (タービン建物~排気筒)	直接基礎	※1 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小	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がある。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	El+0.3m	耐震評価に用いる地震応答解析の解析条件として考慮
ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	直接基礎	※1 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小	躯体周辺はマンメイドワグ (MMR) で埋め戻すため, 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]	—	(既工認対象外)	—
屋外配管タクト (ディーゼル燃料貯蔵タンク~原子炉建物)	直接基礎	※1 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小	躯体周辺はマンメイドワグ (MMR) で埋め戻すため, 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]	—	(既工認対象外)	—
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	杭基礎	※2 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	影響小	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がある。[4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条]	—	(既工認対象外)	—
防波壁 (逆T擁壁)	杭基礎	※2 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	影響小	杭周辺は改良地盤であるため, 耐震性への影響は軽微。[4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条]	—	(既工認対象外)	—
防波壁 (波返重力擁壁)	直接基礎	※2 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	影響小	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がある。[4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条]	—	(既工認対象外)	—
1号炉取水槽流路縮小工	直接基礎	※2 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	影響小	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がある。[4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条]	—	(既工認対象外)	—
防波壁通路防波扉	杭基礎	※2 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条	影響小	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がある。[4条(3条2項), 39条(38条2項), 5条, 40条]	—	(既工認対象外)	—
第1ベントフィルタ格納槽	直接基礎	※3 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小	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がある。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	(既工認対象外)	—
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	直接基礎	※3 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小	躯体周辺はマンメイドワグ (MMR) で埋め戻すため, 耐震性への影響は軽微。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	(既工認対象外)	—
緊急時対策所建物	直接基礎	※3 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響なし	高台に設置されているため, 影響なし。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	(既工認対象外)	—
緊急時対策所用燃料地下タンク	直接基礎	※3 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響なし	高台に設置されているため, 影響なし。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	(既工認対象外)	—
ガスタービン発電機建物	直接基礎	※3 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響なし	高台に設置されているため, 影響なし。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	(既工認対象外)	—
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	直接基礎	※3 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響なし	高台に設置されているため, 影響なし。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	(既工認対象外)	—
屋外配管タクト (ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)	直接基礎	※3 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響なし	高台に設置されているため, 影響なし。[4条(3条2項), 39条(38条2項)]	—	(既工認対象外)	—

※1 屋外重要土木構造物 ※2 津波防護施設 ※3 重大事故等対処施設 ※4 A条(B条)の表示は, A条の適合確認が合わせて可能であることを示す。

(参考) 埋戻土 (掘削ズリ)・砂礫層と対象施設の配置との関係

液状化等による影響(設置許可基準規則第3条第2項)の観点から、埋戻土 (掘削ズリ)・砂礫層の分布と対象施設の配置との関係を補足 4-6 図に示すとおり確認した。

なお、島根原子力発電所における埋戻土 (掘削ズリ)・砂礫層は、液状化強度試験結果から「非液状化」又は「繰返し軟化 (サイクリックモビリティ含む)」と分類され、有効応力が0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。



補足 4-6 図 施設等の配置と埋戻土 (掘削ズリ)・砂礫層の分布

なお、液状化影響の評価については、「別紙 11 液状化影響の検討方針について」に基づき評価を行う方針とし、その概要は以下のとおりである。

- ・液状化等の周辺地盤の変状による施設への影響評価においては、施設周辺の地下水位や地盤等の状況を踏まえて、液状化検討対象施設を抽出する。
- ・抽出した液状化検討対象施設に対し、液状化等による影響が及ぶおそれがある場合は、有効応力解析又は全応力解析を行い、保守的な解析手法を選定する。
- ・液状化を考慮する場合の評価は、地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮した評価(有効応力解析等)によるものとし、有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえたうえで保守性を考慮して設定することを基本とする。

基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方

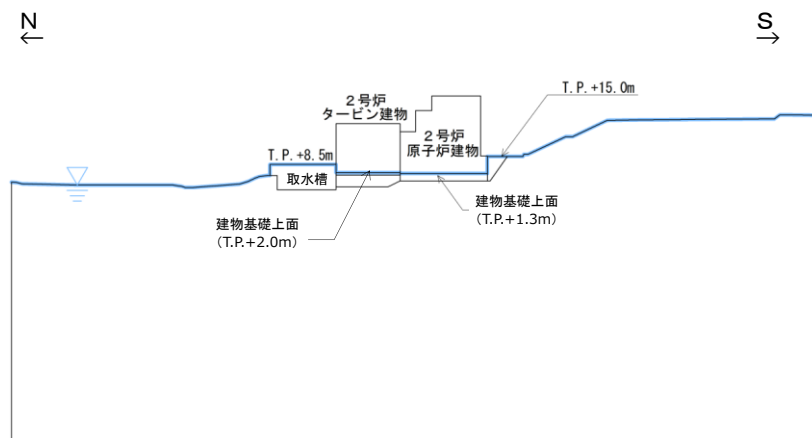
1. 地下水位の設定

補足 5-1 図に示すとおり, 原子炉建物基礎地盤の安定性評価における地下水位の設定については, 原子炉建物及びタービン建物の地下水位は基礎上面とし, 取水槽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。

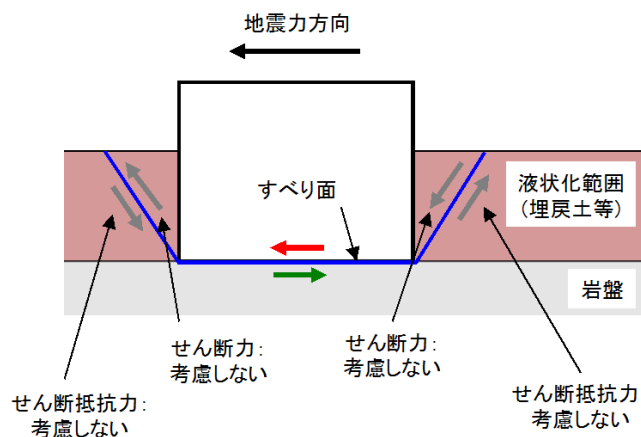
なお, その他の耐震重要施設及び重大事故等対処施設の基礎地盤の安定性評価における地下水位の設定についても同様の考え方で設定する。

基礎地盤のすべりに対する評価においては, 地下水位以深の埋戻土・盛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 5-2 図にイメージ図を示す。)

また, 周辺地盤の液状化等の変状については, 周辺地盤の液状化等による地盤変状を考慮した場合でも, 当該施設の機能が損なわれないよう設計することとし, 設置許可基準規則第 4 条へ適合することを確認する。



