

島根原子力発電所2号炉 審査資料	
資料番号	EP-050 改 48(説 41)
提出年月日	令和2年6月11日

島根原子力発電所2号炉

地震による損傷の防止

(コメント回答)

[地下水位の設定]

令和2年6月
中国電力株式会社

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

Energia

目次

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨
2. はじめに
3. 新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針
4. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

添付資料

- 添付資料1 敷地の水文環境
- 添付資料2 ドレーンの信頼性確保の検討
- 添付資料3 建設時工認段階の浸透流解析結果
- 添付資料4 構内排水路の概要
- 添付資料5 三次元浸透流解析による3号炉北側の防波壁周辺の地盤改良後の影響確認
- 添付資料6 基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方
- 添付資料7 現行の重要度分類上の位置付けの整理
- 添付資料8 新設揚水井戸・ドレーンの構造・配置及び施工例
- 添付資料9 地下水位に影響を及ぼす要因
- 添付資料10 透水係数の妥当性確認

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
2	平成31年4月9日	地下水位の設定について、観測位置や観測期間、防波壁設置工事との関連などを含めて、観測結果に基づく根拠を詳細に説明すること。また、地下水位設定の妥当性については、観測結果だけでなく、将来的な地下水流の変化予測、地下水排水設備の影響等を踏まえて説明すること。	第730回 審査会合にて説明
12-1	平成31年2月26日	敷地の海岸線に敷地を取り囲むように防波壁を設置し、周辺地盤を地盤改良する等して地下水の海側への流れを遮断するため、敷地における地下水位が建設工認時から変わり得る可能性について説明すること。	第730回 審査会合にて説明
12-3	平成31年2月26日	この液状化及び地下水位について、先行炉との類似性があれば、その審査状況を踏まえて、液状化と地下水位の関係性及びそれらが及ぼす施設等への影響についても整理すること。	第730回 審査会合にて説明
14-1	令和元年6月18日	観測平均地下水位コンターについて、防波壁設置前の地下水位低下設備の稼働状況、地盤改良工事、降雨との時系列的な関係を整理し、地下水位に与える影響を分析した上で、防波壁の設置及び地盤改良による影響を考察し改めて説明すること。	第850回 審査会合にて説明
14-2	令和元年6月18日	観測地下水位を平衡状態に保持している要因について、網羅的に抽出した上で、分析及び考察を行うこと。また、要因の分析及び考察から、後段規制における地下水位低下設備の効果や地下水位観測記録等を踏まえた設定の考え方を説明すること。	第850回 審査会合にて説明
14-3	令和元年6月18日	後段規制における将来的な地下水位予測について、解析や実験等による科学的な根拠に裏付けられた考え方及び評価方法を具体的に説明すること。	第850回 審査会合にて説明
14-4	令和元年6月18日	後段規制で設定している地下水位や将来的な地下水位予測に対して、前段規制で説明すべき設計方針の範囲と内容を提示すること。また、前段規制の構造成立性の確認に用いる地下水位を設定し、設定根拠を説明すること。	第850回 審査会合にて説明

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
14-5	令和元年6月18日	地下水位低下設備に期待する設計上の効果と、その効果に期待する対象施設を説明すること。	第850回 審査会合にて説明
14-6	令和元年6月18日	地下水位低下設備の効果が反映された観測地下水位に対して、保守的となるように設定している地下水位について、地下水位の高さとして許容できる範囲を含めて、設定方法を説明すること。	第850回 審査会合にて説明
14-7	令和元年6月18日	将来的な地下水流の予測について、3号炉北側で実施中の局所的な地盤改良の影響はないと判断した根拠を定量的に説明すること。	第850回 審査会合にて説明
14-8	令和元年6月18日	地下水位低下設備の種類及び配置を網羅的に提示すること。また、地下水位低下設備について、設備の種類ごとにS s 機能維持を踏まえた耐震性を説明すること。	第850回 審査会合にて説明
14-9	令和元年6月18日	地下水位低下設備の設置許可基準規則に基づく設計上の位置づけについて、設計基準対象施設としての登録、安全機能への影響、安全機能上の取り扱い及び重大事故対処施設としての区分等を含めて説明すること。	第850回 審査会合にて説明
14-10	令和元年6月18日	地下水位低下設備の位置付けを検討する際に必要な地下水位低下設備の効果及び停止時の地下水位上昇評価等の把握について、新規データの追加及び解析による評価方針を含めた考え方を提示すること。	第850回 審査会合にて説明
104	令和2年3月17日 (本日回答)	地下水位低下設備に期待しない各施設の地下水位について、三次元浸透流解析から地下水位を設定する方法及びプロセスの方針を示し、その保守性を説明すること。	P32,33
105	令和2年3月17日 (本日回答)	詳細設計段階で新設の地下水位低下設備の有効範囲と効果を検討する方針に関して、既設の地下水位低下設備を構成する各部位の役割を期待する部位と期待しない部位を明確にし、役割を期待する部位の要求機能、基準地震動Ssに対して想定する損傷形態、性能及びその性能を期待できる根拠等を整理して説明すること。	P14,26,35,62

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
106	令和2年3月17日 (本日回答)	再現解析に用いる地盤の透水係数について、ボーリング調査等による地盤状況、試験等による具体的な設定方法及び設定プロセスを示し、その妥当性を説明すること。	P88～92
107	令和2年3月17日 (本日回答)	再現解析によるモデルの妥当性確認について、前提となる既設の地下水位低下設備の詳細構造を説明すること。	P15,16
108	令和2年3月17日 (本日回答)	既設地下水位低下設備は信頼性が低いとしているが、基準地震動Ss等による損傷で他の施設等に波及影響を与えることがないのか説明すること。	P61
109	令和2年3月17日 (本日回答)	既設のドレーンについて、管路ではなく周辺の砕石相当として取扱うとしているが、基準地震動Ss時に砕石の間に土砂が流入する等して集水機能が低下する等が考えられるため、砕石相当の透水係数を適用できるのか説明すること。	P59,60
110-1	令和2年3月17日 (本日回答)	三次元浸透流解析の再現解析のうち参考として実施した非定常解析については、解析値の観測降雨に対する感度が低いため、その理由を考察すること。	P21
111	令和2年3月17日 (本日回答)	地下水位低下設備について、揚圧力低減及び液状化影響低減の効果を期待することを踏まえた基準適合上の位置付けとその考え方を説明すること。	P13,36
112	令和2年3月17日 (本日回答)	浸透流解析で用いた透水係数について、岩級区分のD級のみ他の岩級と設定方法が異なる理由及び埋戻し土の透水係数が建設時工認の値に比べかなり大きくなって理由を説明すること。	P89～92

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項に対する回答 (No.2)

■ 指摘事項 (第701回審査会合 平成31年4月9日)

【No.2 (論点I-2) 地下水位の設定について】

○地下水位の設定について、観測位置や観測期間、防波壁設置工事との関連などを含めて、観測結果に基づく根拠を詳細に説明すること。また、地下水位設定の妥当性については、観測結果だけでなく、将来的な地下水流の変化予測、地下水排水設備の影響等を踏まえて説明すること。

■ 回答

- 地下水位観測位置、観測期間、防波壁設置工事との関連性を含め、観測結果に基づく地下水位の設定根拠を整理。また、将来的な地下水流の変化予測、地下水排水設備の影響等を考察。(第730回審査会合にて説明)

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項に対する回答 (No.12)

■ 指摘事項 (第686回審査会合 平成31年2月26日)

【No. 1 2 (論点 4) 防波壁で囲まれた敷地における地下水位の設定及び液状化による影響】

- 敷地の海岸線に敷地を取り囲むように防波壁を設置し、周辺地盤を地盤改良する等して地下水の海側への流れを遮断するため、敷地における地下水位が建設工認時から変わり得る可能性について説明すること。
- また、敷地地盤は岩の掘削ズリ等による埋戻土や旧表土で構成されており、これらの液状化強度特性の設定の代表性、網羅性を説明するとともに、液状化による影響を考慮すべき施設とその設計方針についても説明すること。
- この液状化及び地下水位について、先行炉との類似性があれば、その審査状況を踏まえて、液状化と地下水位の関係性及びそれらが及ぼす施設等への影響についても整理すること。

(確認したい事項)

[地下水位の設定]

- ・防波壁の設置、支持地盤及び周辺地盤の改良が敷地内の地下水位に与える影響
- ・建物周辺の地下水ドレン設備の地下水位抑制効果の考慮の有無

[液状化による影響]

- ・液状化による影響評価の前提となる条件設定の妥当性 (地下水位の分布、液状化対象層の選定と分布等)
- ・液状化強度特性の網羅性、代表性
- ・液状化影響評価に基づく液状化による影響を考慮すべき施設の選定とその設計方針

■ 回答

- ・敷地内で実施した地下水位観測の記録を踏まえ、防波壁の設置、支持地盤及び周辺地盤の改良が敷地内の地下水位に与える影響を確認。また、併せて将来的な地下水流の変化予測を実施。(第730回審査会合にて説明)
- ・建物周辺の地下水ドレン設備の設置状況や地下水位観測記録等を踏まえ、地下水位設定の考え方を提示。(第730回審査会合にて説明)

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項に対する回答 (No.14)

■ 指摘事項 (第730回審査会合 令和元年6月18日)

【No.14 (論点 I - 2) 地下水位の設定について】

- 14-1 : 観測平均地下水位コンターについて、防波壁設置前の地下水位低下設備の稼働状況、地盤改良工事、降雨との時系列的な関係を整理し、地下水位に与える影響を分析した上で、防波壁の設置及び地盤改良による影響を考察し改めて説明すること。
- 14-2 : 観測地下水位を平衡状態に保持している要因について、網羅的に抽出した上で、分析及び考察を行うこと。また、要因の分析及び考察から、後段規制における地下水位低下設備の効果や地下水位観測記録等を踏まえた設定の考え方を説明すること。
- 14-3 : 後段規制における将来的な地下水位予測について、解析や実験等による科学的な根拠に裏付けられた考え方及び評価方法を具体的に説明すること。
- 14-4 : 後段規制で設定するとしている地下水位や将来的な地下水位予測に対して、前段規制で説明すべき設計方針の範囲と内容を提示すること。また、前段規制の構造成立性の確認に用いる地下水位を設定し、設定根拠を説明すること。
- 14-5 : 地下水位低下設備に期待する設計上の効果と、その効果に期待する対象施設を説明すること。
- 14-6 : 地下水位低下設備の効果が反映された観測地下水位に対して、保守的となるように設定するとしている地下水位について、地下水位の高さとして許容できる範囲を含めて、設定方法を説明すること。
- 14-7 : 将来的な地下水流の予測について、3号炉北側で実施中の局所的な地盤改良の影響はないと判断した根拠を定量的に説明すること。
- 14-8 : 地下水位低下設備の種類及び配置を網羅的に提示すること。また、地下水位低下設備について、設備の種類ごとにS s 機能維持を踏まえた耐震性を説明すること。
- 14-9 : 地下水位低下設備の設置許可基準規則に基づく設計上の位置づけについて、設計基準対象施設としての登録、安全機能への影響、安全機能上の取り扱い及び重大事故対処施設としての区分等を含めて説明すること。
- 14-10 : 地下水位低下設備の位置付けを検討する際に必要な地下水位低下設備の効果及び停止時の地下水位上昇評価等の把握について、新規データの追加及び解析による評価方針を含めた考え方を提示すること。

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項に対する回答 (No.14)

■ 回答

地下水位の設定に当たっては、当初、防波壁の設置及び地盤改良の実施による将来的な地下水位への影響はないと判断し、地下水位観測記録に基づき、地下水位を設定するとしていた（第730回審査会合にて説明）。今回、地下水位上昇の影響要因を検討した結果、3号炉北側施設護岸周辺の地盤改良後の影響が不明なため、将来的な地下水位を地下水位観測記録から予測することは困難と判断し、防波壁や改良地盤をモデル化した浸透流解析を実施することに見直す。

また、地下水位低下設備の基準適合上の位置付けを検討した結果、設計基準対象施設として位置付け、基準地震動Ssに対して機能維持させる設計とする。また、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結果、信頼性の低い既設の地下水位低下設備（既設）に期待せず、地下水位低下設備を新規に設置する。

- 防波壁の設置及び周辺の地盤改良工事、地下水位低下設備（既設）の稼働状況、及び降雨データを時系列的に整理し、防波壁の設置等が地下水位に与える影響について検討した結果、地下水位観測記録から1, 2号炉北側の防波壁周辺では地下水位の上昇は見られず、観測地下水位は平衡状態となっている。この要因については、上昇側として防波壁の設置及び周辺の地盤改良並びに降雨、下降側として地下水位低下設備（既設）の稼働を抽出し、これら要因の釣り合いにより平衡状態が保持されることを考察。

また、3号炉北側で実施中の局所的な地盤改良付近では地下水位が徐々に上昇しているため、地下水位観測記録から将来的な地下水位を予測することは困難と判断し、3号炉周辺の地下水位低下設備（既設）が稼働しない場合の浸透流解析を実施した結果、地盤改良の影響は軽微であることを確認。【No.14-1,14-2,14-7】（P 69～71,80～87）
- 地下水位の設定に当たっては、地下水位観測記録から予測することは困難と判断し、防波壁や改良地盤をモデル化した浸透流解析を実施することに見直す。前段規制における地下水位について、地下水位低下設備（既設）が機能しない場合の定常的な地下水位分布を予測した浸透流解析結果を設定根拠として評価する方針を説明。また、後段規制における地下水位について、島根サイトの地形等を適切にモデル化した浸透流解析結果に基づき設定する方針を説明。

地下水位低下設備（既設）の位置付けを評価するため、地下水位低下設備（既設）が機能しない場合の定常的な地下水位分布を予測した浸透流解析を実施し、地下水位低下設備（既設）に期待する施設を抽出した結果、建物・構築物については、揚圧力影響の低下等を目的として信頼性を満足する地下水位低下設備を新設し、その機能に期待した設計地下水位を設定して、屋外重要土木構造物、津波防護施設等については自然水位より保守的に設定した水位に基づき設定する方針を説明。【No.14-3,14-4,14-5,14-6,14-10】（P14,17,22～35）
- 地下水位低下設備は、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、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）。設置許可基準規則第2条の定義から、地下水位低下設備は安全機能を有するものではないが、機器故障及び外的事象を考慮し、地下水位低下設備の揚水ポンプ、制御盤、水位計及び電源について多重化を行う。

また、耐震重要度分類指針の観点から、地下水位低下設備はCクラスに分類するが、基準地震動Ssに対して機能維持させる設計とする。

以上を踏まえ、信頼性の低い地下水位低下設備（既設）に期待せず、地下水位低下設備を新規に設置することを説明。

【No.14-8,14-9】（P12,13,36～50,73～78）

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項に対する回答 (No.104,110,111)

■ 指摘事項 (第850回審査会合 令和2年3月17日)

【No.104,110-1,111 (論点 I - 2) 地下水位の設定について】

- 地下水位低下設備に期待しない各施設の地下水位について、三次元浸透流解析から地下水位を設定する方法及びプロセスの方針を示し、その保守性を説明すること。
- 三次元浸透流解析の再現解析のうち参考として実施した非定常解析については、解析値の観測降雨に対する感度が低いため、その理由を考察すること。
- 地下水位低下設備について、揚圧力低減及び液状化影響低減の効果を期待することを踏まえた基準適合上の位置付けとその考え方を説明すること。

■ 回答

- 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した。設計地下水位は各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方針を説明。また、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方針を説明。(P32,33)
- 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ことを考察。(P21)
- 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:Ss機能維持)として位置付けることを説明。(P13,36)

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項に対する回答 (No.105,107~109)

■ 指摘事項 (第850回審査会合 令和2年3月17日)

【No. 105,107,108,109 (論点 I - 2) 地下水位の設定について】

- 詳細設計段階で新設の地下水位低下設備の有効範囲と効果を検討する方針に関して、既設の地下水位低下設備を構成する各部位の役割を期待する部位と期待しない部位を明確にし、役割を期待する部位の要求機能、基準地震動Ssに対して想定する損傷形態、性能及びその性能を期待できる根拠等を整理して説明すること。
- 再現解析によるモデルの妥当性確認について、前提となる既設の地下水位低下設備の詳細構造を説明すること。
- 既設地下水位低下設備は信頼性が低いとしているが、基準地震動Ss等による損傷で他の施設等に波及影響を与えることがないのか説明すること。
- 既設のドレーンについて、管路ではなく周辺の砕石相当として取扱うとしているが、基準地震動Ss時に砕石の間に土砂が流入する等して集水機能が低下する等が考えられるため、砕石相当の透水係数を適用できるのか説明すること。

■ 回答

- 地下水位低下設備 (既設) の機能に期待しない (ドレーンは砕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)ことを明記。(P14,26,35,62)
- 地下水位低下設備 (既設) の詳細構造を説明。(P15,16)
- 地下水位低下設備 (既設) は、耐震性または設置環境の観点から、基準地震動Ss等による損傷で他の施設等に波及影響を与えることがないことを説明。(P61)
- 既設のドレーン (サブドレーン、集水管及び接続柵) は岩盤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。(P59,60)

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

審査会合での指摘事項に対する回答 (No.106,112)

■ 指摘事項 (第850回審査会合 令和2年3月17日)

【No. 106,112 (論点 I - 2) 地下水位の設定について】

- 再現解析に用いる地盤の透水係数について、ボーリング調査等による地盤状況、試験等による具体的な設定方法及び設定プロセスを示し、その妥当性を説明すること。
- 浸透流解析で用いた透水係数について、岩級区分のD級のみ他の岩級と設定方法が異なる理由及び埋戻し土の透水係数が建設時工認の値に比べかなり大きくなっている理由を説明すること。

■ 回答

- 再現解析に用いる地盤の透水係数については、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こととしC_H級～C_L級の岩盤は現場透水試験（ルジオン試験）より、D級は後段での説明のとおりクレーガーの方法により、埋戻し土（掘削ズリ）及び砂礫層は現場透水試験（回復法）より、それぞれ透水係数を求めていることを説明。
(P88～92)
- 浸透流解析で用いた透水係数は、地盤工学会基準に基づく現場透水試験（ルジオン試験、回復法）により求めているが、D級岩盤は主として地山の表層に薄く分布していることから、現場透水試験（ルジオン試験）の試験区間長（通常5m）を確保できないため、現場透水試験による透水係数の取得が困難であることから、粒度試験結果からクレーガーの方法（地盤工学会）により透水係数を設定していることを説明。また、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おり、今回、解析の精度向上を目的として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ことにより値が異なっていることを説明。(P89～92)

2.はじめに

地下水位低下設備の基準適合上の位置付け（1/2）

【既工認における地下水位設定の考え方】

- 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）※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。

【地下水位上昇の影響要因】

- 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、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。
- 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・構築物等への影響を検討し、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）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。

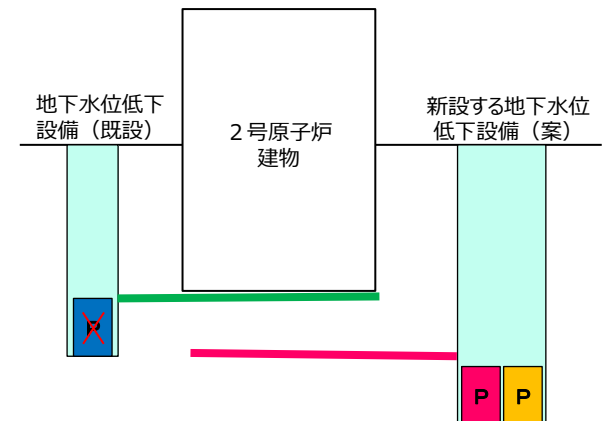
2.はじめに

地下水位低下設備の基準適合上の位置付け（2/2）

【地下水位低下設備の基準適合上の位置付け】

- 地下水位低下設備（既設）の有無による建物・構築物等への影響を検討した結果は以下のとおり。
 - ・ 第3条第2項における液状化影響低減のため、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る。
 - ・ 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る。
 - ・ 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※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（クラス：Ss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上で信頼性向上（多重化、非常用電源確保、Ss機能維持、復旧用可搬ポンプの準備等）を図る。