補足 5-1 図 原子炉建物基礎地盤の地下水位



補足 5-2 図 基礎地盤安定性評価のイメージ図

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 6-1 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、原子炉建物基礎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 6-1 表 設置許可基準規則における耐震重要度分類の考え方

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

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

ハ「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6-2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6-2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 6-3 表～補足 6-5 表に示す。

補足 6-3 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	PS-1 その損傷又は故障により発生する事象によって、(a) 炉心の著しい損傷、又は (b) 燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器	(1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	該当しない
		(2) 過剰反応度の印加防止機能	該当しない
		(3) 炉心形状の維持機能	該当しない
	MS-1 (1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	(1) 原子炉の緊急停止機能	該当しない
		(2) 未臨界維持機能	該当しない
		(3) 原子炉冷却材圧力バウンダリの加圧防止機能	該当しない
		(4) 原子炉停止後の除熱機能	該当しない
	安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	(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
		(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 6-4 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
	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	(2) 放射性物質放出の防止機能	該当しない
(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 6-5 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

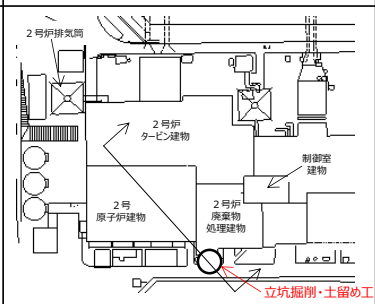
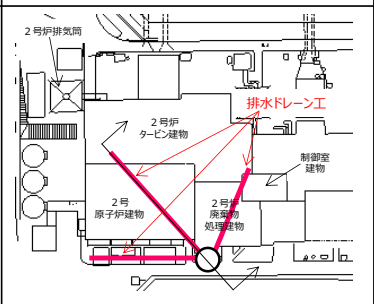
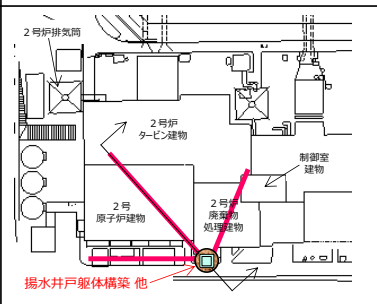
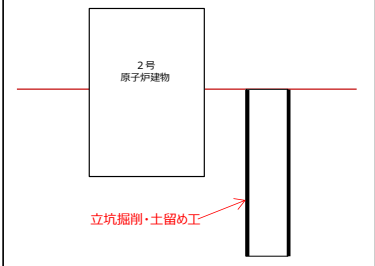
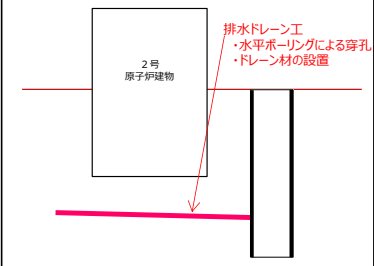
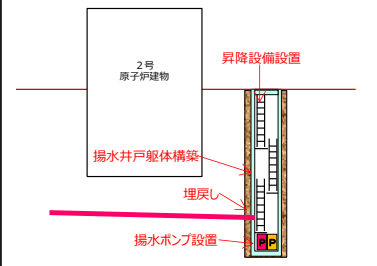
分類	定義	機能	地下水位低下設備の位置付け	
クラス 3	(1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構築物、系統及び機器	(1) 原子炉冷却材保持機能 (PS-1, PS-2 以外のもの。)	該当しない	
		(2) 原子炉冷却材の循環機能	該当しない	
		(3) 放射性物質の貯蔵機能	該当しない	
		(4) 電源供給機能 (非常用を除く。)	該当しない	
		(5) プラント計測・制御機能 (安全保護機能を除く。)	該当しない	
		(6) プラント運転補助機能	該当しない	
	(2) 原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑え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

新設するドレーンは添付資料 1 に示すフローに基づき、信頼性（耐久性、耐震性及び保守管理性）を満足する設計とする。また、新設する揚水井戸については、ドレーンの点検性への配慮として、揚水井戸とドレーンの取り合い部へのアクセスが容易であり、十分な作業空間を確保するように設計する。

2号原子炉建物周辺に新設揚水井戸を新設するが、南東側に配置する場合を例とした配置、構造イメージ及び施工手順を補足 7-1 図に示す。

なお、揚水井戸及びドレーンの配置及び構造については、詳細設計段階で確定する。

施工手順 (案)	①立坑掘削・土留め工	②排水ドレーン工	③揚水井戸躯体構築 他
配置図 (案)	<ul style="list-style-type: none"> 立坑掘削 円形ライナープレートによる土留め設置 	<ul style="list-style-type: none"> 水平ボーリングによる穿孔 ドレーン材の設置 	<ul style="list-style-type: none"> 揚水井戸躯体構築 躯体周囲の埋戻し 揚水ポンプ、付帯設備(配管, 昇降設備等)設置 
構造イメージ			