※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。



2-1 図 地下水位低下設備の概念図

2.はじめに

設計地下水位の設定方針

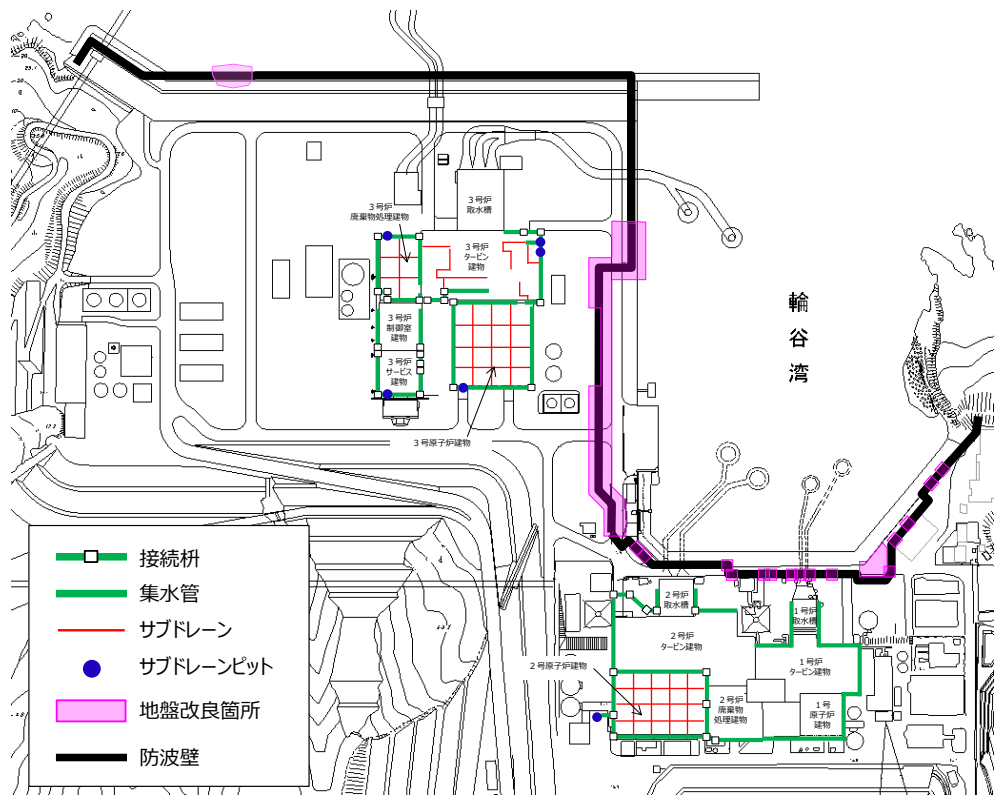
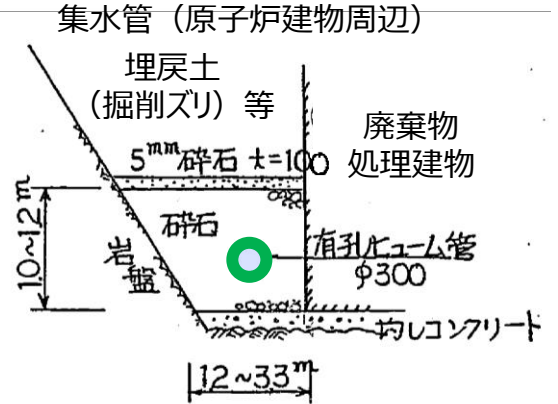
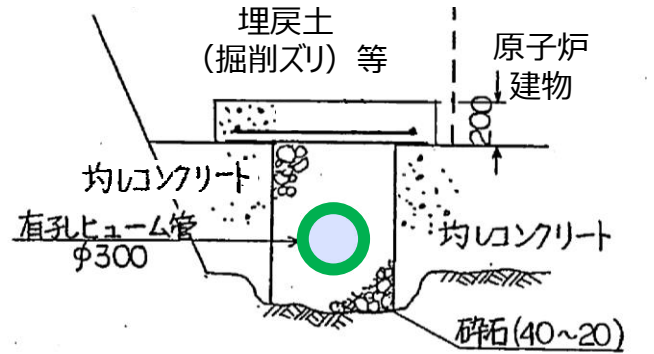
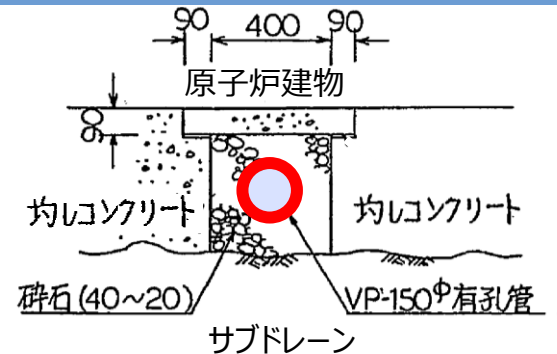
【地下水位の設定方針】

- 当初、防波壁の設置及び地盤改良の実施による将来的な地下水位への影響はないと判断し、地下水位観測記録に基づき、地下水位を設定するとしていた。
- 今回、地下水位上昇の影響要因を検討した結果、3号機北側施設護岸周辺の地盤改良後の影響が不明のため、将来的な地下水位を地下水位観測記録から予測することは困難と判断し、防波壁や改良地盤をモデル化した浸透流解析を実施する。設置許可段階では、解析モデル、解析条件などの浸透流解析方針及び妥当性を説明し、詳細設計段階において地下水位を設定する。
- 設計地下水位の設定においては、以下の項目を考慮する。
 - 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・構築物は信頼性を満足す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。
- なお、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、地下水位を地表面と設定する。

2.はじめに

地下水位低下設備 (既設) の概要 (1/2)

- 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>) 及び接続枅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。
- 地下水位低下設備 (既設) 平面図及びサブドレーン、集水管の断面図を2-2図に示す。

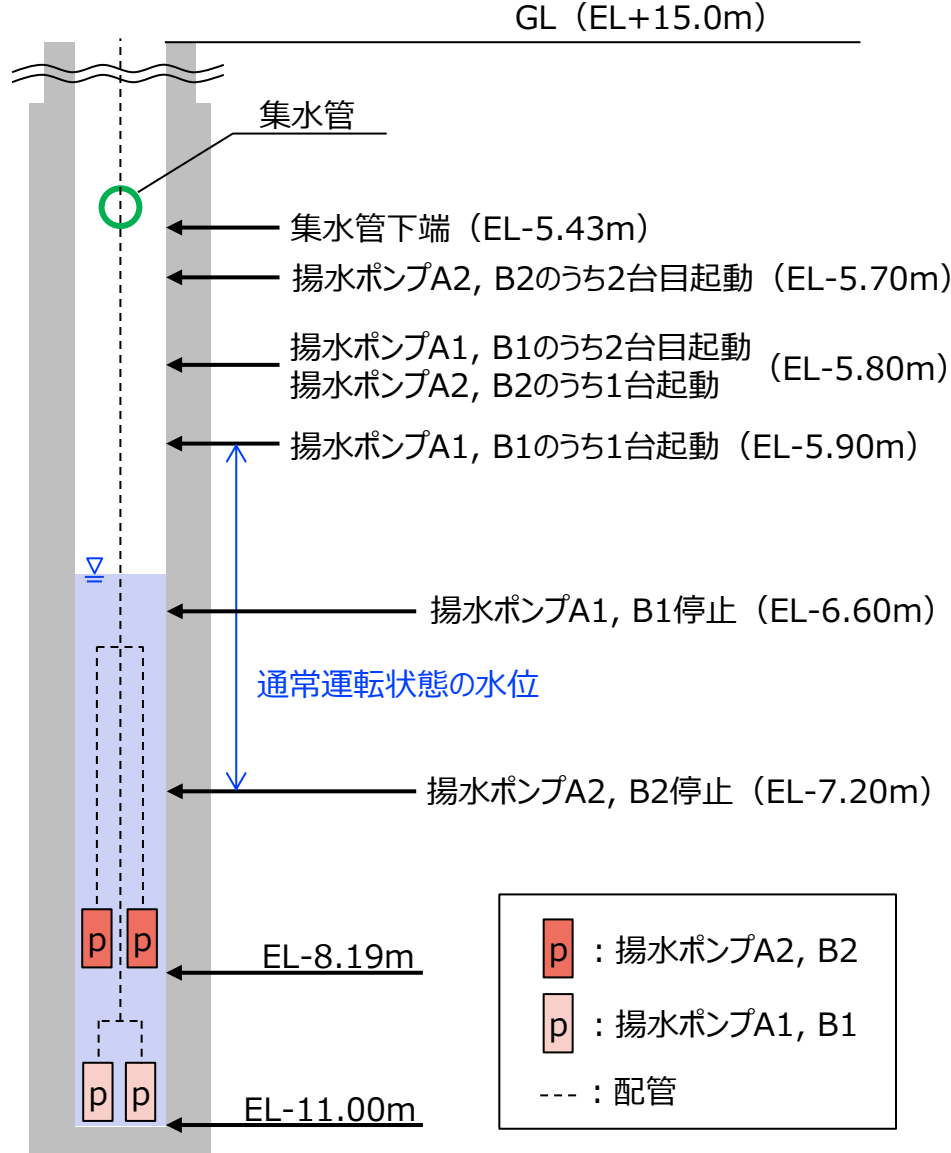
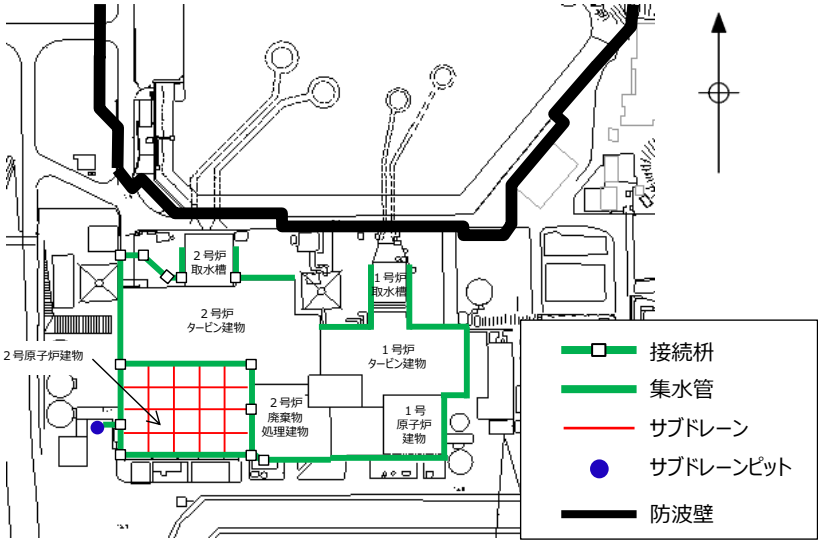


2-2図 地下水位低下設備 (既設) の概要図

2.はじめに

地下水水位低下設備 (既設) の概要 (2/2)

- 地下水水位低下設備 (既設) のうち、サブドレーンピットの断面図を2-3図に示す。
- 地下水水位が、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。

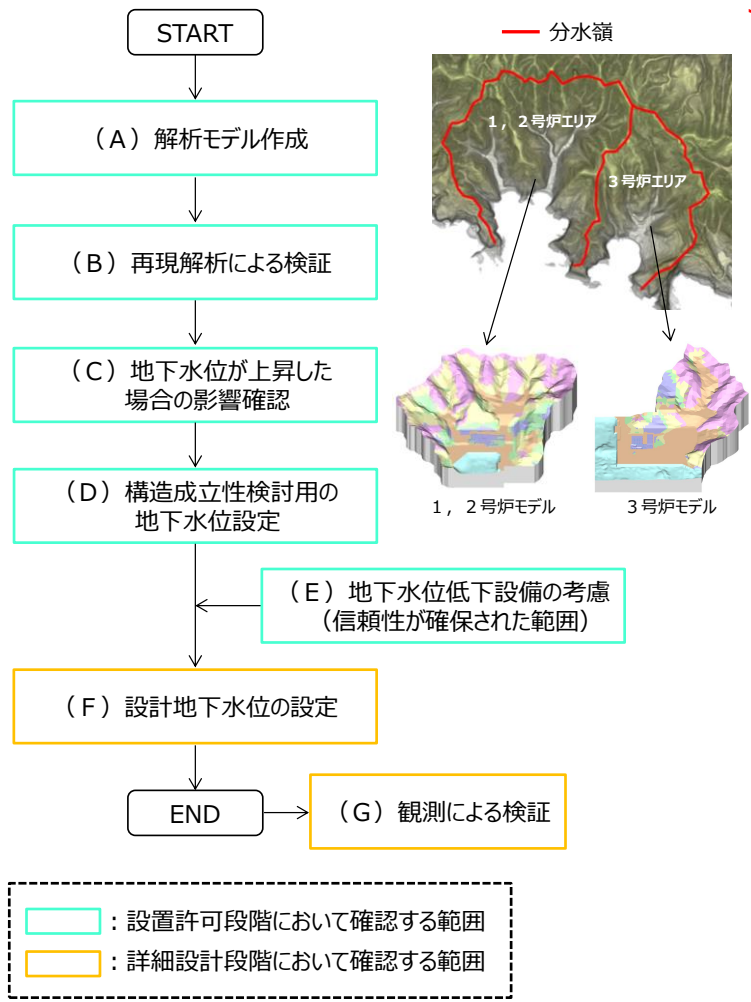


2-3図 地下水水位低下設備 (既設) 断面図

3.新規規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

基本的な考え方

■ 浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フローと各プロセスにおける検討方針を3-1図及び3-1表に示す。



3-1表 浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フローの各プロセスにおける検討方針

- (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4章及び添付資料2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を新設し，その機能に期待する方針とする。
- (G)観測による検証**
- 地下水位観測記録を取得し，(F)で定める設計地下水位の検証を行う。

3-1図 浸透流解析を用いた設計地下水位の設定フロー

3.新規規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

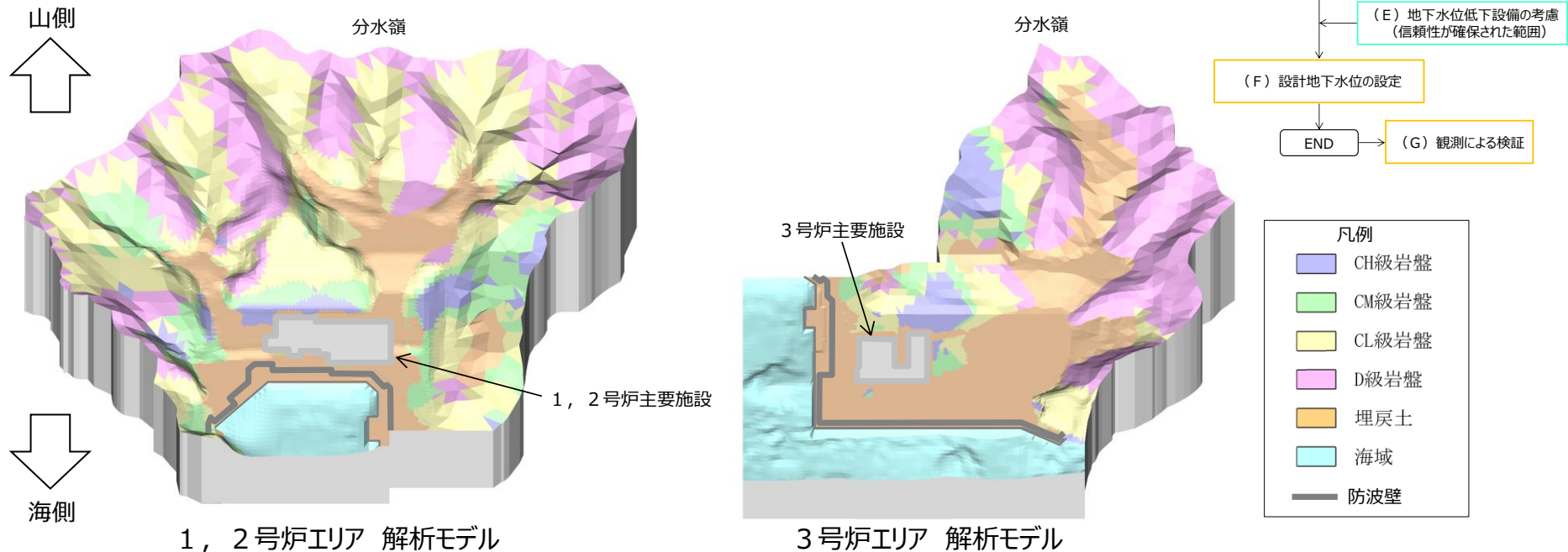
(A)解析モデル作成(1/2)

- 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（3-2表、3-2図）（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。

3-2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。

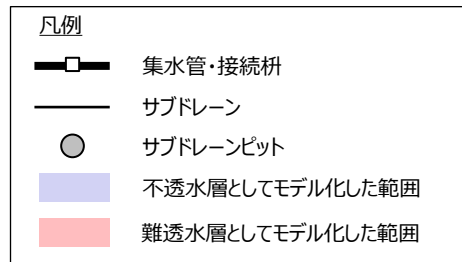
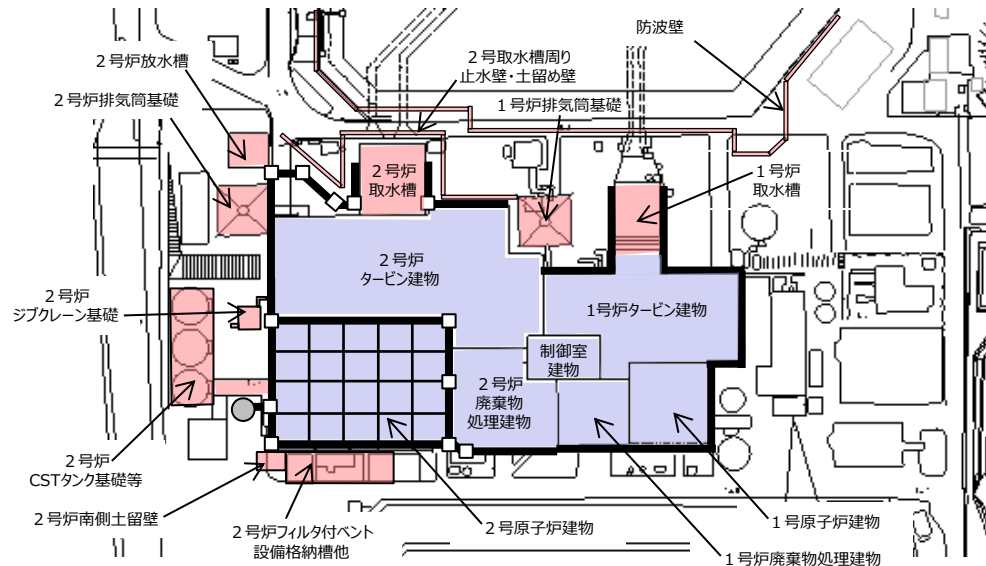


3-2図 解析モデルの概要

3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(A)解析モデル作成(2/2)

- 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, 3-3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する。
- 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
	1号炉タービン建物
難透水層としてモデル化	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タンク基礎等
	2号炉フィルタ付バント設備格納槽他
	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号炉南側土留壁※	

※ 2号炉建設時の工事中用仮設構造物

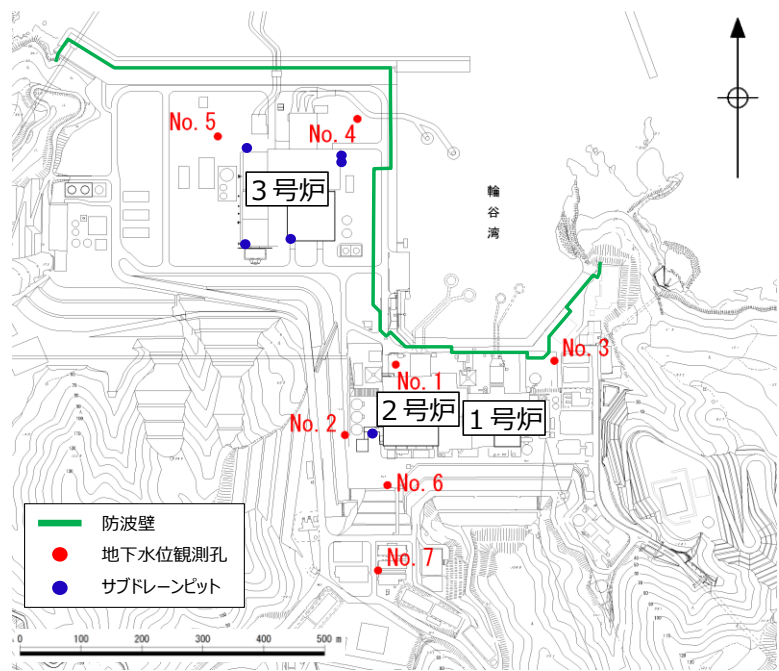
3-3図 主要建物周辺における構造物等のモデル化方針

3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(B)再現解析による検証(1/2)

- 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3-3表のとおり透水試験等に基づき設定（添付資料3参照）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。なお、今回、D級岩盤の透水係数を $2 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ に見直した（添付資料10参照）。
- 再現解析（定常）の結果、3-4図の観測孔位置における地下水位について、3-5図のとおり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、3-4表のとおり揚水量については解析値が観測値を若干下回っている。

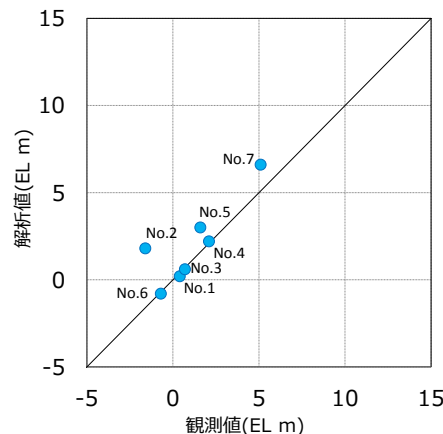
※ 島根原子力発電所における日降水量（H28.4～H30.8）



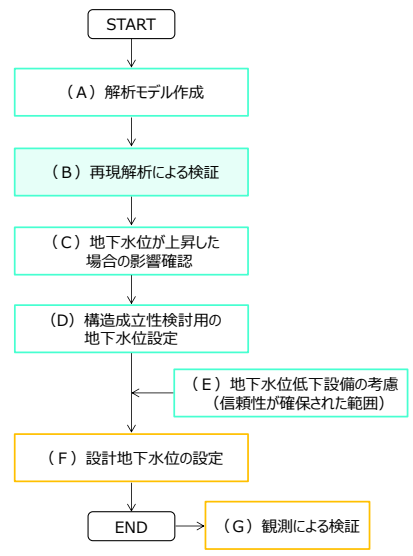
3-4図 観測孔位置

3-3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 (掘削スリ)	2×10^{-1}
構造物, 改良地盤	1×10^{-5}



3-5図 観測値と解析値の比較 (地下水位)



3-4表 観測値と解析値の比較 (2号炉周辺の揚水量)

	揚水量(m ³ /日)
観測値	969
解析値	856

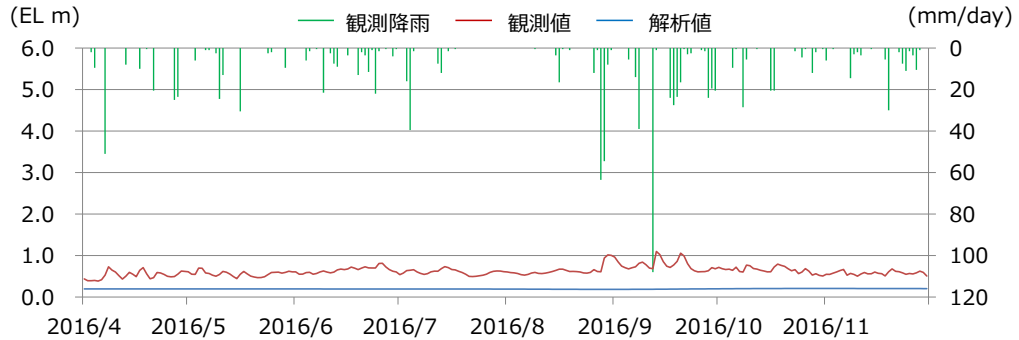
3.新規規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(B)再現解析による検証(2/2)

- 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3-6図のとおり確認した。主要建物周辺の代表点としてNo.1孔を、高台の代表点としてNo.7孔を選定した(3-4図参照)。
- No.1孔は2号炉の北側に位置し、海が近く、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孔では概ね同程度であり、No.7孔では解析値が観測値を上回っている。
- また、降雨時の地下水位の反応について観測値と解析値を比較すると、観測値は降雨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。

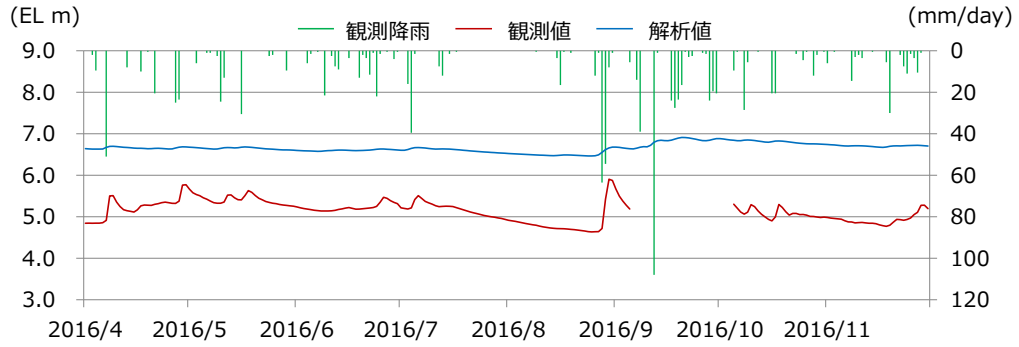
a. No.1孔

埋戻土(掘削ズリ)の層厚が薄い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EL0~+1m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.7孔

埋戻土(掘削ズリ)の層厚が厚い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+5~6m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+6~7mの間を推移していることを確認した。

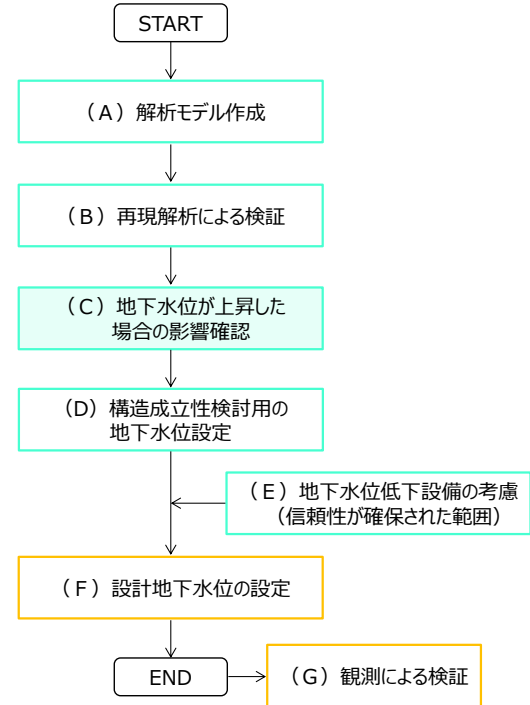


3-6図 地下水位の経時変化例

3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(C)地下水位が上昇した場合の影響確認(1/9)

- 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3-7図に示す。



3-7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

3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(C)地下水位が上昇した場合の影響確認(2/9)

- 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3-5表に示す。

3-5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（鋼管杭式逆T擁壁）
		防波壁（波返重力擁壁）
		1号炉取水槽流路縮小工
		防波扉（防波壁通路防波扉）
		1号放水連絡通路防波扉
	重大事故等対処施設	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	

3.新規規制基準に対応した設計地下水水位の設定方針

(C)地下水水位が上昇した場合の影響確認(3/9)

- 耐震評価において地下水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、地下水水位が上昇した場合の常時及び地震時の影響を、3-6表、3-7表のとおり評価した（既工認の設計における地下水水位との相対比較による）。
- 基礎地盤・周辺斜面については、設置許可段階ですべり安定性への影響を確認する。
- 建物・構築物、屋外重要土木構造物、津波防護施設及び重大事故等対処施設については、詳細設計段階で構造成立性を確認する。

3-6表 地下水水位低下設備（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）

対象施設	設置許可基準規則			適合性審査において地下水水位低下設備（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）既設置許可における地下水水位の扱い	
	3条 38条	4条4項 39条2項	43条	常時	地震時	設計地下水水位	設計への反映事項
					すべり安定性への影響		
基礎地盤・周辺斜面※1	○ (基礎地盤)	○ (周辺斜面)	○ (周辺斜面)	—	地表面※2に設定しているため影響なし	原子炉基礎地盤の地下水水位をEL0mに設定	—

施設等	耐震クラス 検討用地震動	設置許可基準規則※7	適合性審査において地下水水位低下設備（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水位の扱い		
			常時	地震時		設計用揚圧力	設計への反映事項
				液化化影響（周辺地盤）※7	揚圧力影響※7		
原子炉建物 (直接基礎)	S※3	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小	設計地下水水位（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0.8t/m ² 建物基礎底面 EL-4.7m	地下水水位低下設備（既設）の機能を見込んだ地下水水位を考慮して耐震評価を実施	
タービン建物 (直接基礎)	B※4 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小		揚圧力2.0t/m ² 建物基礎底面 EL0.0m	地下水水位低下設備（既設）の機能を見込んだ地下水水位を考慮して耐震評価を実施	
廃棄物処理建物 (直接基礎)	B※4 (Ss)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小		揚圧力2.0t/m ² 建物基礎底面 EL0.0m	地下水水位低下設備（既設）の機能を見込んだ地下水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	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小		揚圧力0.0t/m ² 建物基礎底面 EL+0.1m	地下水水位低下設備（既設）の機能を見込んだ地下水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)	4条(3条2項), 39条(38条2項)	影響小		設計地下水水位（設計用揚圧力）を上回る地下水水位に対して、排気筒基礎の耐震性（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0.0t/m ² 排気筒基礎底面 EL+2.0m	地下水水位低下設備（既設）の機能を見込んだ地下水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水位は基礎上面とし、取水槽及び周辺地盤の地下水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Sクラス。それ以外については、耐震Sクラス設備等の間接支持構造物。
 ※4 耐震Sクラス設備等の間接支持構造物。
 ※5 中央制御室遮蔽のみ耐震Sクラス。それ以外については、耐震Sクラス設備等の間接支持構造物。
 ※6 排気筒（非常用ガス処理系用）のみ耐震Sクラス。
 ※7 A条(B条)の表示は、A条の適合確認をもってB条の適合確認が合わせて可能であることを示す。

3. 新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(C) 地下水位が上昇した場合の影響確認(4/9)

3-7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	
				常時	地震時 液状化影響（周辺地盤）※4	設計地下水位	設計への反映事項
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
屋外配管ダクト (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ロック(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)	—
屋外配管ダクト (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ロック(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（鋼管杭式逆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)	—
防波扉（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)	—
1号放水連絡通路防波扉	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)	—
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ロック(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)	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条の適合確認をもってB条の適合確認が合わせて可能であることを示す。

3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(C)地下水位が上昇した場合の影響確認(5/9)

- 設置許可段階の構造成立性の確認を行うに当たり、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する浸透流解析を実施する。
- 構造成立性確認のための予測解析では、再現解析で妥当性を確認した解析モデルに対して、以下に示す保守性を確保する方針とする。なお、これらの保守性については、詳細設計段階における予測解析においても考慮する方針とする。

・降雨条件→年間降水量として2,400mmを設定（詳細については添付資料1参照）

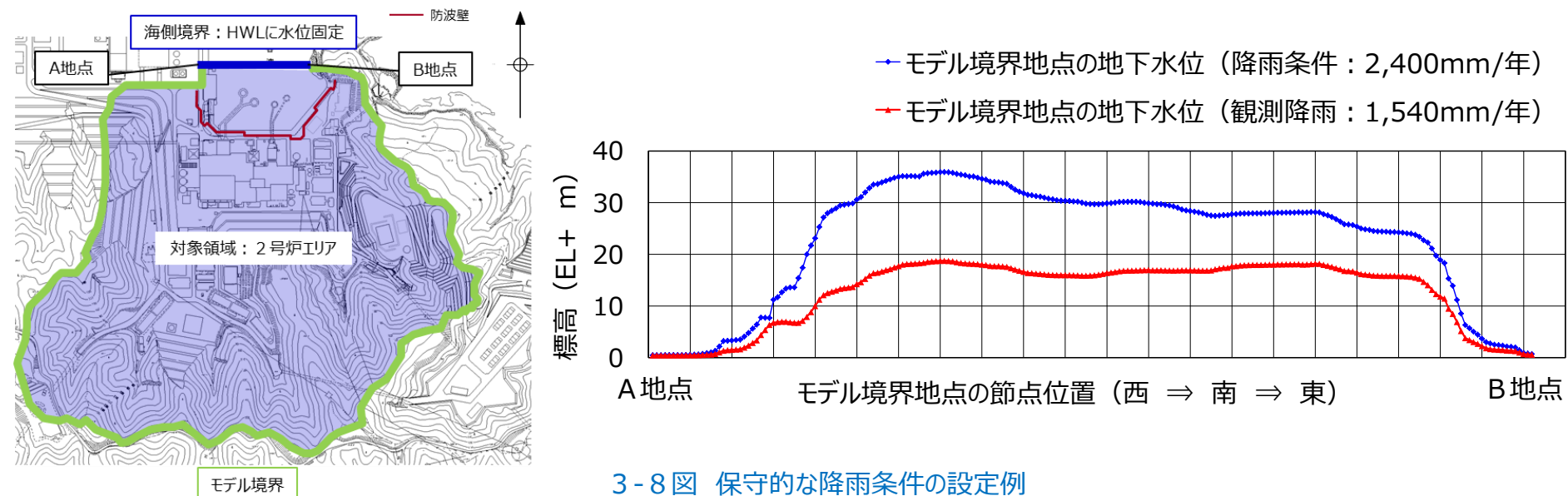
島根原子力発電所での地下水位観測期間における平均年間降水量は約1,540mmであり、気象庁松江地方気象台における年間降水量(1941～2018年)の平均値は約1,880mmである。

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。3-8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。

・地下水位低下設備（既設）の機能に期待しない（詳細については添付資料2参照）

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。

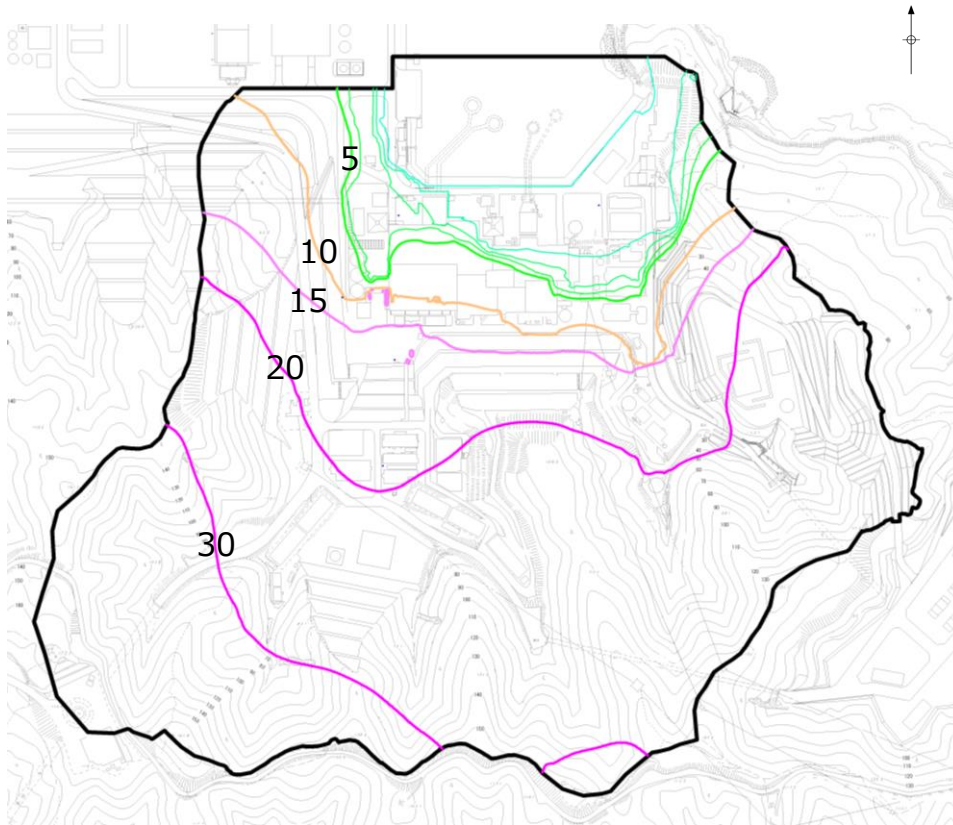
※ 気象庁・環境省「日本国内における気候変動の不確実性を考慮した結果について」より



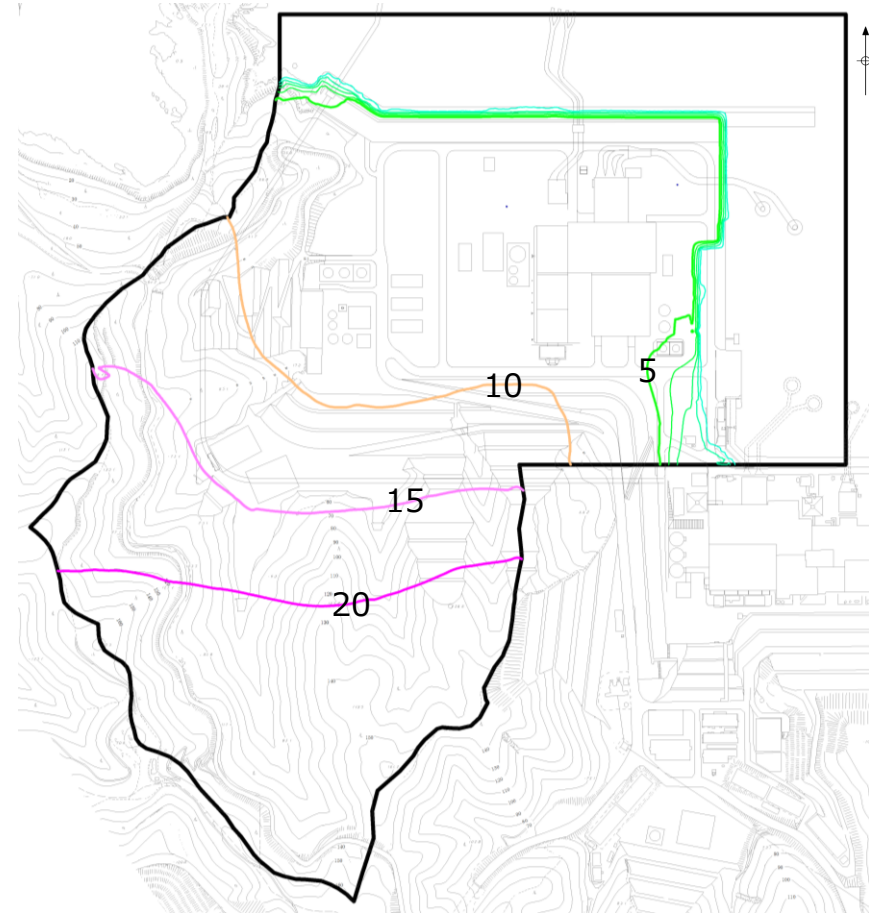
3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(C)地下水位が上昇した場合の影響確認(6/9)

- 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3-9図に示す。
- 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。