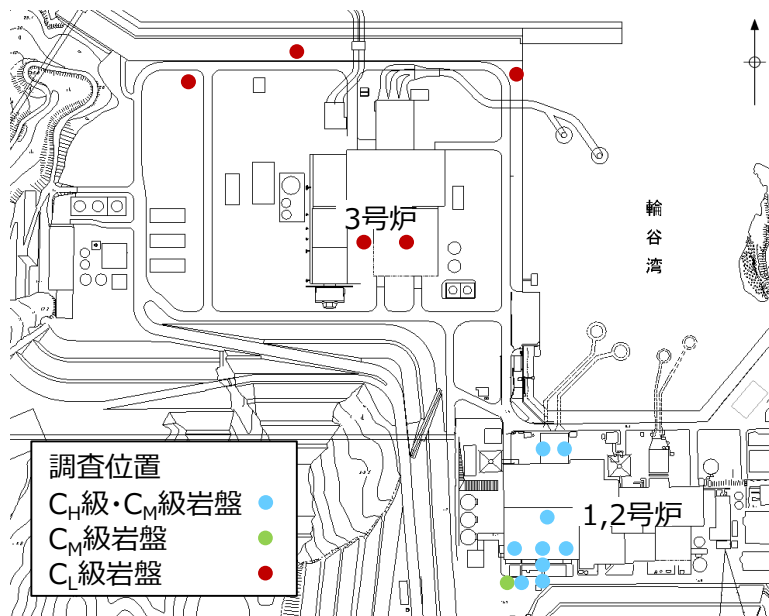
補足 7-1 図 新設揚水井戸・ドレーンの構造・配置及び施工例

透水係数の妥当性確認

1. C_H級, C_M級, C_L級岩盤

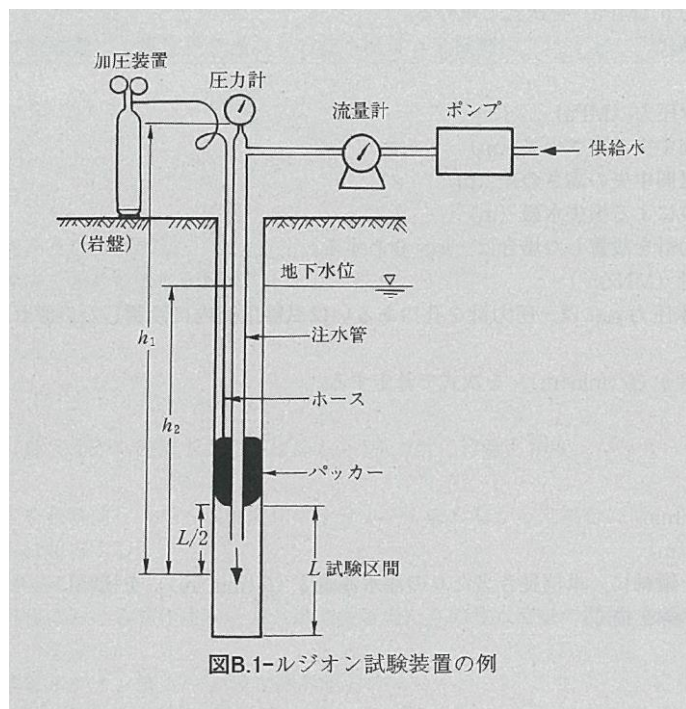
建設時工認では、原子炉建物直下に分布する頁岩・凝灰岩（上層部）及び頁岩・凝灰岩（下層部）の2種類において、地盤工学会基準の現場透水試験（ルジオン試験）に基づき透水係数を設定していた。

今回、3次元浸透流解析を行うに当たり、解析の精度向上を目的として、補足8-1図のとおり敷地の岩級に合わせて透水係数を設定する。C_H級, C_M級岩盤については、建設時工認の現場透水試験より透水係数を設定した。なお、C_L級岩盤については2号炉周辺岩盤に分布していないことから、3号敷地造成前の尾根部における現場透水試験より透水係数を設定した。



	透水係数 (cm/s)	試験方法
C _H 級	4.5×10^{-5}	ルジオン試験
C _M 級	5.6×10^{-4}	
C _L 級	1.0×10^{-3}	

補足 8-1 図 現場透水試験結果 (C_H級, C_M級及びC_L級岩盤)

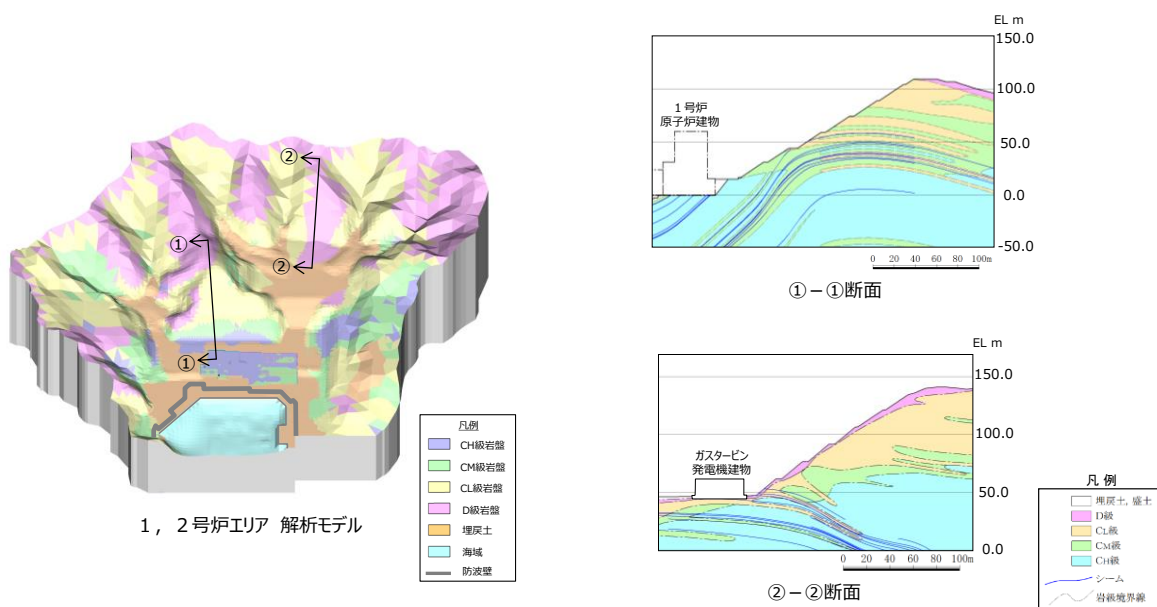


図B.1-ルジオン試験装置の例

補足 8-2 図 現場透水試験（ルジオン試験）の概要図（地盤調査の方法と解説（地盤工学会，2013））

2. D級岩盤

D級岩盤は補足 8-3 図に示すとおり、主として地山の表層に薄く分布している。地盤工学会基準の現場透水試験（ルジオン試験）の試験区間長は通常 5m とされているが、表層は風化が進行しているため、試験区間の確保ができないことから、現場透水試験による透水係数の取得が困難である。

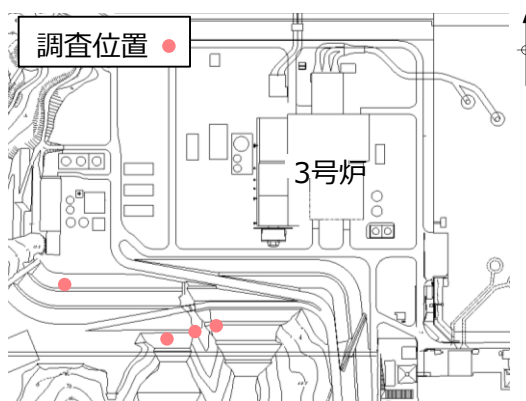


補足 8-3 図 D級岩盤の分布状況

D級岩盤は現場透水試験からの透水係数の設定が困難であることから、補足 8-4 図に示す粒径加積曲線から求めた 20%粒径 D_{20} が 0.05mm であるため、クレーガーの方法※(地盤工学会)により補足 8-5 図から推定した透水係数 $2.8 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ($\approx 3 \times 10^{-4} \text{cm/s}$)を設定していた。