1, 2号炉エリア



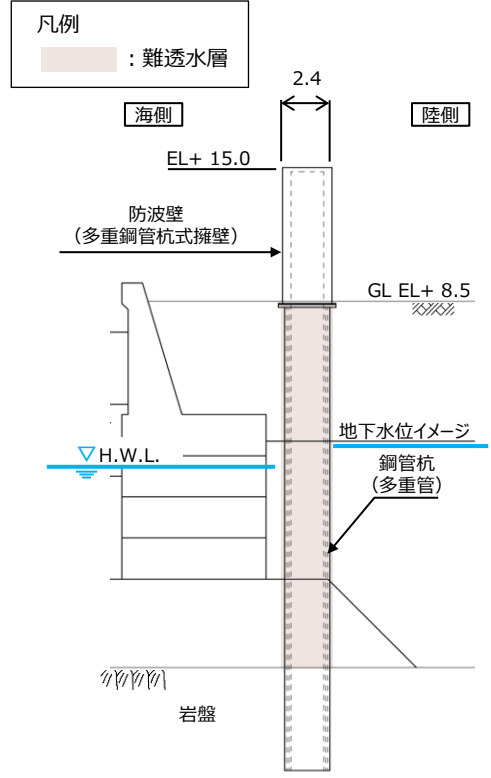
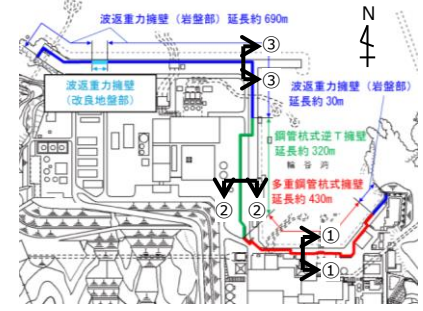
3号炉エリア

3-9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

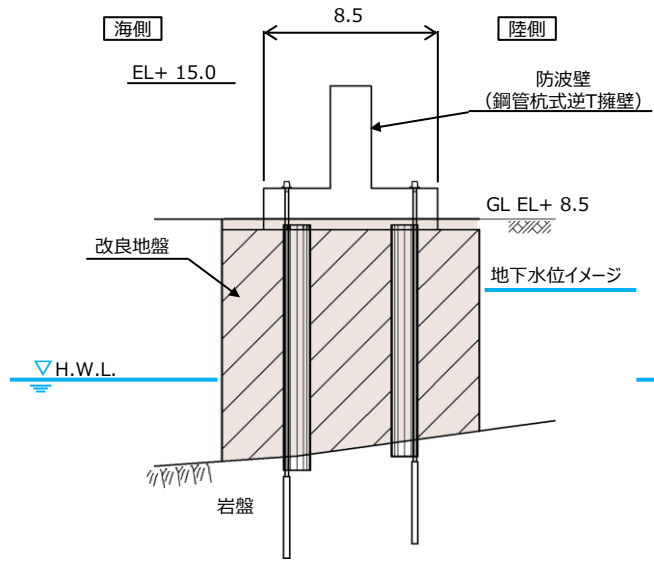
3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(C)地下水位が上昇した場合の影響確認(7/9)

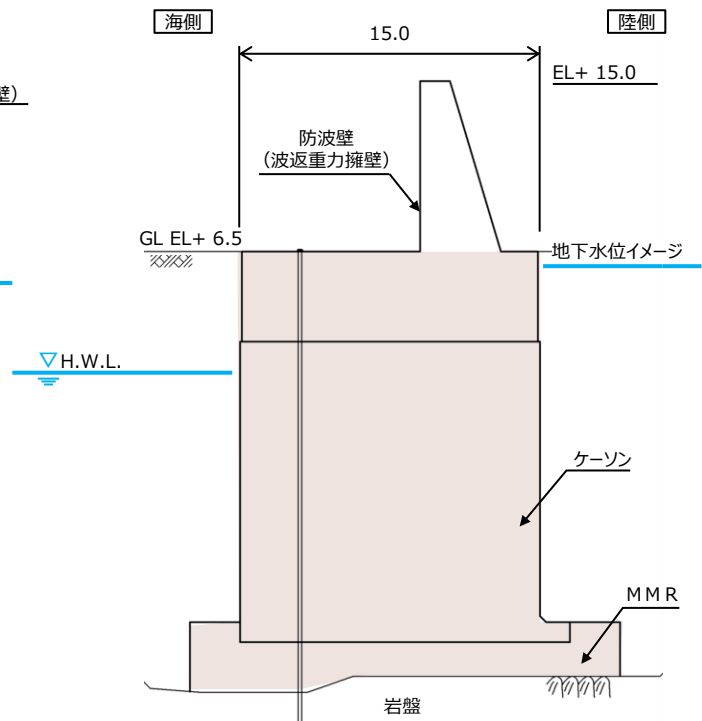
- 地下水位低下設備（既設）が機能しない場合の地下水位分布において、1, 2号炉北側防波壁周辺の地下水位（EL+1m程度）と3号炉北側・東側防波壁周辺の地下水位（EL+5m程度）の差について以下のとおり考察した。
- 1, 2号炉エリアと3号炉エリアの防波壁（難透水層）に設定した透水係数は等しいが、3-10図に示すとおり、3号炉エリアの方が1, 2号炉エリアよりも難透水層を通過する距離が長いので、結果として陸側の地下水位が相対的に高くなった。



1, 2号炉エリア (①-①断面)



3号炉東側エリア (②-②断面)



3号炉北側エリア (③-③断面)

(単位: m)

3-10図 1, 2号炉エリアと3号炉エリアの防波壁 (一般部) 断面図

3.新規規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(C)地下水位が上昇した場合の影響確認(8/9)

- 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3-8表に示す。また、島根2号炉と同様に、防波壁を設置すること等により、地下水の流動場が変化すると考えられる先行サイトとの相違点について、以下のとおり整理した。
- 基礎地盤・周辺斜面については、東海第二及び女川2号と同様に地下水位の上昇による影響はない。建物・構築物については、東海第二及び女川2号炉と同様に地下水位の上昇による影響はあるが、屋外重要土木構築物については、東海第二と同様に地下水位の上昇による影響はない。

凡例
○：地下水位低下設備が設計上必要
△：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
-：対策不要

3-8(1)表 地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策

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	【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)	【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)	【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)
			各施設等(耐震補強)	△：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	△：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。	△：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)	-	-	△：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。

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。

3.新規規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(C)地下水位が上昇した場合の影響確認(9/9)

- 津波防護施設、重大事故等対処施設及び保管場所・アクセスルートについては、東海第二と同様に地下水位の上昇による影響はない。
- 以上のことから、地下水位が上昇した場合の影響については、建物・構築物に作用する揚圧力及び液状化影響に限定される。

3-8(2)表 地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策

凡例

○：地下水位低下設備が設計上必要

△：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

-：対策不要

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 (鋼管杭式逆T擁壁) ・防波壁 (波返重力擁壁) ・1号炉取水槽流路縮小工 ・防波扉(防波壁通路防波扉) ・1号放水連絡通路防波扉	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	-	-	△：(設計地下水位の設定において前提とする)
			各施設等(耐震補強)	-	-	△：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	-	-	△：(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)
			各施設等(耐震補強)	-	-	△：(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)

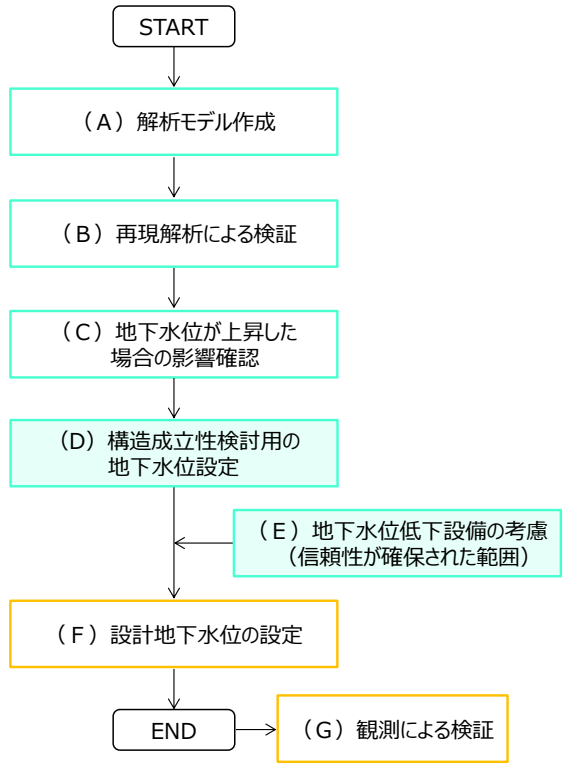
3.新規規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(D,E)構造成立性検討用の地下水位設定,地下水位低下設備の考慮

- 前頁までの分析を踏まえ、3-9表に各施設における地下水位の設定方針を示す。
- 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、地下水位を地表面とする。
- 原子炉建物等の建物、構築物は地下水位低下設備（既設）の機能に期待し、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。
- ただし、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、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し、建物・構築物はその機能に期待して地下水位を設定する。
- なお、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の機能にも期待せず、自然水位※より保守的に設定した水位に基づき、設計地下水位を設定する（構造成立性確認に用いる地下水位については、個別の説明資料において説明）。

3-9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
	周辺斜面	
設計基準対象施設 建物、構築物	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	
屋外重要土木構造物	取水槽	自然水位※より保守的に設定した水位
	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（鋼管杭式逆T擁壁）	
	防波壁（波返重力擁壁）	
	1号炉取水槽流路縮小工	
	防波扉（防波壁通路防波扉）	
	1号放水連絡通路防波扉	
重大事故等対処施設	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	

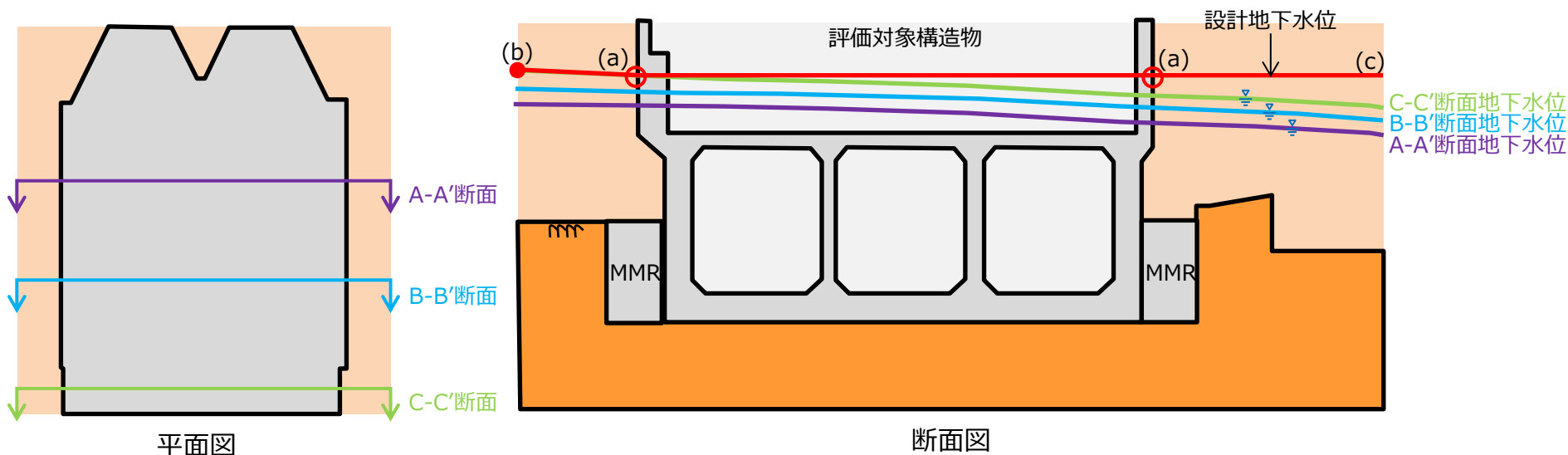
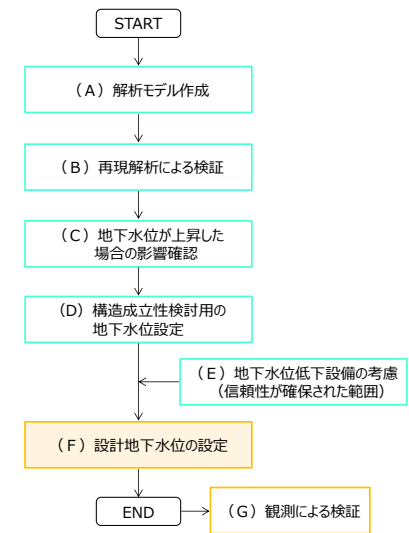


※ 地下水位低下設備の機能に期待しない場合の地下水位

3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(F)設計地下水位の設定(1/2)

- 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、3-1-1図に示す。
 - 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。
- 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、(a)～(c)の水位に余裕を加えて設計地下水位を設定する。



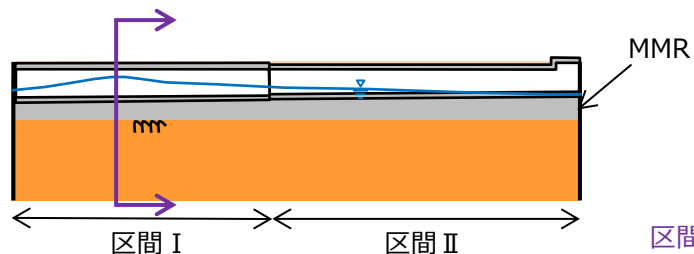
3-1-1図 箱型構造物の設計地下水位設定の考え方

3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

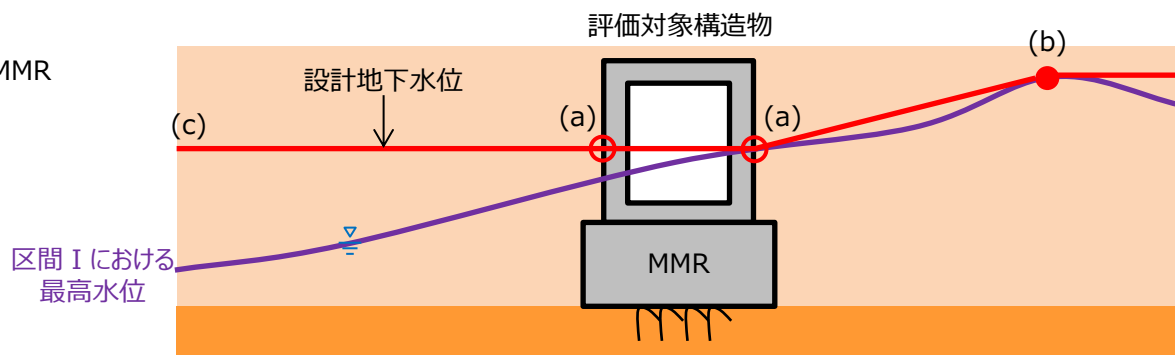
(F)設計地下水位の設定(2/2)

- 線状構造物の設計地下水位設定の考え方について、3-12図に示す。
 - 構造物側面の地下水位は、三次元浸透流解析結果より、縦断面において**構造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。
- **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、(a)～(c)の水位に余裕を加えて設計地下水位を設定する。**

区間 I における最高水位の断面



縦断面図



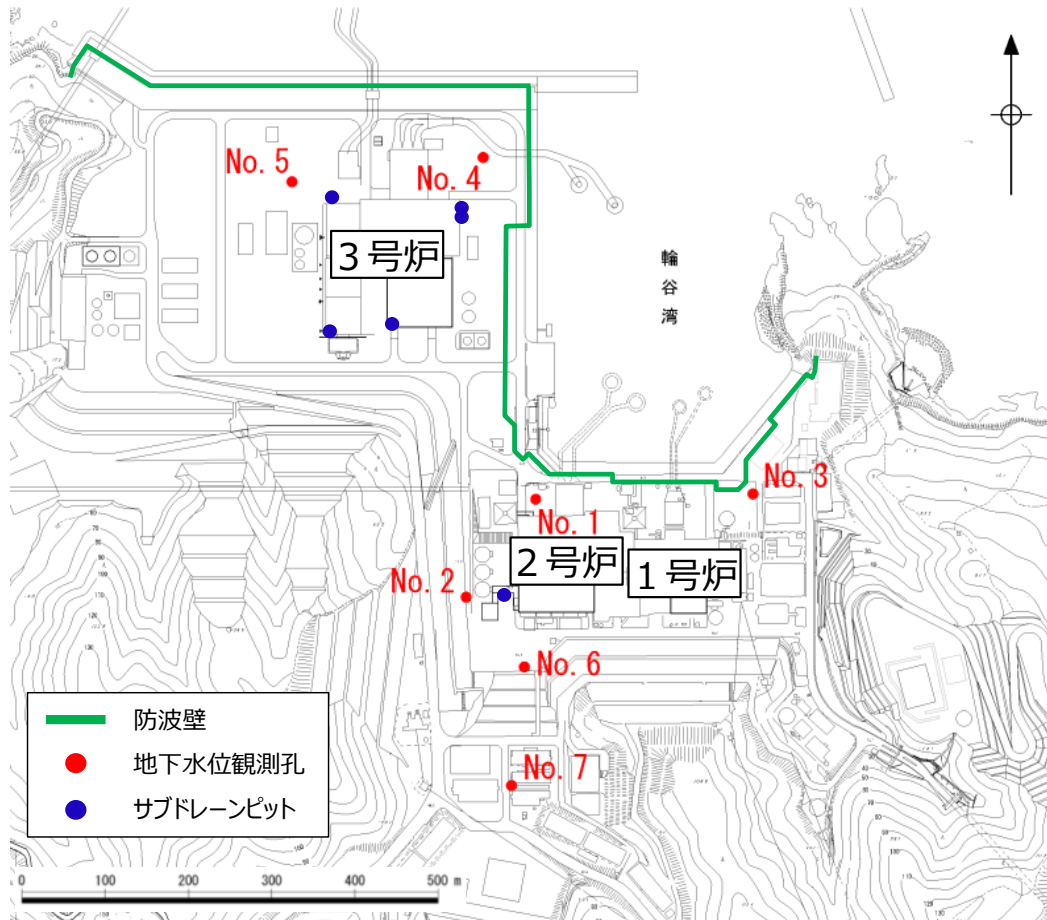
横断面図

3-12図 線状構造物の設計地下水位設定の考え方

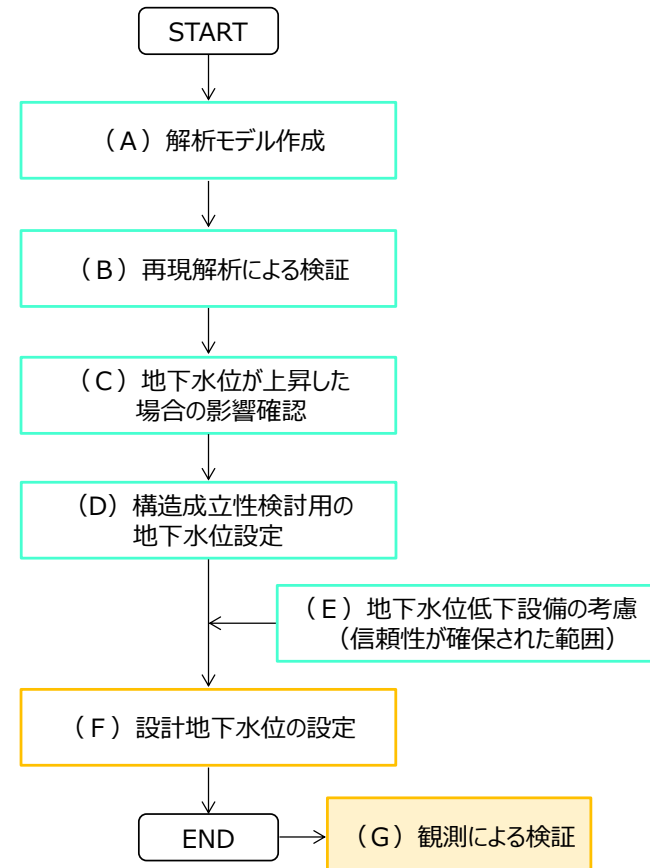
3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針

(G) 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、3-1 3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。



3-1 3図 地下水位観測計画位置



3.新規制基準に対応した設計地下水位の設定方針 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。

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
		地下水位低下設備	-		-	機能に期待する
解析対象		(解析水位と観測水位を比較)		・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	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 ・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り安定性への影響を確認（保守的に地表面に設定） : 保守的に設定した条件

4.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
 - 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(地下水位低下設備の効果が及ばない範囲の地下水位)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。
- 地下水位低下設備の機能維持を要求する期間
 - 地下水位低下設備は、以下に示す原子力発電所の供用期間の全ての状態において機能維持が必要である。
 - ・通常運転時(起動時,停止時含む)
 - ・運転時の異常な過渡変化時
 - ・設計基準事故時
 - ・重大事故等時
 - また、プラント供用期間中において発生を想定する大規模損壊についても、その発生要因とプラントの損壊状況を踏まえ、地下水位低下設備の設計を行う上で配慮する。
- 地下水位低下設備の位置付け
 - 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上で設計・運用を行う。

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(1/12)

- 通常運転時から重大事故等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、供用期間中における機能維持に必要な耐性の分析（分析1～4）を行う。
- 【分析1】
 - 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、次頁4-1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(4-2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(4-3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(4-4表)する。
 - 分析結果を踏まえ、地下水位低下設備の機能維持の対策に加え、追加の対策が必要であるかについて整理する。
- 【分析4】
 - 大規模損壊の発生要因について、プラントの損壊状況を踏まえ、地下水位低下設備の設計を行う上で配慮する。

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(2/12)

【分析1】

- 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(4-1表)。
- これ以外の設置許可基準規則における設計基準対象施設に対する要求は、個別設備に対する設計要求である等の理由から機能喪失する可能性のある事象から除外した。

4-1表 地下水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 地盤	-	・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、降水、積雪、落雷、火山、生物学的事象、森林火災(外部火災)	○	-	2号炉で想定する外部事象として抽出した事象
第7条 不法な侵入	-	・本条文は、個別設備の設置要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-
第8条 内部火災	○	-	-
第9条 内部溢水	○	-	-
第10条 誤操作の防止	○	-	-
第11条 安全避難通路等	-	・本条文は、個別設備の設置要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-
第12条 安全施設	-	・本条文は、安全施設への要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-
第13条 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の拡大の防止	-	・本条文は、運転時の異常な過渡変化に対する要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-
第14条 全交流動力電源喪失対策設備	-	・本条文は、個別設備の設置要求であり、機能喪失要因として抽出する事項を含まないため、対象外	-
第15条 炉心等	-		
第16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	-		
第17条 原子炉冷却材圧力バウンダリ	-		
第18条 蒸気タービン	-		
第19条 非常用炉心冷却設備	-		
第20条 一次冷却材の減少分を補給する設備	-		
第21条 残留熱を除去することができる設備	-		
第22条 最終ヒートシンクへ熱を輸送することができる設備	-		
第23条 計測制御系統施設	-		
第24条 安全保護回路	-		
第25条 反応度制御系統及び原子炉停止系統	-		
第26条 原子炉制御室等	-		
第27条 放射性廃棄物の処理施設	-		
第28条 放射性廃棄物の貯蔵施設	-		
第29条 工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護	-		
第30条 放射線からの放射線業務従事者の防護	-		
第31条 監視設備	-		
第32条 原子炉格納施設	-		
第33条 保安電源設備	-		
第34条 緊急時対策所	-		
第35条 通信連絡設備	-		
第36条 補助ボイラー	-		

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(3/12)

【分析1】

■【目的】

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
 (分析1の前提条件)

- 機能喪失有無の判定においては、地下水位低下設備に必要な設計上の配慮事項を抽出する観点から、全ての構成部位に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4-2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4-5表のとおり、設計上の配慮を行う。

4-2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

機能	構成部位	機器故障及び設置許可基準規則の要求を踏まえた機能喪失要因																						
		機器故障(故障モード)	地盤(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)	内部溢水(9条)	誤操作防止(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	○※2		×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
	支持・閉塞防止機能	揚水井戸	○※3		×	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
排水機能	揚水ポンプ	×	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ことから、機能喪失要因の分析の対象外とした																					
	配管	連続運転失敗・起動失敗		リーク・閉塞																				
監視・制御機能	制御盤	不動作・誤動作	×				×																	
	水位計	不動作・誤動作	×																					
電源機能	電源※1(非常用DG)	起動失敗	×																					

※1：外部電源はSs未満の地震により機能喪失する可能性があるため、機能喪失状態を前提とする
 ※2：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

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(4/12)

【分析2】

■【目的】

- 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2（4-3表（1/3, 2/3））の前提条件〉

- 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。

4-3表 地下水位低下設備の機能喪失と同時に発生のある事象の分析（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	△	△	△		△	△	△	△	△	△	△	×	
	地下水位低下設備の機能喪失により上記の過渡事象が発生することはない													※1
	地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	地下水位低下設備が機能喪失するが、地震加速大によるスクラム信号発信及び制御棒挿入により、上記の過渡事象は発生しない													※1
	風(台風)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1
	竜巻	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1
	凍結	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1
	降水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1
	降雪	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
	地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1
	落雷	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1	
火山	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×		
地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1	
生物学的影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×		
地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1	
森林火災(外部火災)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×		
地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1	
内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×		
地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1	
内部溢水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×		
地下水位低下設備は機能喪失するが、上記の過渡事象は発生しない													※1	

凡例△：地下水位低下設備の機能喪失あり、ただし、過渡事象は起きない。×：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。

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(5/12)

【分析2】

〈4-3表(1/3, 2/3)の分析結果〉

- ・4-3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Ss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。

4-3表 地下水位低下設備の機能喪失と同時に発生する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	
地下水位低下設備の機能喪失要因	機器故障	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備の機能喪失により上記の設計基準事故が発生することはない
	地震	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	風(台風)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	竜巻	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	凍結	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	降水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	降雪	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	落雷	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	火山	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	生物学的影響	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	森林火災(外部火災)	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	内部火災	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない
	内部溢水	△	△	△	△	△	△	△	△	△	地下水位低下設備が機能喪失するが,上記の設計基準事故は発生しない

凡例△：地下水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。×：地下水位低下設備の機能喪失あり,かつ,設計基準事故が起きる。

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(6/12)

【分析2】

〈分析2（4-3表（3/3））の前提条件〉

- ・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。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。
- 〈4-3表（3/3）の分析結果〉
- ・4-3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。

4-3表 地下水位低下設備の機能喪失と同時に発生する可能性のある事象の分析（3/3）

		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 (IS/LOCA)	零圧気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧破損)	高圧溶融物放出/格納容器零圧気直接加熱	原子炉圧力容器外の溶融燃料/冷却材相互作用	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)	
地下水位低下設備の機能喪失要因	機器故障	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×
	地震	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	風(台風)	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	竜巻	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	凍結	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	降水	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	降雪	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	落雷	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	火山	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	生物学的影響	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	森林火災(外部火災)	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	内部火災	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		
	内部溢水	地下水位低下設備は機能喪失するが、地下水位低下設備の機能喪失要因により重大事故防止設備がその機能を喪失しないため、上記の重大事故等は発生しない																		

凡例△：地下水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で発生

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(7/12)

【分析3】

■【目的】

- 「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3の前提条件〉

- 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。

4-4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 (1/2)

	運転時の異常な過渡変化											
	原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	出力運転中り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のみの場合	○(影響なし) 低下設備は、事象収束に必要な緩和機能を有していないため、事象の収束に影響しない											
地下水位低下設備が機能喪失し地下水位が上昇した状態で地震が発生する場合	×(影響あり) 建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あり											
	設計基準事故											
	原子炉冷却材喪失	原子炉冷却材流量の喪失	原子炉冷却材ポンプの軸固着	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			
地下水位低下設備の機能喪失のみの場合	○(影響なし) 低下設備は、事象収束に必要な緩和機能を有していないため、事象の収束に影響しない											
地下水位低下設備が機能喪失し地下水位が上昇した状態で地震が発生する場合	×(影響あり) 建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あり											

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(8/12)

【分析3】

- 〈分析結果〉
- ・4-4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。

4-4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 (2/2)

	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 (ISLOCA)	雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧破損)	高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	原子炉圧力容器外の溶融燃料/冷却材相互作用	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
地下水位低下設備の機能喪失のみの場合	○(影響なし) 低下設備は,事象収束に必要な緩和機能を有していないため,事象の収束に影響しない																
地下水位低下設備が機能喪失し地下水位が上昇した状態で地震が発生する場合	×(影響あり) 建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あり																

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(9/12)

- 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4-5表のとおり多重化の要否を含め整理した。

4-5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	
	配管	火山	・ 井戸に対する火山灰の侵入を蓋の設置により防止	○
		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		
電源機能	電源 (非常用 DG)	火山	・ 井戸に対する火山灰の侵入を蓋の設置により防止	○
		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	

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(10/12)

- 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(4-5表)を集約し、4-6表のとおり整理した。

4-6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4-7表参照 ・ ドレーンに関する信頼性向上は「添付資料2」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4-7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4-1図参照 ・ Ss 機能維持の確認方法は4-7表参照
	配管	・ 多重化 ・ Ss 機能維持	・ 多重化の概要は4-1図参照 ・ Ss 機能維持の確認方法は4-7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4-1図参照 ・ Ss 機能維持の確認方法は4-7表参照
	水位計	・ 多重化 ・ Ss 機能維持	・ 多重化の概要は4-1図参照 ・ Ss 機能維持の確認方法は4-7表参照
電源機能	電源 (非常用 DG)	・ 多重化	・ 多重化の概要は4-1図参照

- 分析2の結果からは分析1と同様の対策(4-6表)が必要という結果を得た。また、これに加えて、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(4-6表)が必要という結果を得た。
- 以上のとおり、分析1から分析3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.(4)において運用管理・保守管理上の方針を示す)。

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(11/12)

- 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 4 - 7 表に示す。

4 - 7 表 地下水位低下設備の各構成部位における Ss機能維持の確認方法と設計方針

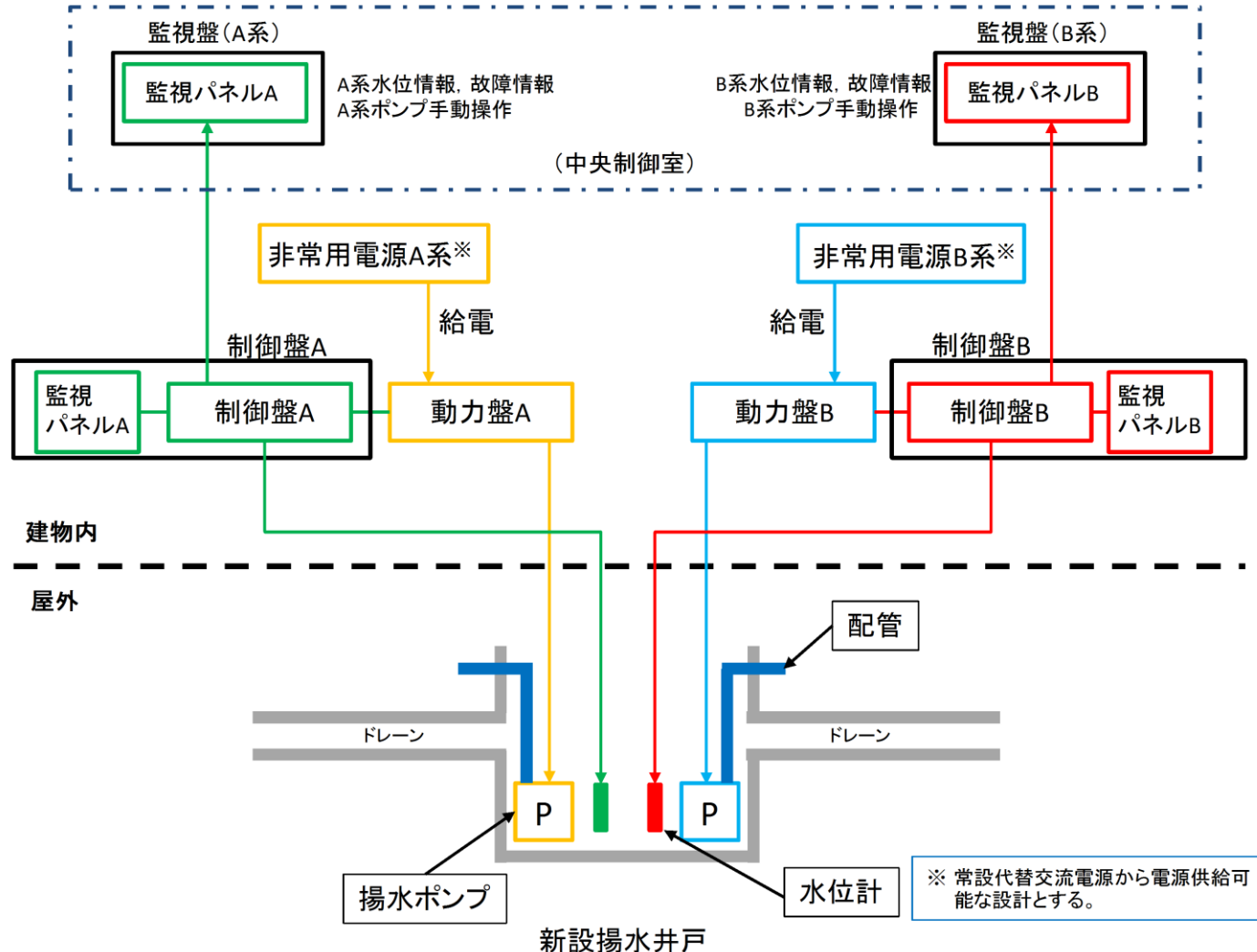
機能	構成部位	Ss 機能維持の確認方法	
		分類	具体的な方法
集水機能	ドレーン	解析	・ 基準地震動 Ss に対し地下水の集水機能を維持する設計とする。
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	解析	・ 基準地震動 Ss に対し機能(揚水ポンプ及び配管の支持機能並びに閉塞防止機能)を維持する設計とする。
排水機能	揚水ポンプ	解析・加振試験	・ 基準地震動 Ss に対し機能(地下水の排水機能)を維持する設計とする。 ・ 支持金物は基準地震動 Ss に対し機能(揚水ポンプの支持機能)を維持する設計とする。
	配管	解析	・ 基準地震動 Ss に対し揚水ポンプで汲み上げた地下水の排水経路を維持する設計とする。 ・ 支持金物は, 基準地震動 Ss に対し機能(配管の支持機能)を維持する設計とする。
監視・制御機能	制御盤	解析・加振試験	・ 基準地震動 Ss に対し機能(揚水ポンプの制御機能)を維持する設計とする。
	水位計	解析・加振試験	・ 基準地震動 Ss に対し機能(揚水井戸内に継続的に流入する地下水位監視機能, 揚水ポンプの起動停止の制御機能)を維持する設計とする。 ・ 支持金物は基準地震動 Ss に対し機能(水位計の支持機能)を維持する設計とする。

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)機能喪失要因等の分析に基づく設備構成の検討(12/12)

■ <監視・制御機能及び電源接続の系統構成について>

- 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4-1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。



4-1図 地下水位低下設備の系統構成概要図

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

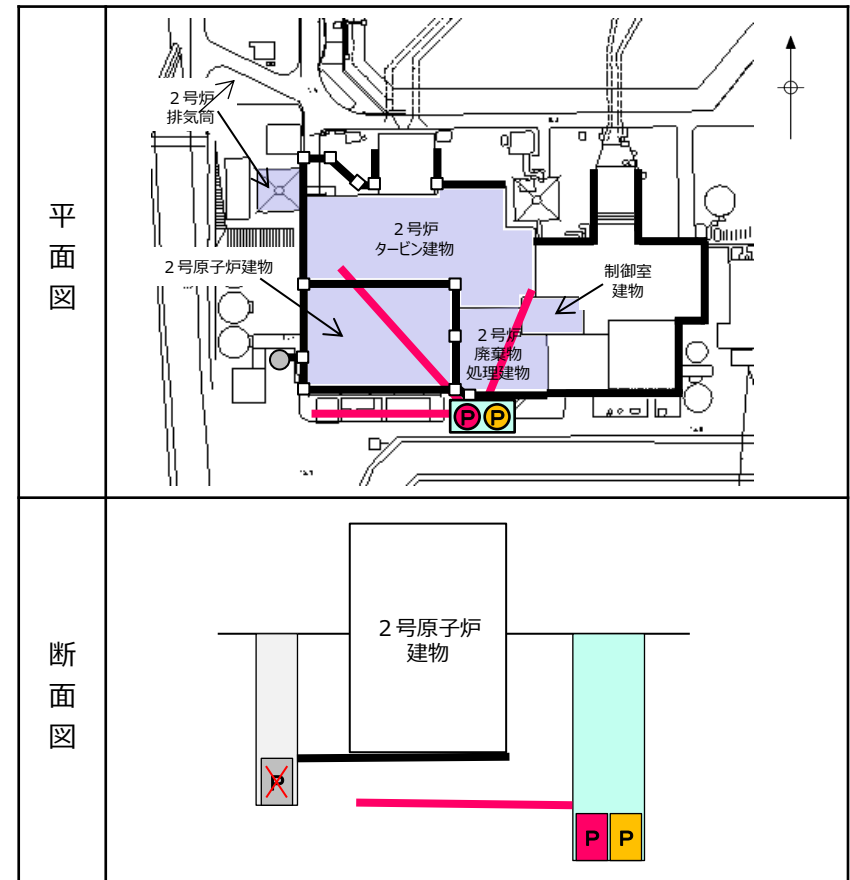
(3)信頼性の向上を考慮した設備構成の検討(1/2)

- 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)及び排水機能(揚水ポンプ等)の設備構成を検討する。
- また、設備構成の検討にあたっては、併せて以下を考慮した。
 - 設備構成の検討にあたっては信頼性確保が重要となることから、添付資料2に示すとおり、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、検討にあたっては、揚水ポンプを多重化することとした。

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(3)信頼性の向上を考慮した設備構成の検討(2/2)

- 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4-2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・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,4-2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例であるが,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。
- 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。
- 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。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。



凡例

- 集水管・接続柵・サブドレーンピット (機能に期待しない地下水位低下設備(既設)※)
- 建物・構築物 (揚圧力影響)

【設計値保持上の必要範囲】

- 揚水井戸・揚水ポンプ・ドレーン

【信頼性向上に寄与する範囲】

- 揚水ポンプ

※ 2号原子炉建物直下のサブドレーンについても,同様の理由で期待しない

4-2図 地下水位低下設備の配置例及び構成例

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(4)運用管理・保守管理上の方針(1/3)

■ <運用管理・保守管理上の方針>

- 地下水位低下設備の運用管理,保守管理に係る事項をQ M S文書に定める。
 - －運用管理については, 必要な手順を整備した上で管理していく。
 - －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)】

- Q M S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に確認することを定める。
- Q M S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。