しかし、D級岩盤は補足 8-1 表に示すとおり、割れ目の発達した岩盤と風化の進行した岩盤に大別されるが、粒度試験 1 2 試料のうち割れ目が発達した黒色頁岩は 1 試料のみであったため、その特性を透水係数に反映できていないと考える。

※ 粒径加積曲線から求まる 20%粒径 D_{20} を用いて透水係数の概略値を推定する方法





	20%粒径 (mm)	透水係数 (cm/s)
D級岩盤	0.05	2.8×10^{-4}

補足 8-4 図 D級岩盤の粒度試験結果

D_{20} (mm)	k (cm/s)	D_{20} (mm)	k (cm/s)
0.005	3.0×10^{-6}	0.18	6.85×10^{-3}
0.01	1.05×10^{-5}	0.20	8.90×10^{-3}
0.02	4.00×10^{-5}	0.25	1.40×10^{-2}
0.03	8.50×10^{-5}	0.30	2.20×10^{-2}
0.04	1.75×10^{-4}	0.35	3.20×10^{-2}
0.05	2.80×10^{-4}	0.40	4.50×10^{-2}
0.06	4.60×10^{-4}	0.45	5.80×10^{-2}
0.07	6.50×10^{-4}	0.50	7.50×10^{-2}
0.08	9.00×10^{-4}	0.60	1.10×10^{-1}
0.09	1.40×10^{-3}	0.70	1.60×10^{-1}
0.10	1.75×10^{-3}	0.80	2.15×10^{-1}
0.12	2.60×10^{-3}	0.90	2.80×10^{-1}
0.14	3.80×10^{-3}	1.00	3.60×10^{-1}
0.16	5.10×10^{-3}	2.00	1.80

補足 8-5 図 クレーガーの方法 (土質試験の方法と解説(地盤工学会, 2000))

補足 8-1 表 代表的なD級岩盤のコア性状

岩相	黒色頁岩	凝灰岩
コア写真	 <p>割れ目の発達により岩級が低下 (No.19E3 G.L.-0.96~-1.80m)</p>	 <p>風化の進行により岩級が低下 (No.B-3(2006) G.L.-0.30~-2.15m)</p>

以上を踏まえ、局所的に分布する黒色頁岩のような割れ目が発達したD級岩盤の場合は、粒径加積曲線から求めた20%粒径 D_{20} が0.10mmであるため、クレーガーの方法により補足 8-6 図から推定した透水係数は $1.75 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ($\div 2 \times 10^{-3} \text{cm/s}$)となる。D級岩盤の透水係数の違いによる地下水位への影響を確認するため、補足 8-7 図のとおり浸透流解析(再現解析)を実施した結果、各観測孔位置での地下水位に大きな差異は認められなかった。

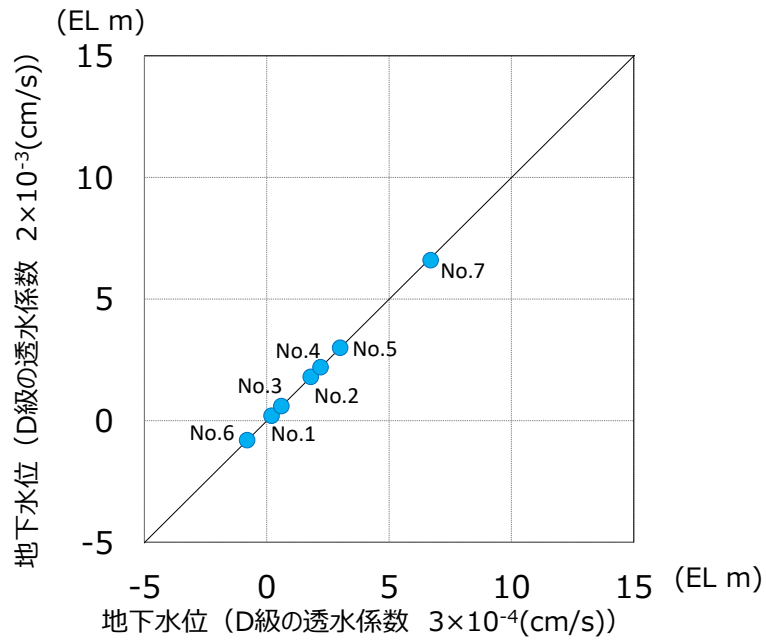
しかしながら、揚水量が低減する傾向が認められることから、地下水位が高く算定されると判断し、割れ目が発達したD級岩盤の影響を考慮した透水係数 $2 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ を採用する。

補足 8-2 表 D級岩盤(黒色頁岩)の透水係数

	20%粒径 (mm)	透水係数 (cm/s)
D級岩盤 (黒色頁岩)	0.10	1.75×10^{-3}

D_{20} (mm)	k (cm/s)	D_{20} (mm)	k (cm/s)
0.005	3.0×10^{-6}	0.18	6.85×10^{-3}
0.01	1.05×10^{-5}	0.20	8.90×10^{-3}
0.02	4.00×10^{-5}	0.25	1.40×10^{-2}
0.03	8.50×10^{-5}	0.30	2.20×10^{-2}
0.04	1.75×10^{-4}	0.35	3.20×10^{-2}
0.05	2.80×10^{-4}	0.40	4.50×10^{-2}
0.06	4.60×10^{-4}	0.45	5.80×10^{-2}
0.07	6.50×10^{-4}	0.50	7.50×10^{-2}
0.08	9.00×10^{-4}	0.60	1.10×10^{-1}
0.09	1.40×10^{-3}	0.70	1.60×10^{-1}
0.10	1.75×10^{-3}	0.80	2.15×10^{-1}
0.12	2.60×10^{-3}	0.90	2.80×10^{-1}
0.14	3.80×10^{-3}	1.00	3.60×10^{-1}
0.16	5.10×10^{-3}	2.00	1.80

補足 8-6 図 クレーガーの方法(土質試験の方法と解説(地盤工学会, 2000))



	揚水量(m³/日)
D級岩盤 $3 \times 10^{-4}(\text{cm/s})$	858
D級岩盤 $2 \times 10^{-3}(\text{cm/s})$	856