■ 【保守管理の方針(案)】

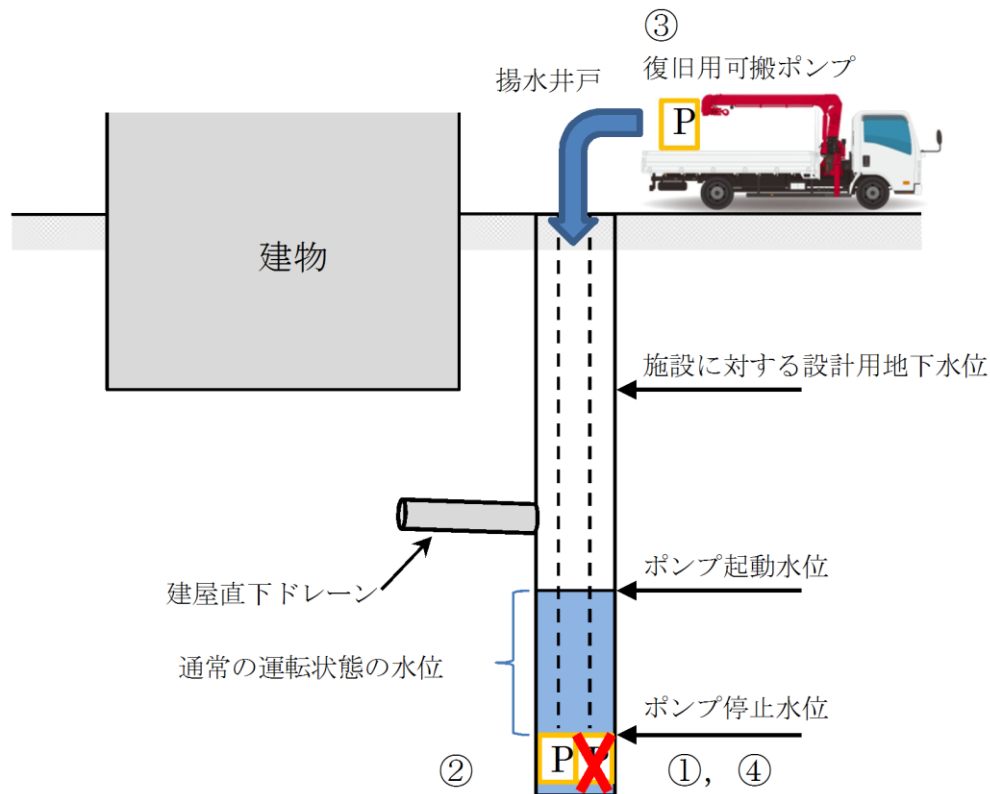
- 保全計画の策定では,地下水位低下設備を「予防保全」の対象と位置付け管理していく。
- 機能喪失した場合に備え予め復旧用可搬ポンプを確保した上で,機能喪失時には原因調査を行い補修する。

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(4)運用管理・保守管理上の方針(2/3)

■ <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4-3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。



復旧対応の主な流れ

- | |
|-----------------------|
| ①揚水ポンプ動作不能を検知 |
| ②残りの1系列の揚水ポンプを動作させる |
| ③復旧用可搬ポンプを設置する |
| ④動作不能の揚水ポンプの補修(復旧)を行う |

4-3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)

4.地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(4)運用管理・保守管理上の方針(3/3)

■ <地下水位低下設備の具体的な試験又は検査>

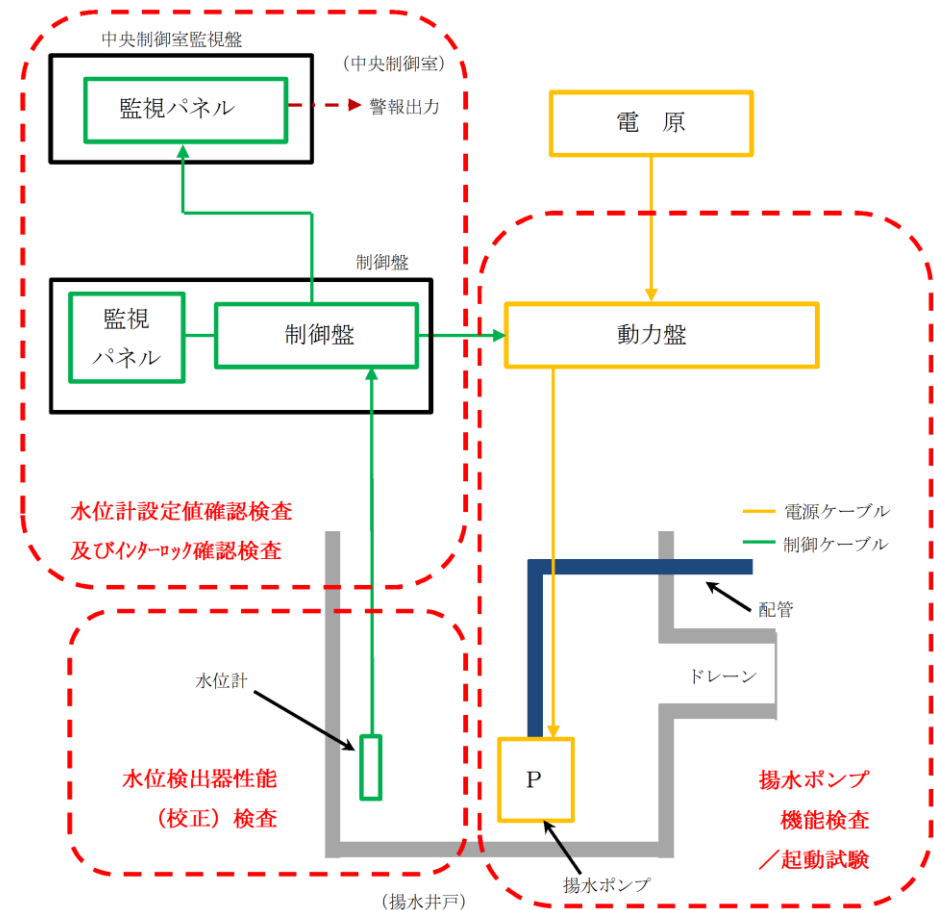
信頼性向上のため、試験又は検査について以下を考慮する。

- ・ 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っては、各々が独立して試験又は検査ができること。

- ・ 上記の考慮を踏まえ、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4-8表に、地下水位低下設備の検査項目と範囲を4-4図に示す。

4-8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挿入し、通水面積が保持されていることを確認する。	



4-4図 地下水位低下設備の試験又は検査項目と範囲

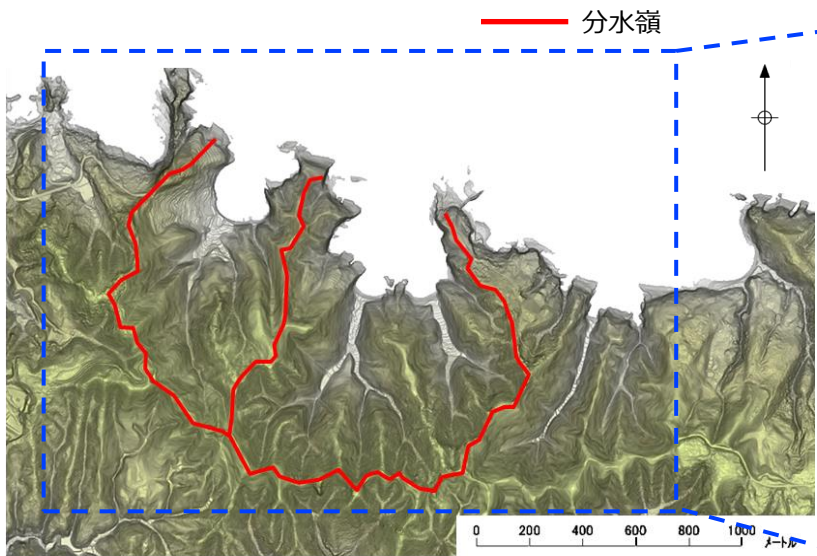
(5)まとめ

- 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Ss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。

添付資料1

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、添付 1 - 1 図及び添付 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。



※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



.....> 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）

添付 1 - 1 図 発電所周辺の分水嶺等の分布状況

添付 1 - 2 図 発電所周辺の主な地表水の流れ

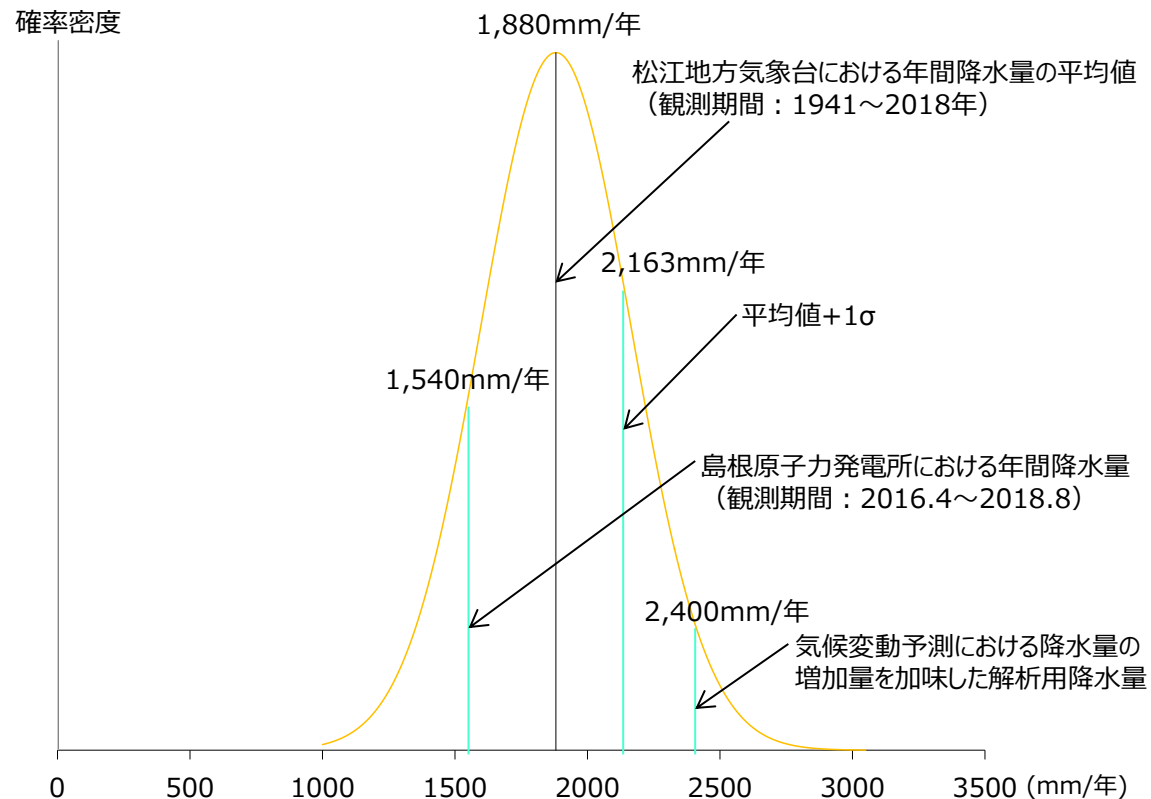
添付資料1

敷地の水文環境

- 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+1 σ ）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。

添付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+1 σ	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



添付1-3図 松江市の年間降水量の正規分布

集水機能の信頼性向上に係る検討(1/6)

- 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2-1表に示す。
- ドレーン構造(有孔管)に起因し経時的に状態が変化するモードとして土砂流入が考えられるが、ドレーンは耐久性・耐震性を確保したものを使用すること、有孔部から流入する土砂は非常に緩慢※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2-1表 ドレーンの機能喪失要因と対応の考え方

機能喪失への影響が想定される事象	設計・保守管理における対応の考え方と取扱い
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。

集水機能の信頼性向上に係る検討(2/6)

- 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2-2表に示す。
- 保守管理方針の検討においてはドレーンの構造・形状等から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2-2表 ドレーンの保守管理方針

区分	構成部位 (例)	ドレーンの点検内容		異常時の対応	
		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

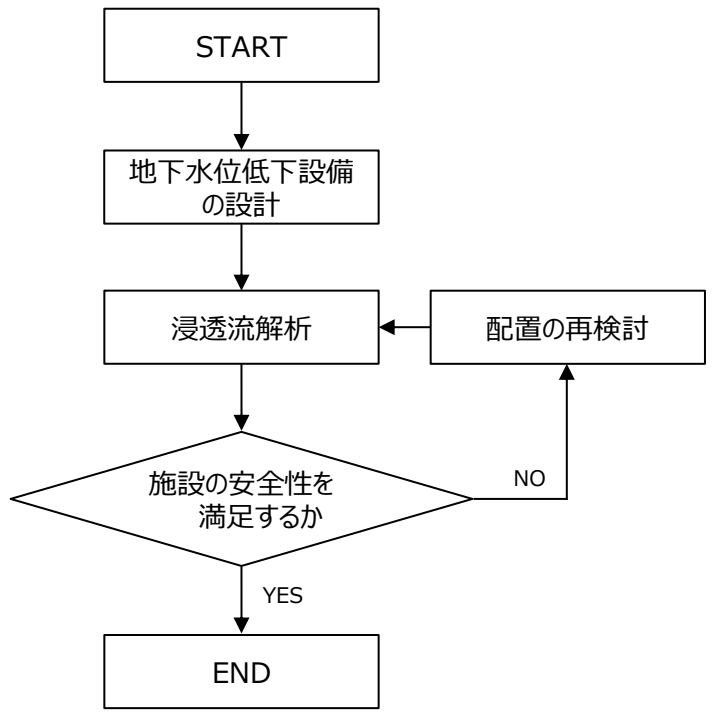
※¹ 流末部とは、揚水井戸とドレーンの取り合い部を表す。

※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。

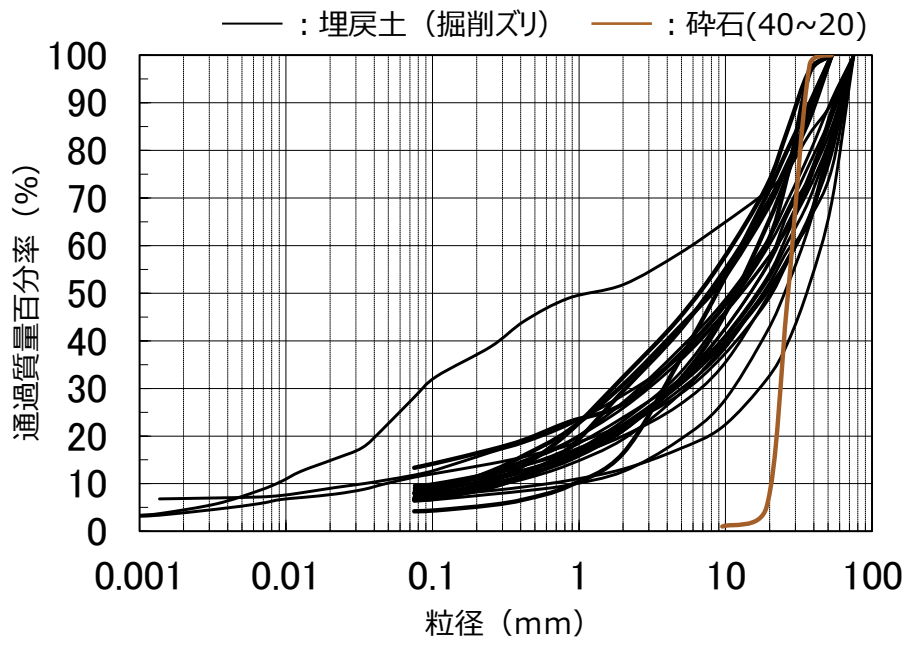
- 施工方法・仕様の共通性：ドレーンは同時期に同一施工体制のもと設置されており、掘削した岩盤内に同様の施工管理基準のもと設置されている。
- 建設時記録の信頼性：ドレーンは同時期に同一施工体制のもと設置されており、開削により露出した岩盤上に同様の施工管理基準のもと設置されている。
- 耐久性・耐震性（Ss機能維持）が確保されている。
- 安定的な使用環境にある。（岩着構造、外力（土被り）の変動が小さい、地下空間のため、紫外線等の劣化要因が少ない、流入する地下水に有害物質が含まれない等）

集水機能の信頼性向上に係る検討(3/6)

- 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 2 - 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。
 - 既設のドレーン (サブドレーン, 集水管**及び**接続柵) は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, 碎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。
 - 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 2 - 1 図 集水機能の検討フロー

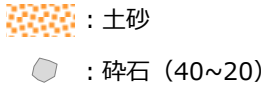
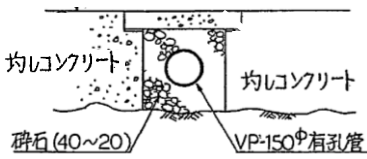
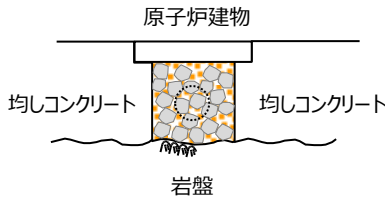
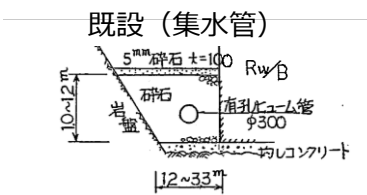
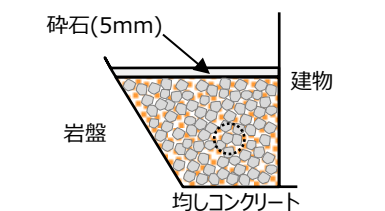
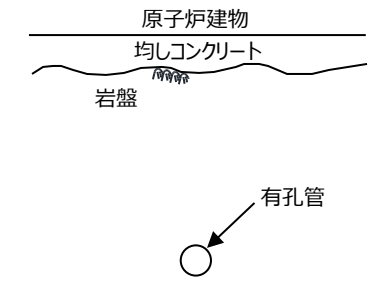


添付 2 - 2 図 埋戻土 (掘削ズリ) 及び碎石の粒径加積曲線

集水機能の信頼性向上に係る検討(4/6)

- 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。

添付2-3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		
<p>既設 (サブドレーン)</p> 	○	△	×	<p>原子炉建物</p> 	<p>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。</p>
<p>既設 (集水管)</p> 		<p>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Ssに対して損傷しないと判断しているが、仮に損傷したものとして評価する。</p> <p>• 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。</p>	<p>碎石(5mm)</p> 		
<p>新設する場合 (例)</p>	○	○	○	<p>原子炉建物</p> 	<p>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。</p>

集水機能の信頼性向上に係る検討(5/6)

- 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2-3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いる。

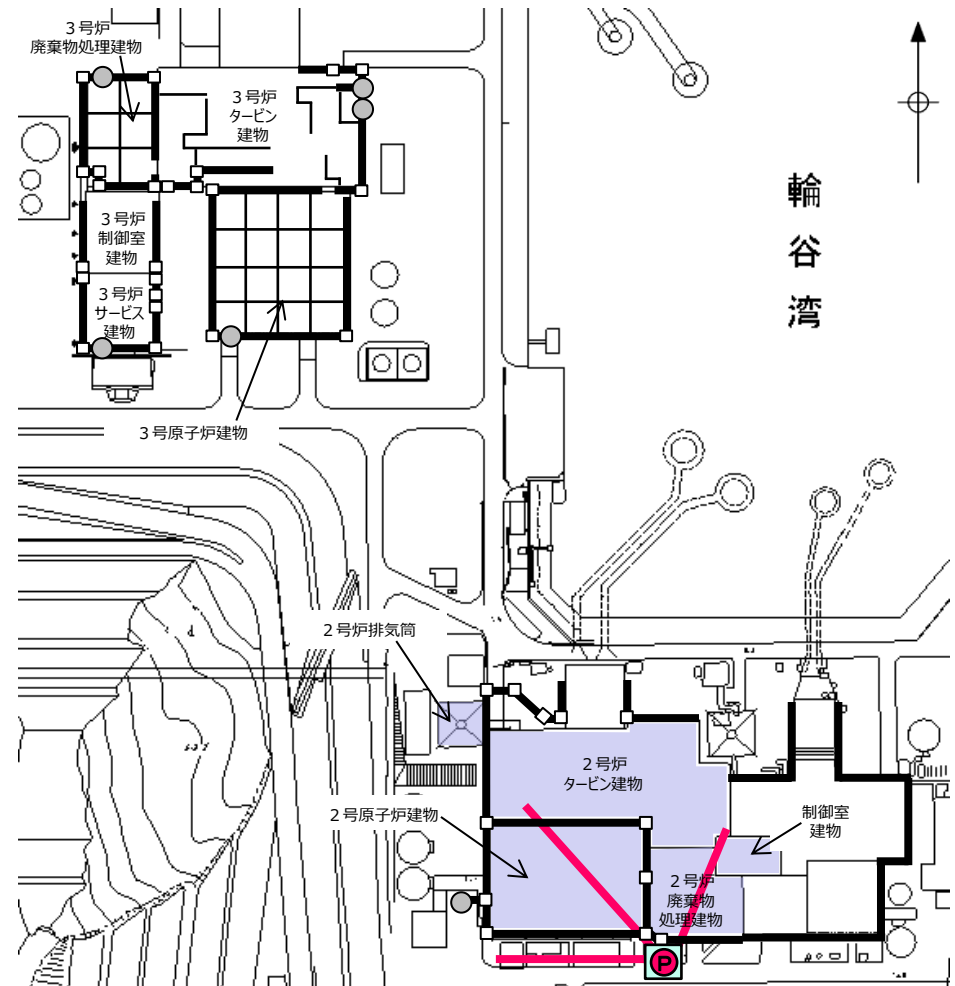
添付2-3表 既設のドレーンの波及影響の整理

	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 に対して損傷しないと判断しているが、仮に損傷したとしても管径が小さいため、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 に対して損傷しないと判断しているが、仮に損傷したとしても管径が小さいため、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 に対して損傷しないと判断しているが、仮に損傷したとしても管径が小さいため、他の施設に波及影響を与えることはない。