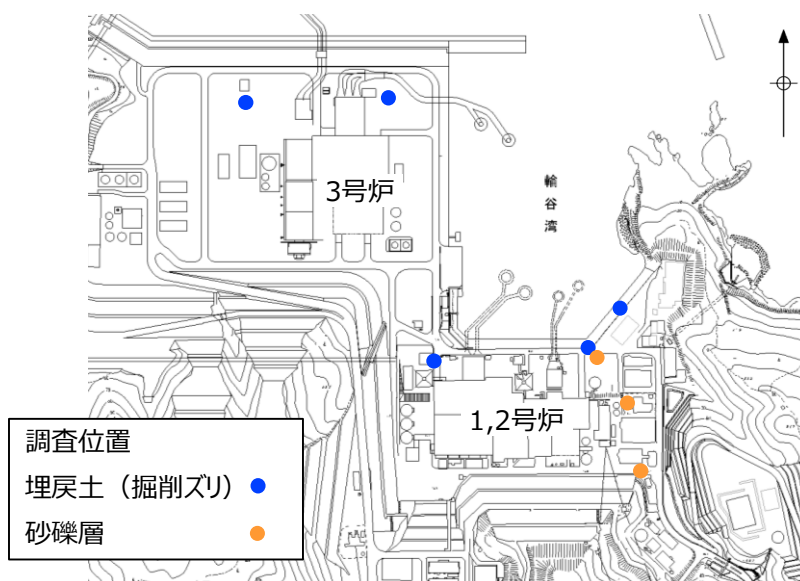
補足 8-7 図 D級岩盤の透水係数の妥当性確認 (再現解析)

3. 埋戻土（掘削ズリ）、砂礫層

建設時工認の埋戻し土の透水係数は、工学的な観点から岩盤の透水係数より1オーダー大きな値とすることで地下水位を保守的に評価することに重点を置き、現場透水試験によらず透水係数を設定していた。

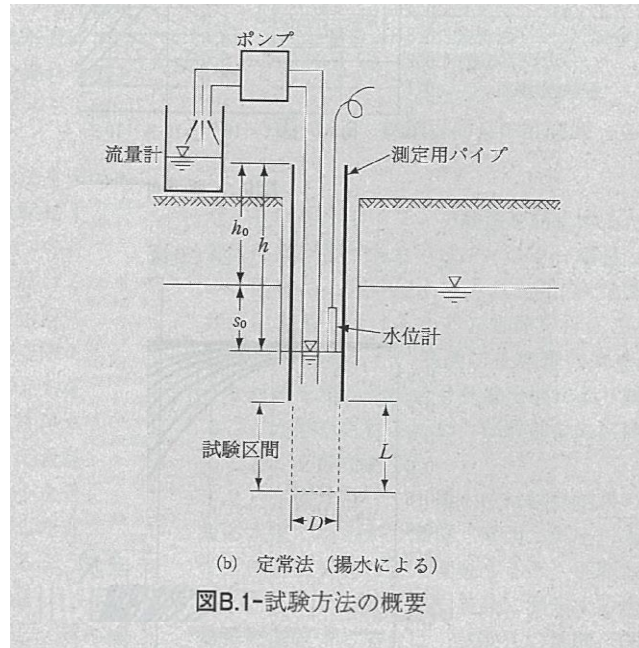
今回、埋戻土（掘削ズリ）、砂礫層については、解析の精度向上を目的として、補足 8-8 図のとおり地盤工学会基準の現場透水試験（回復法）を実施し、直接的に透水係数を求めて設定した。

埋戻土（掘削ズリ）は敷地全域に分布しているため、幅広い地点で試験を実施し、砂礫層は局所的に分布している範囲内で試験を実施した。



	透水係数 (cm/s)	試験方法
埋戻土 (掘削ズリ)	1.7×10^{-1}	回復法
砂礫層	3.6×10^{-3}	

補足 8-8 図 現場透水試験結果（埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層）



補足 8-9 図 現場透水試験 (回復法) の概要図 (地盤調査の方法と解説(地盤工学会, 2013))

観測孔における地下水位観測記録

島根原子力発電所では、2014年11月より補足 9-1 図に示す地下水位観測孔において地下水位を記録している。各観測孔における地下水位の観測結果を補足 9-2 図に示す。また、それぞれの観測孔における地下水位の傾向を以下に示す。

a. No. 1 孔

降雨等に伴い、地下水位の上昇が認められるものの、大きな変動は確認されず、概ね EL. 0～+1m の間を推移している。

b. No. 2 孔

観測孔近傍に設置されている地下水位低下設備（既設）の機能により、他の観測孔と比較して降雨等に伴う地下水位上昇後の低下が早い傾向がある。また、一部の降雨時を除くと、地下水位は EL. 0m を超えない範囲を推移している。

c. No. 3 孔

降雨等に伴い、地下水位の上昇が認められるものの、大きな変動は確認されず、概ね EL. 0～+1m の間を推移している。なお、2015年6月～2015年8月にかけて、防波壁周辺の止水対策を実施したことに伴い、地下水位の変動が落ち着いている。

d. No. 4 孔

既設のサブドレーンピット近傍の観測孔（No. 2, No. 6）と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向がある。

e. No. 5 孔

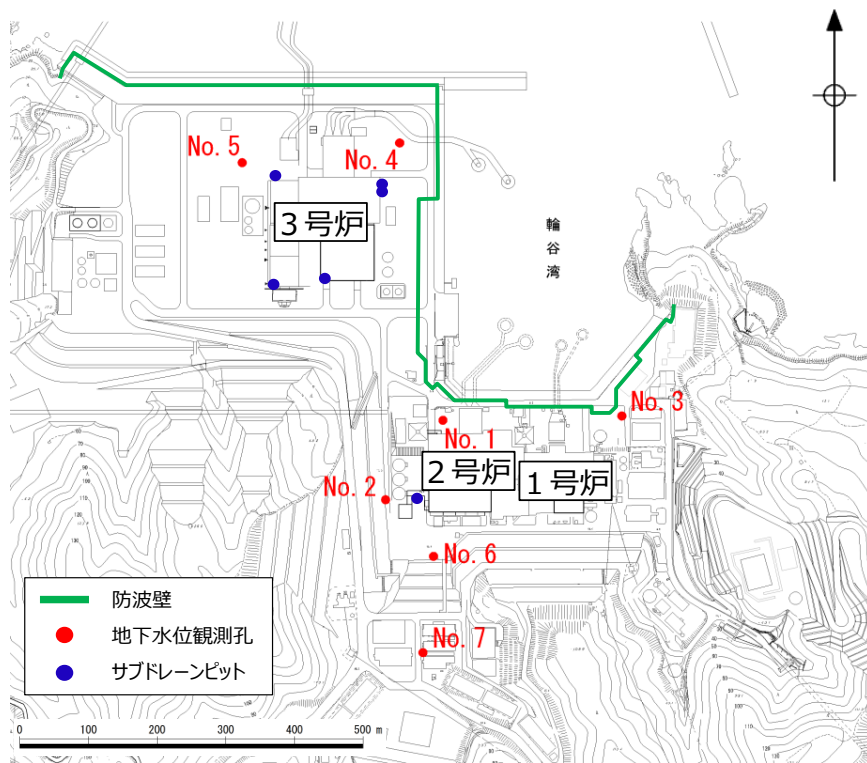
既設のサブドレーンピット近傍の観測孔（No. 2, No. 6）と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向がある。

f. No. 6 孔

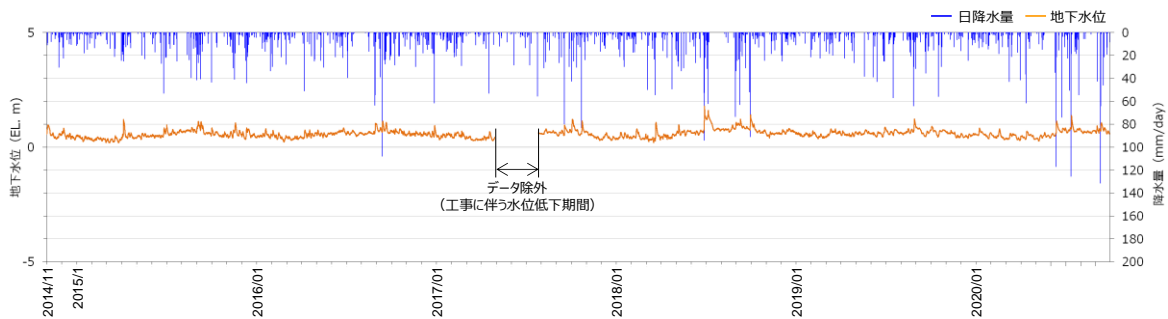
観測孔近傍に設置されている地下水位低下設備（既設）の機能により、他の観測孔と比較して降雨等に伴う地下水位上昇後の低下が早い傾向がある。また、一部の降雨時を除くと、EL. -1～0m の間を推移している。

g. No. 7 孔

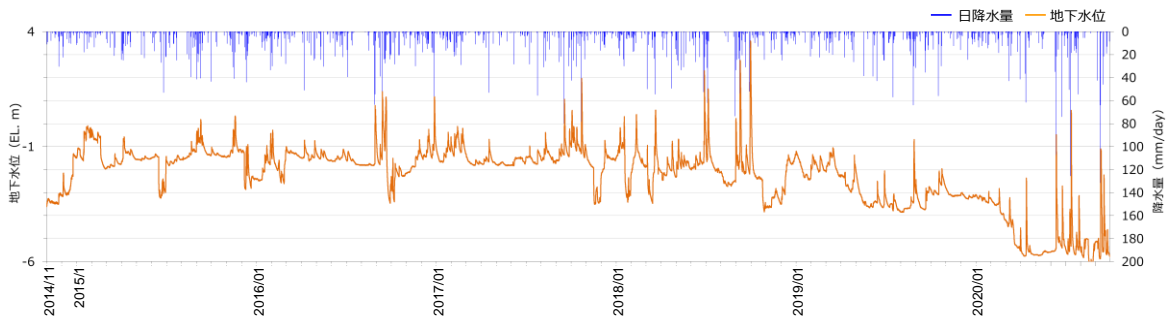
既設のサブドレーンピット近傍の観測孔（No. 2, No. 6）と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向がある。



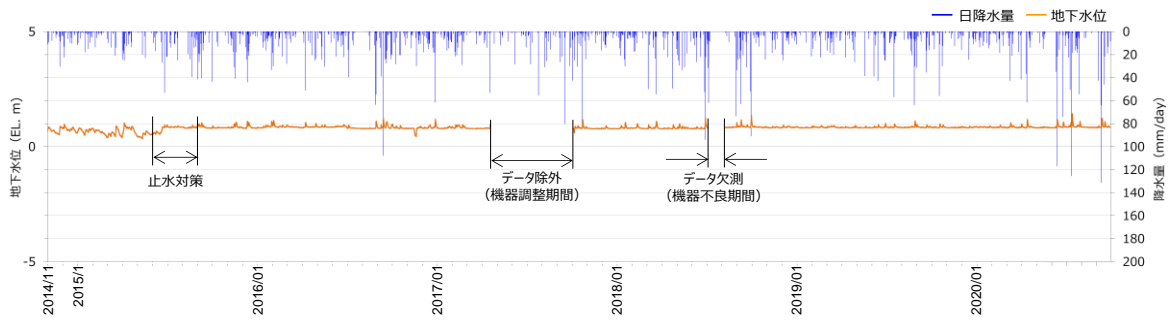
補足 9-1 図 観測孔位置



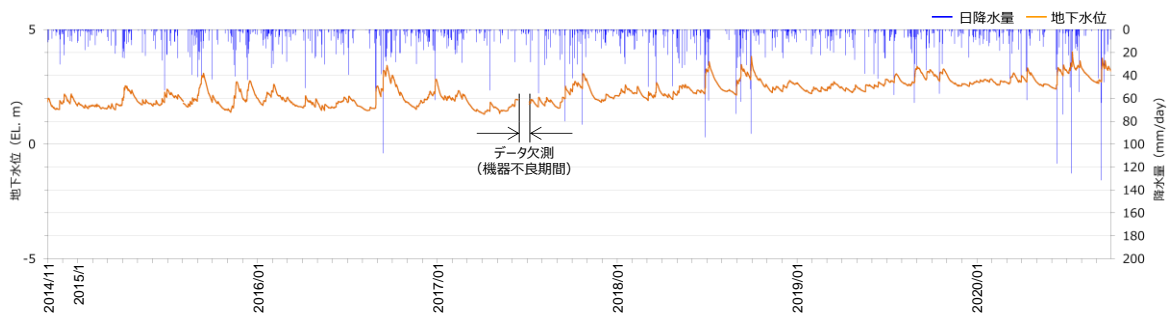
補足 9-2(1)図 地下水位観測記録 (No. 1 孔)