※接続枓を含む

集水機能の信頼性向上に係る検討(6/6)

- 添付2-1図に示す集水機能の検討フローに基づく地下水水位低下設備の設定例を添付2-3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。



凡例

- 集水管・接続柵・サブドレーンピット
(機能に期待しない地下水水位低下設備(既設)※)
- 建物・構築物 (揚圧力影響)



揚水井戸・揚水ポンプ

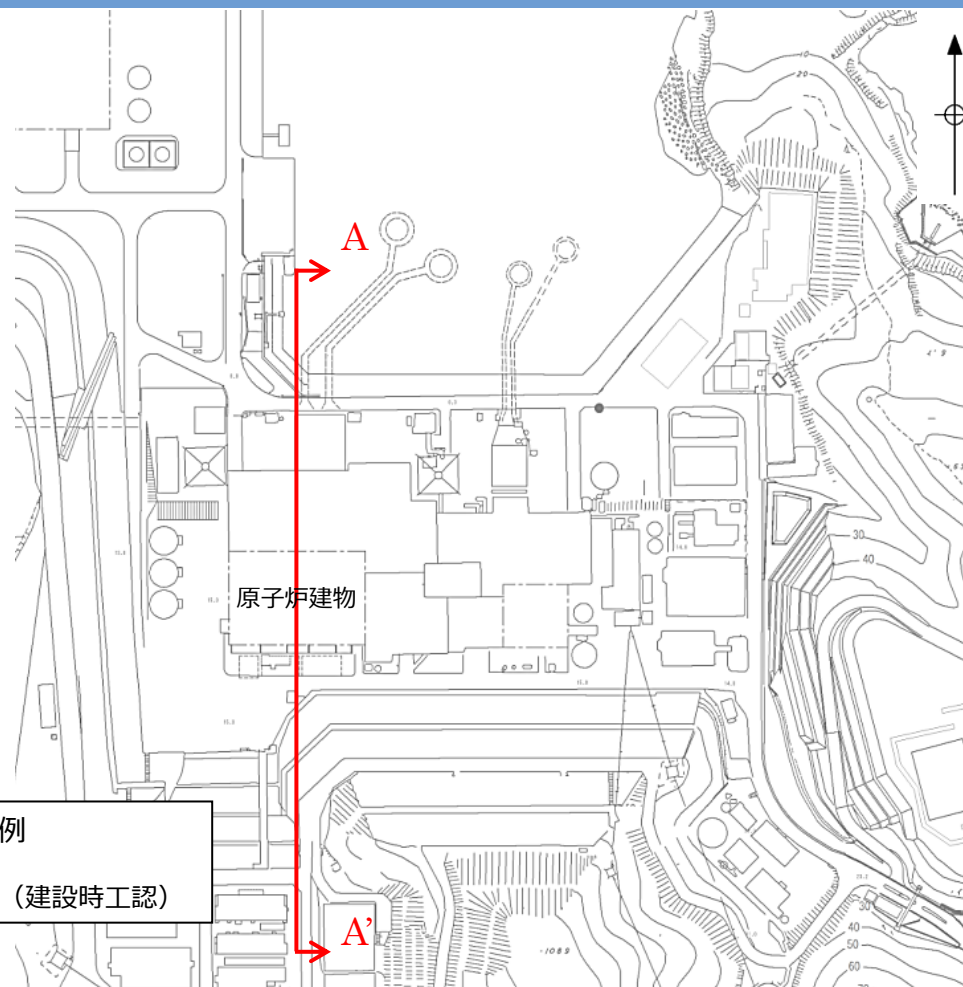
ドレーン

※ 2号原子炉建物直下のサブドレーンについても、同様の理由で期待しない

添付2-3図 地下水水位低下設備の設定例

(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。
 - 地下水位低下設備（既設）の設計に使用する湧水量
 - 建物の設計に使用する揚圧力
 - 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(添付3-1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。



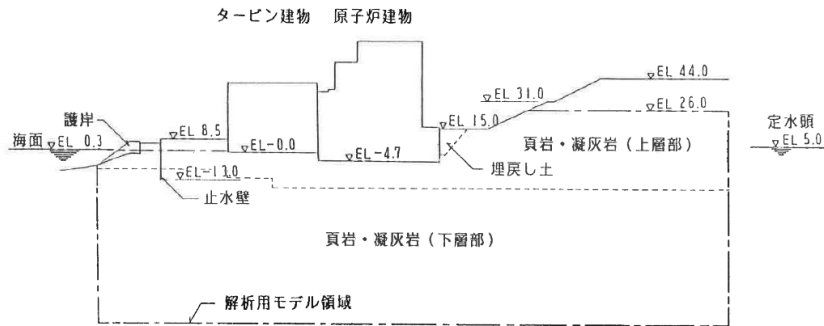
添付3-1図 浸透流解析断面位置※

※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

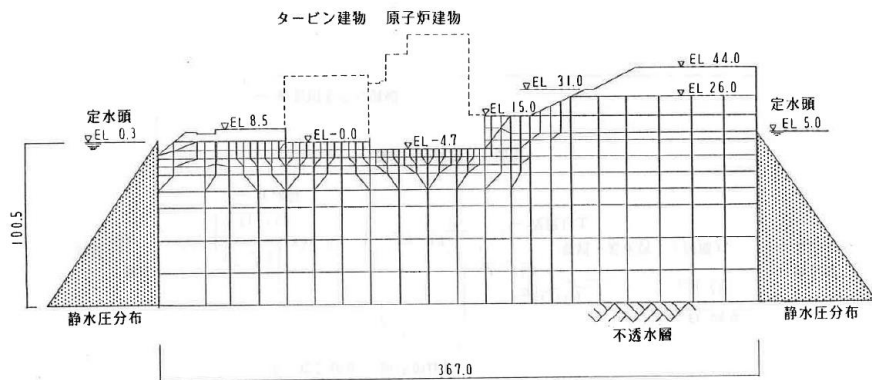
添付資料3 建設時工認段階の浸透流解析結果

(2)解析条件 (境界条件, 透水係数)

- 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。
- 浸透流解析に用いた透水係数を添付3-1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。



添付3-2図 建物周辺地盤断面図(A-A'断面)



添付3-3図 浸透流解析用モデル図(A-A'断面)

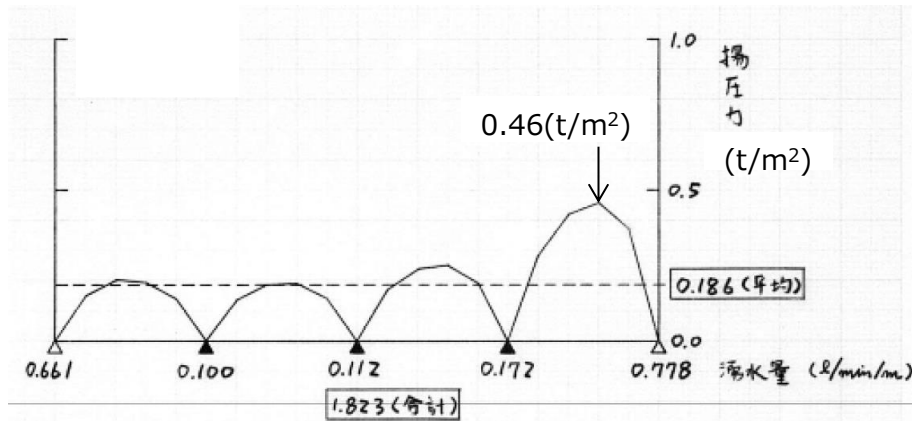
添付3-1表 建設時工認の透水係数

(単位: cm/sec)

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

(3)解析結果 (原子炉建物の揚圧力と湧水量)

- 原子炉建物における揚圧力分布を添付3-4図に示し、設計値との比較結果を添付3-2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。



添付3-4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)

添付3-2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

添付資料3 建設時工認段階の浸透流解析結果

(参考) 解析条件 (透水係数)

- 今回、浸透流解析を実施するにあたり、透水試験等に基づき地盤の透水係数を設定している（詳細については添付資料10参照）。
- 再現解析結果から、透水係数を含めた解析モデル全体の妥当性を確認した。

添付3-3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}

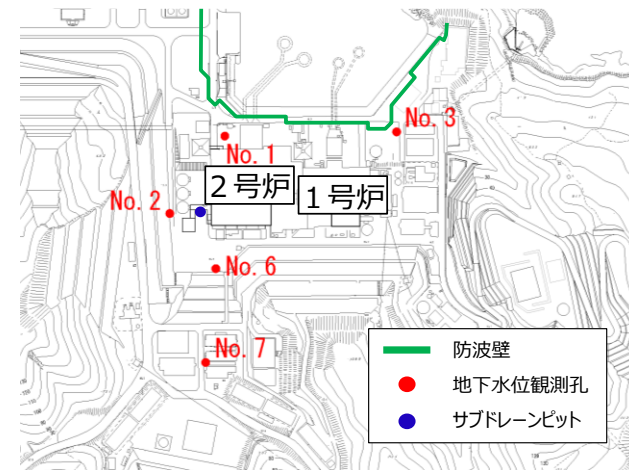
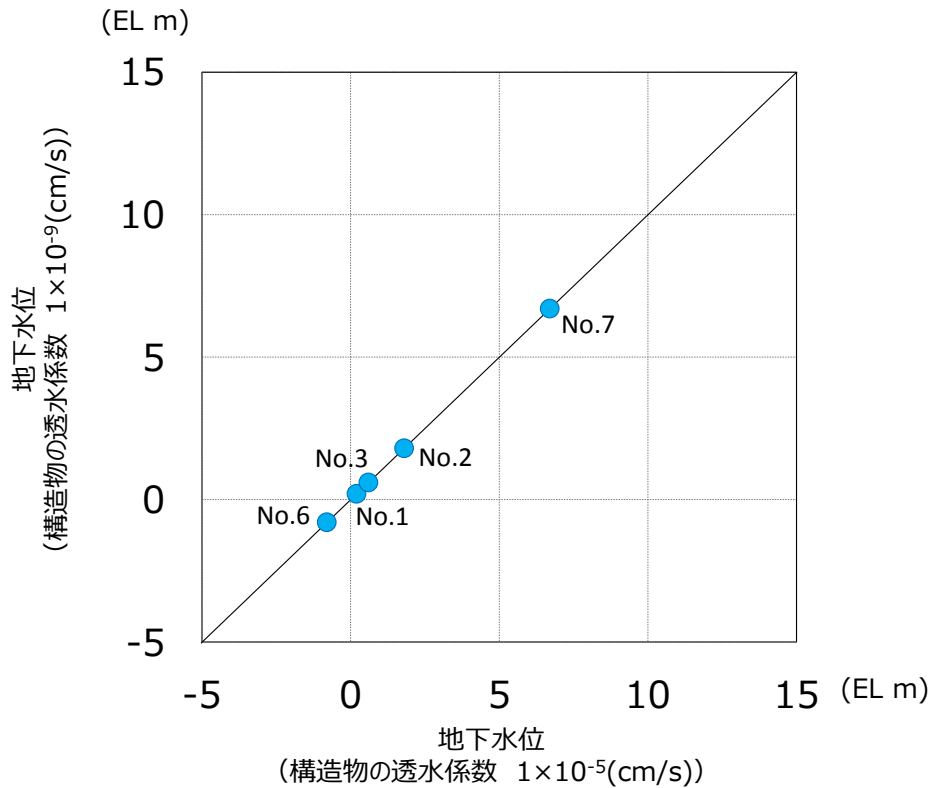
添付3-4表 地下水位の設定に係る透水係数

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}

添付資料3 建設時工認段階の浸透流解析結果

(参考) 解析条件 (透水係数)

- 構造物の透水係数の違いによる浸透流解析結果への影響について、再現解析における構造物の透水係数より十分低い $1 \times 10^{-9}(\text{cm/s})$ により確認した。
- 添付3-5図に示す通り、構造物の透水係数として $1 \times 10^{-5}(\text{cm/s})$ 以下の値を設定することで、浸透流解析結果に影響がないことを確認した。



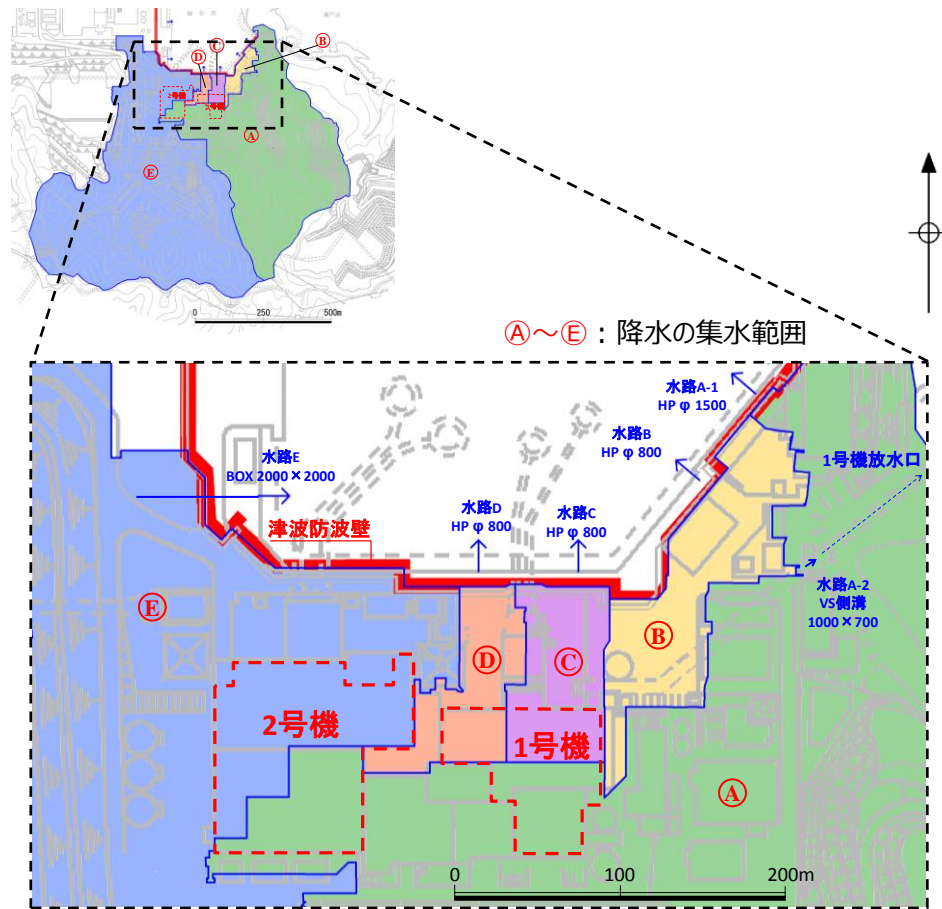
添付3-6図 観測孔位置

添付3-5図 透水係数の違いによる
浸透流解析結果への影響 (地下水位)

添付資料4

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添付4-1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。
- 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。



添付4-1図 発電所敷地内の集水エリア

添付4-1表 幹線排水路の仕様と排水能力
(降雨強度77.9mm/h)

流域	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	5.40	φ1500管	6.23	1.49
A-2		VS側溝 B=1000,H=700	1.84	
B	0.22	φ800管	2.41	10.95
C	0.12	φ800管	2.41	20.08
D	0.11	φ800管	2.41	21.91
E	7.58	BOX2000×2000	16.44	2.17

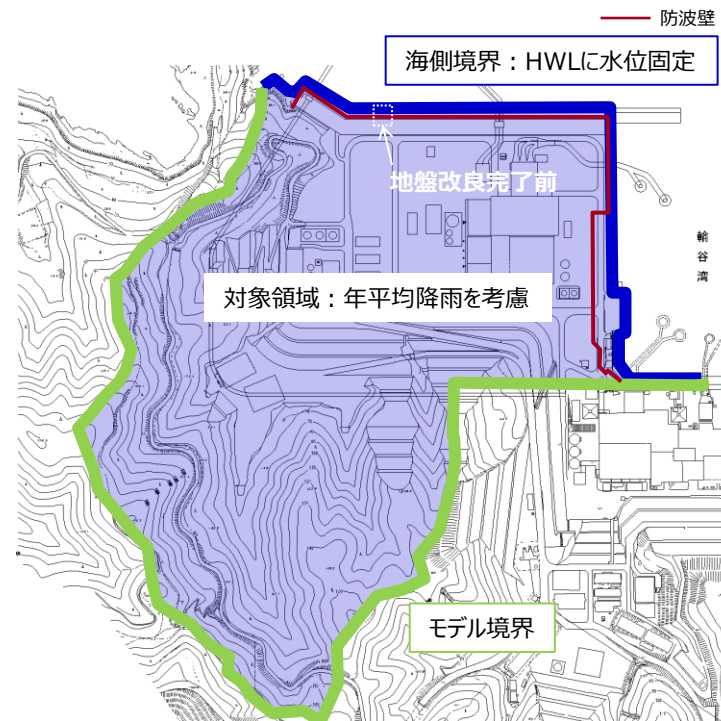
(1)解析条件等

第850回審査会合 資料1-1 P.62 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

- 目的
 - ・防波壁周辺の地盤改良完了後において、保的に地下水位低下設備（既設）の機能に期待しない浸透流解析（予測解析）を実施し、現状と将来の地下水位の変化について確認を行う。
- 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。また、領域内の構造物、地下水位低下設備（既設）をモデル化する。
- 透水係数
 - ・透水係数は、添付5-1表に示すとおり、透水試験の結果等に基づき設定する。
- 解析条件
 - ・解析条件として、降雨条件は島根原子力発電所における観測降雨とし、海域はH.W.L.に静水圧固定境界とする。