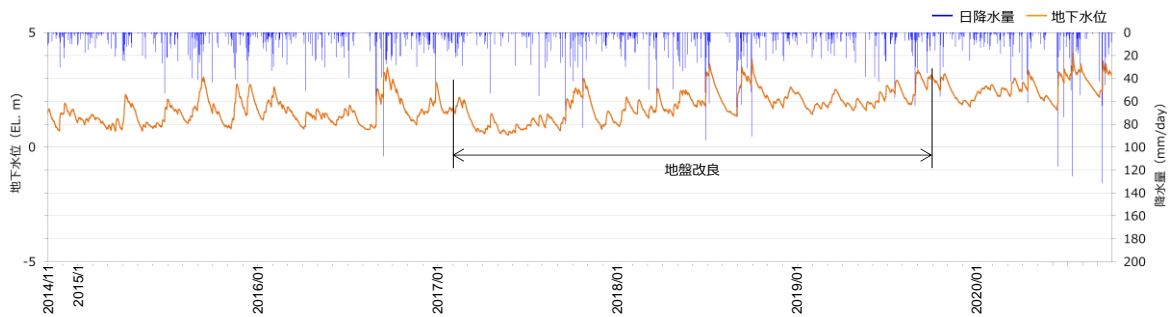
補足 9-2(2)図 地下水位観測記録 (No. 2 孔)



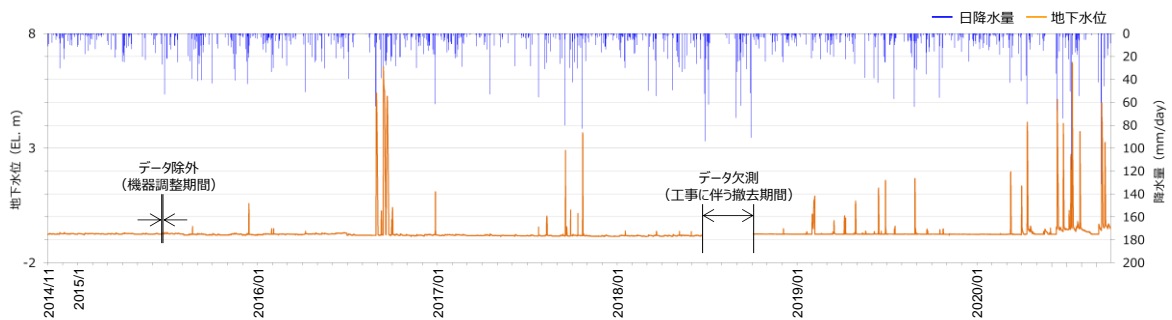
補足 9-2(3)図 地下水位観測記録 (No. 3 孔)



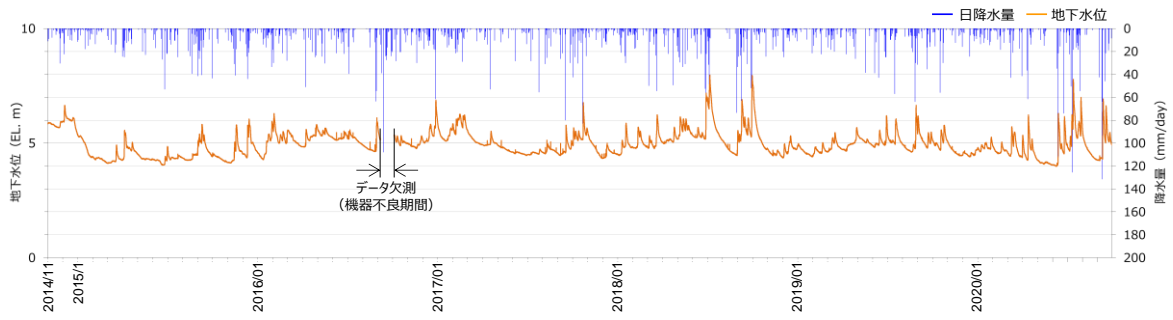
補足 9-2(4)図 地下水位観測記録 (No. 4 孔)



補足 9-2(5)図 地下水位観測記録 (No. 5 孔)



補足 9-2(6)図 地下水位観測記録 (No. 6 孔)



補足 9-2(7)図 地下水位観測記録 (No. 7 孔)

島根原子力発電所 2 号炉

基礎地盤傾斜が $1/2,000$ を超える
ことに対する耐震設計方針について

目 次

1. 概要
2. 基礎地盤傾斜に対する影響検討
 - 2.1 影響検討対象
 - 2.2 影響検討方針
 - 2.3 影響検討結果
 - 2.4 基礎底面の傾斜による防波壁の設計方針

1. 概要

「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に「許容される傾斜が各建物及び構築物に対する要求性能に応じて設定されており、動的解析の結果に基づいて求められた基礎の最大不等沈下量及び残留不等沈下量による傾斜が許容値を超えてないことを確認する。一般建築物の構造的な障害が発生する限界（亀裂の発生率、発生区間等により判断）として建物の変形角を施設の傾斜に対する評価の目安に、 $1/2,000$ 以下となる旨の評価していることを確認する。」との記載がある。島根原子力発電所2号炉においては、動的解析に基づき、原子炉建物等の耐震重要施設及び重大事故等対処施設基礎地盤の傾斜が基準地震動 S_s に対し、評価基準値の目安の $1/2,000$ を超えないことを確認する。評価の結果、施設における基礎底面の最大傾斜が評価基準値を超える場合には、施設の詳細設計段階において、傾斜を考慮した場合においても、施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する。

2. 基礎地盤傾斜に対する影響検討

2.1 影響検討対象

基礎地盤傾斜の影響は、耐震重要施設及び重大事故等対処施設を対象として検討する。

2.2 影響検討方針

基礎地盤傾斜の影響検討フローを図1に示す。

検討対象に対して、基準地震動による地震時の最大傾斜と地殻変動による最大傾斜を算定し、合算値が目安値である $1/2,000$ を超えるかを判断する。傾斜が $1/2,000$ を超える対象については、傾斜を考慮した場合においても、施設の機能が損なわれるおそれがないように設計する。

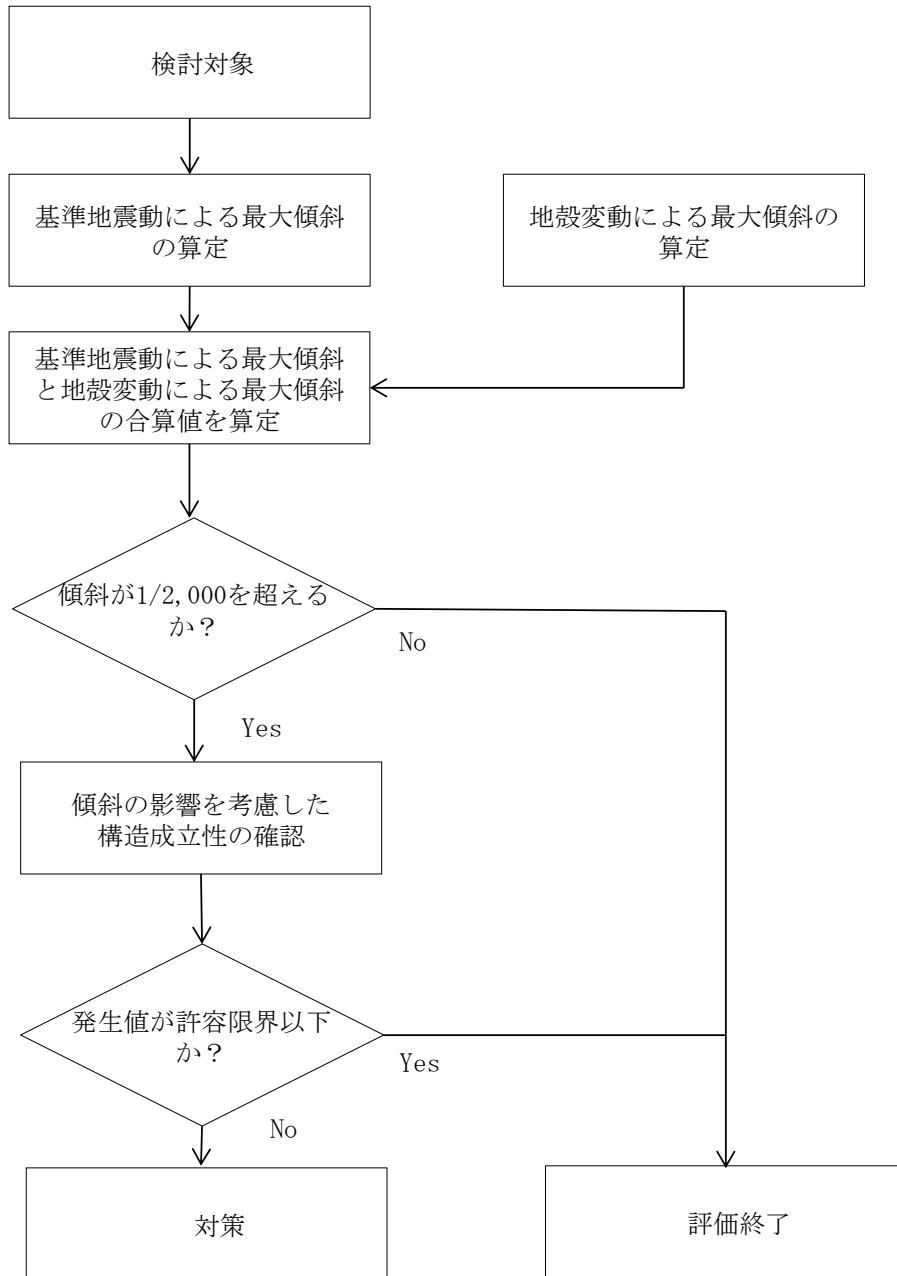


図1 基礎地盤傾斜の影響検討フロー

2.3 影響検討結果

基礎地盤の安定性評価において、動的FEM解析（全応力解析）結果に基づいて基礎底面の傾斜を算定した結果の一覧を表1に示す。防波壁（逆T擁壁）については、最大傾斜が評価基準値の目安を上回っていることを確認したことから、「5条 別添資料1 添付資料44 基礎底面の傾斜による防波壁の構造成立性について」において、基礎底面の傾斜による防波壁（逆T擁壁）の照査を行い、基礎底面の傾斜を考慮しても防波壁は構造成立することを確認した。

表1 地殻変動解析による最大傾斜及び地震動による最大傾斜の重ね合わせ結果

対象断層	評価施設	①地殻変動による傾斜		②地震動による最大傾斜		①+② 地殻変動及び地震動を 考慮した最大傾斜※
		最大傾斜	傾斜方向	最大傾斜	傾斜方向	
陸域活断層 (宍道断層)	2号炉原子炉建物	1/17,000 (不確かさケース(断層傾斜角))	西方向	1/22,000 (S _s -D)	北方向	1/9,000
	ガスタービン発電機建物	1/15,000 (不確かさケース(断層傾斜角))	西方向	1/28,000 (S _s -D)	北方向	1/9,000
海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層)	2号炉原子炉建物	1/19,000 (下降最大ケース)	東方向	1/22,000 (S _s -D)	北方向	1/10,000
	ガスタービン発電機建物	1/18,000 (下降最大ケース)	東方向	1/28,000 (S _s -D)	北方向	1/10,000
陸域活断層 (宍道断層)	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	1/22,000 (不確かさケース(すべり角))	北方向	1/39,000 (S _s -D)	北方向	1/14,000
	防波壁 (逆T擁壁)	1/17,000 (不確かさケース(断層傾斜角))	東方向	1/158 (S _s -D)	東方向	1/156
海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層)	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	1/22,000 (上昇最大ケース)	北方向	1/39,000 (S _s -D)	北方向	1/14,000
	防波壁 (逆T擁壁)	1/17,000 (下降最大ケース)	西方向	1/158 (S _s -D)	東方向	1/156

※ ①と②の傾斜方向が異なる場合も、保守的に①と②の傾斜を足し合わせることで評価を実施する。

2.4 基礎底面の傾斜による防波壁の設計方針

詳細設計段階において、以下の事項に対応したうえで、基礎底面の傾斜により防波壁（逆T擁壁）の要求機能を喪失しないことを確認する。

- ・詳細設計段階において、三軸圧縮試験等の室内試験及び原位置試験により、設置許可段階において設定した改良地盤の物性値を管理目標値として、物理特性、強度特性及び変形特性が確保されていることを確認する。
- ・詳細設計段階においては、グラウンドアンカーをモデルへ考慮し、グラウンドアンカーによる変形抑制効果を踏まえた設計を実施する。