添付5-1表 浸透流解析に係る透水係数設定値一覧

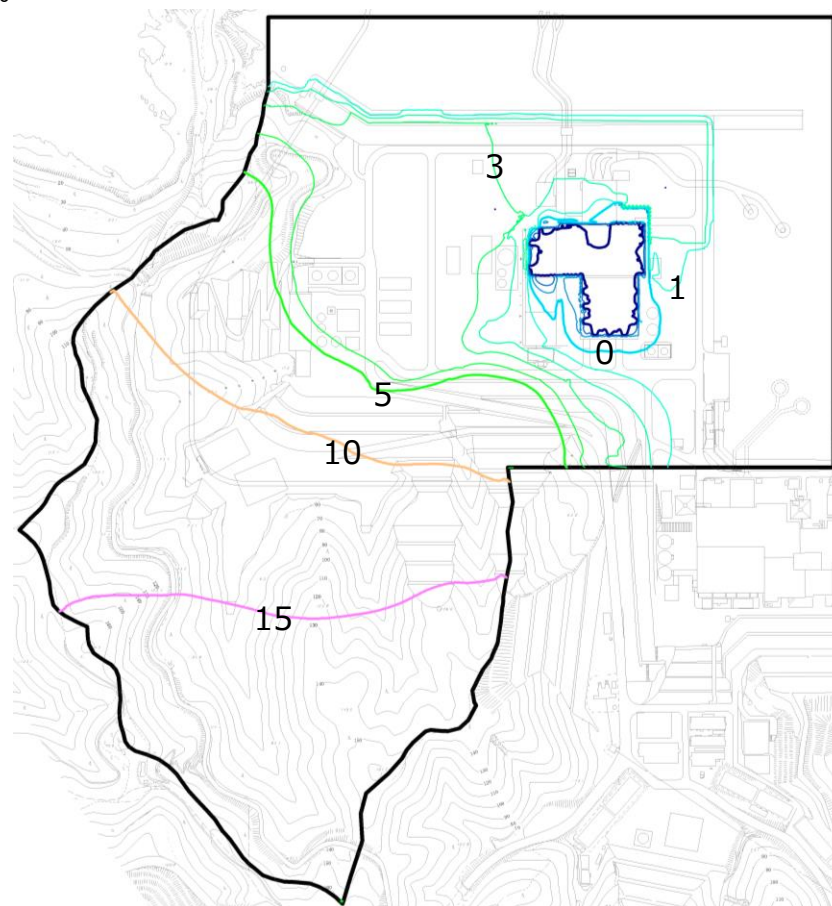
区分	透水係数 (cm/s)
C _H 級	5×10^{-5}
C _M 級	6×10^{-4}
C _L 級	1×10^{-3}
D級	2×10^{-3}
砂礫層	4×10^{-3}
埋戻土（掘削ズリ）	2×10^{-1}
構造物，改良地盤	1×10^{-5}



添付5-1図 三次元浸透流解析の範囲等

(2)定常状態 (地盤改良完了前)

- 3号炉北側の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添付5-2図に示す。
- 解析領域境界より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号炉北側の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。この傾向は、以下の解析結果においても確認された。

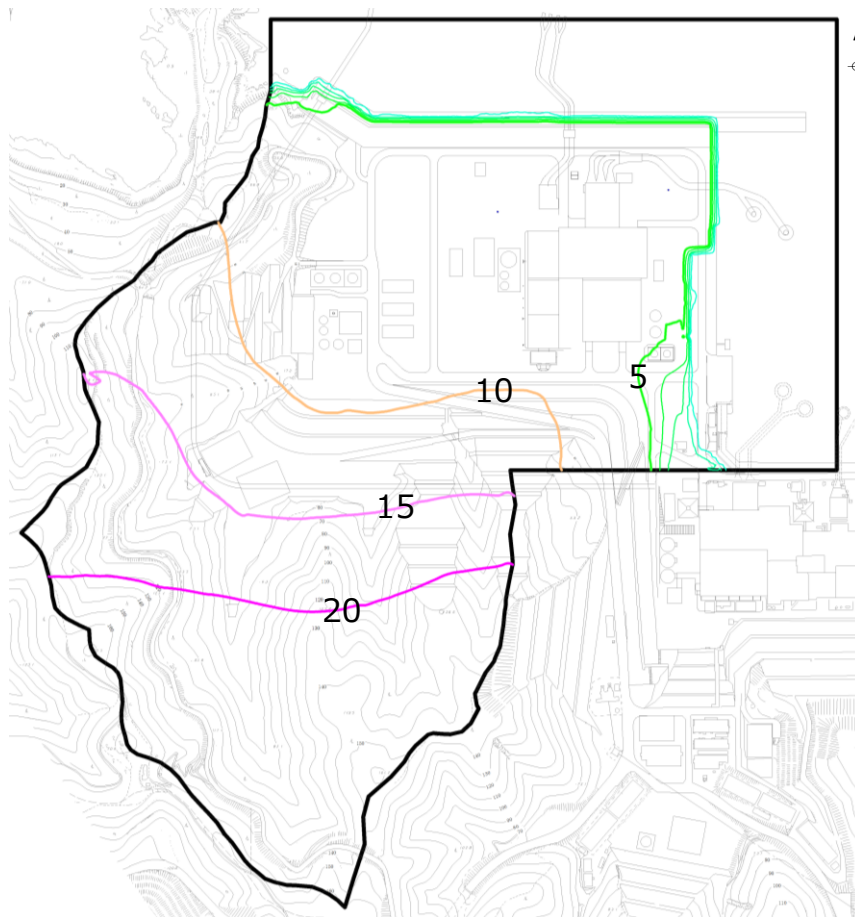


添付5-2図 三次元浸透流解析結果(定常状態・地盤改良完了前)

(3)定常状態 (地盤改良完了後)

第850回審査会合 資料1-1 P.64 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

- 3号炉北側の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添付5-3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。



添付5-3図 三次元浸透流解析結果(定常状態・地盤改良完了後)

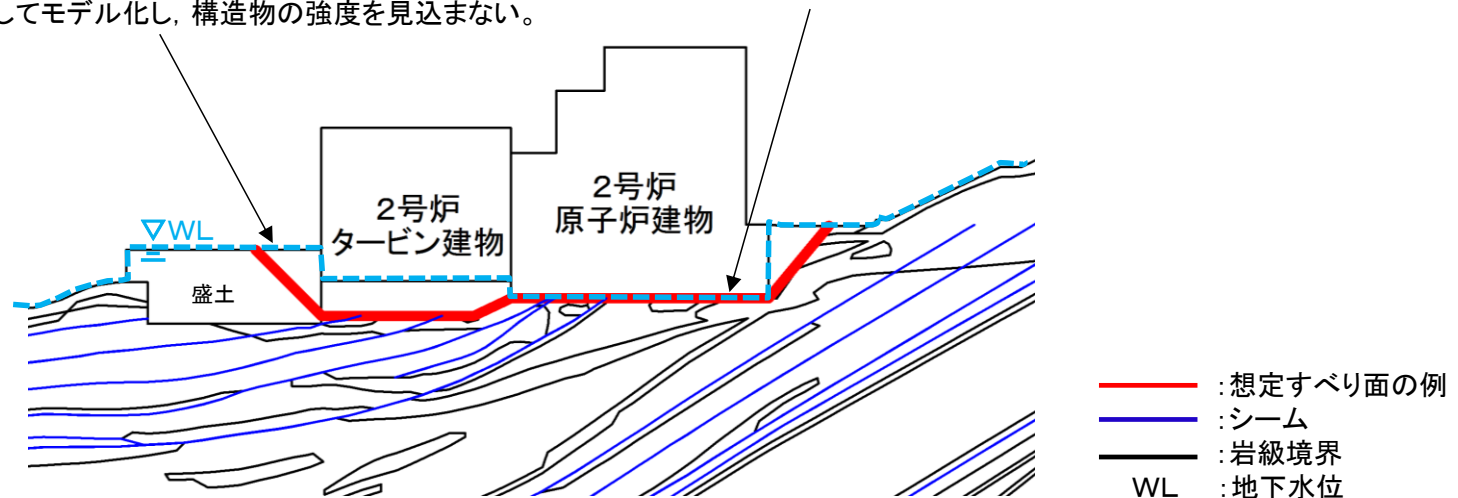
添付資料6 基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方

地下水位の設定

- 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。

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する。
取水槽等は盛土としてモデル化し、構造物の強度を見込まない。

原子炉建物及びタービン建物の地下水位は、建物基礎上面とする。



添付6-1図 基礎地盤安定性評価における地下水位設定イメージ

添付資料7 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した。
- 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3章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。

添付7-1表 設置許可基準規則における耐震重要度分類の考え方

耐震クラス	定義	対象とする施設の例	該当
S	地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいもの	<ul style="list-style-type: none"> ・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	—	○

(2)安全機能の重要度分類(1/5)

- 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って、次に掲げるものをいう。

イ その機能の喪失により発電用原子炉施設に運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生し、これにより公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがある機能

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

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、設備の位置付けについての観点から発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（以下「重要度分類指針」という。）に基づく整理を行った。
 - 地下水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付けを確認した結果、以降に示すとおり、安全機能を有する構築物、系統及び機器に該当しないことを確認した。

添付資料7 現行の重要度分類上の位置付けの整理

(2)安全機能の重要度分類(2/5)

■ 重要度分類指針に基づく整理

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。(添付7-2表)

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。

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。

添付7-2表 安全上の機能別重要度分類

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

(2)安全機能の重要度分類(3/5)

- 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添付7-3表～5表に示す。

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

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

(2)安全機能の重要度分類(4/5)

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

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

(2)安全機能の重要度分類(5/5)

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

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

新設揚水井戸・ドレーンの構造・配置及び施工例

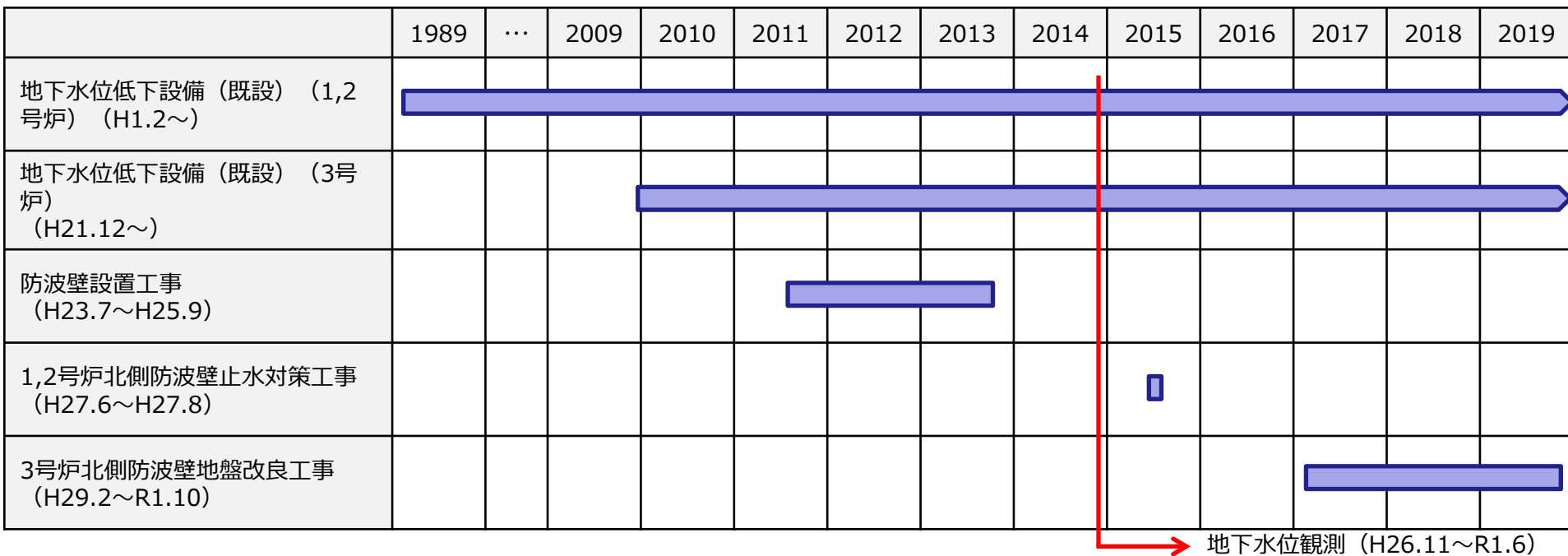
- 新設するドレーンは添付資料2に示すフローに基づき、**信頼性**（耐久性，耐震性及び保守管理性）を満足する設計とする。また，新設する揚水井戸については，ドレーンの点検性への配慮として，揚水井戸とドレーンの取り合い部へのアクセスが容易であり，十分な作業空間を確保するよう設計する。
- 2号原子炉建物周辺に揚水井戸を新設するが，南東側に設置する場合を例とした配置，構造イメージ及び施工手順を添付8-1図に示す。
- なお，揚水井戸及びドレーンの配置及び構造については，詳細設計段階で確定する。

施工手順 (案)	<p>①立坑掘削・土留め工</p> <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 	<p>②排水ドレーン工</p> <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 	<p>③揚水井戸躯体構築 他</p> <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
配置図 (案)	<p>立坑掘削・土留め工</p>	<p>排水ドレーン工</p>	<p>揚水井戸躯体構築 他</p>
構造イメージ	<p>立坑掘削・土留め工</p>	<p>排水ドレーン工 ・水平ボーリングによる穿孔 ・ドレーン材の設置</p>	<p>昇降設備設置 揚水井戸躯体構築 埋戻し 揚水ポンプ設置</p>

添付8-1図 新設揚水井戸・ドレーンの構造・配置及び施工例

地下水位に影響を及ぼす要因

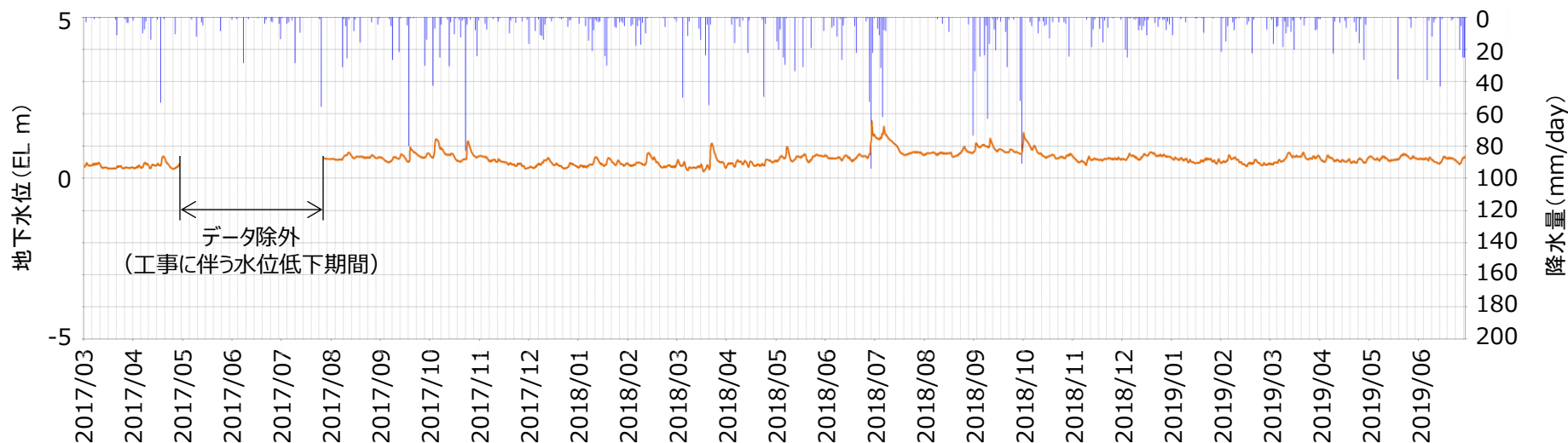
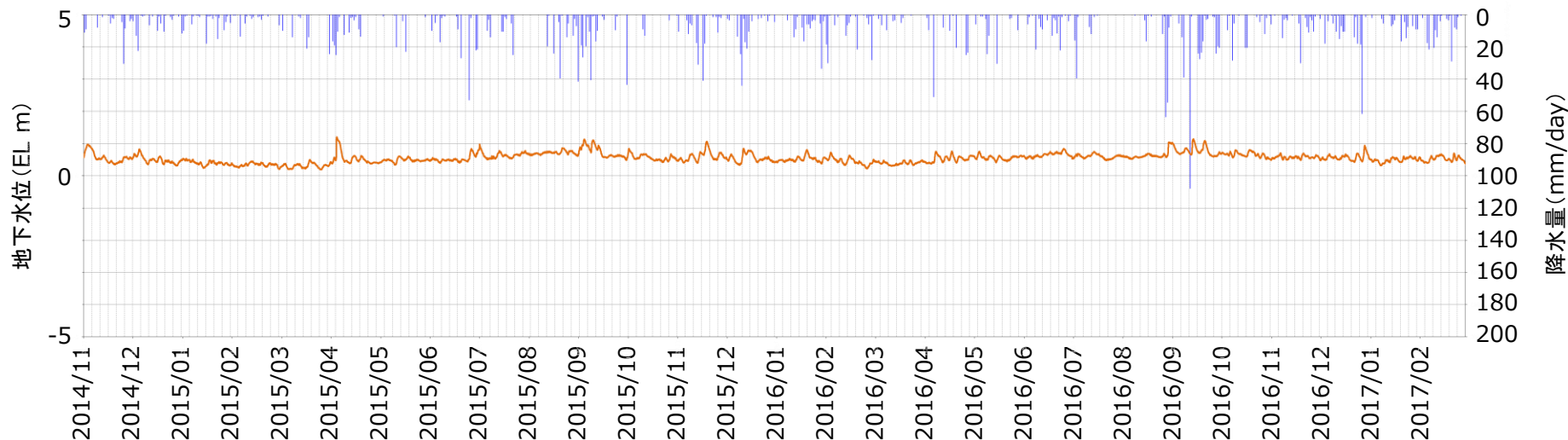
- 敷地内の地下水位に影響を及ぼすと考えられる要因及び事象について、下表のとおり影響時期を整理した。また、地下水位観測記録を踏まえた考察を行った。
- 地下水位については、H26.11から連続観測しており、この観測記録（H26.11～R1.6）に基づき、支持地盤及び周辺地盤の改良が敷地の地下水位に与える影響について、下記のとおり考察する。なお、防波壁近傍及び2号炉建物廻りの地下水位観測記録を次頁以降に示す。
 - ・ 観測記録 No.3より、1, 2号炉北側防波壁周辺の止水対策の前後において地下水位の上昇は見られないが、降雨後の地下水位上昇量が小さくなる傾向が確認された。
 - ・ 観測記録 No.5より、3号炉北側防波壁周辺の地盤改良に伴い地下水位が徐々に上昇するが、上昇量は僅かである。また、3次元浸透流解析の結果から、保守的に3号炉周辺の地下水位低下設備（既設）が稼働しない場合においても、EL+5m程度に落ち着くと考えられるため、地盤改良の影響は軽微であるといえる。



添付9-1図 敷地内の地下水位に影響を及ぼすと考えられる要因の時系列整理

【参考】地下水位観測記録 No.1

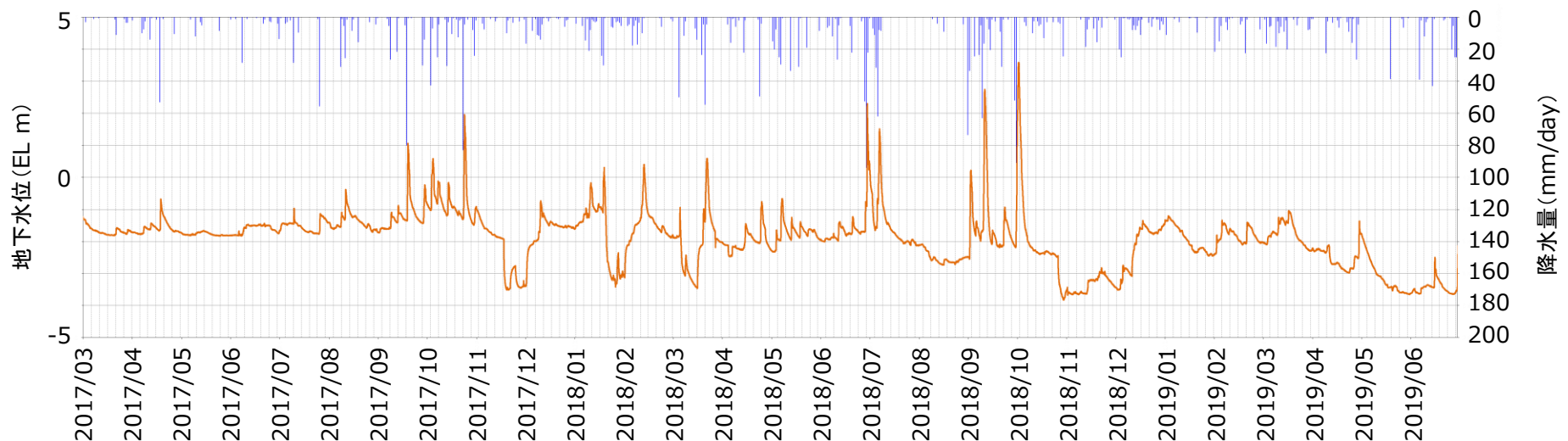
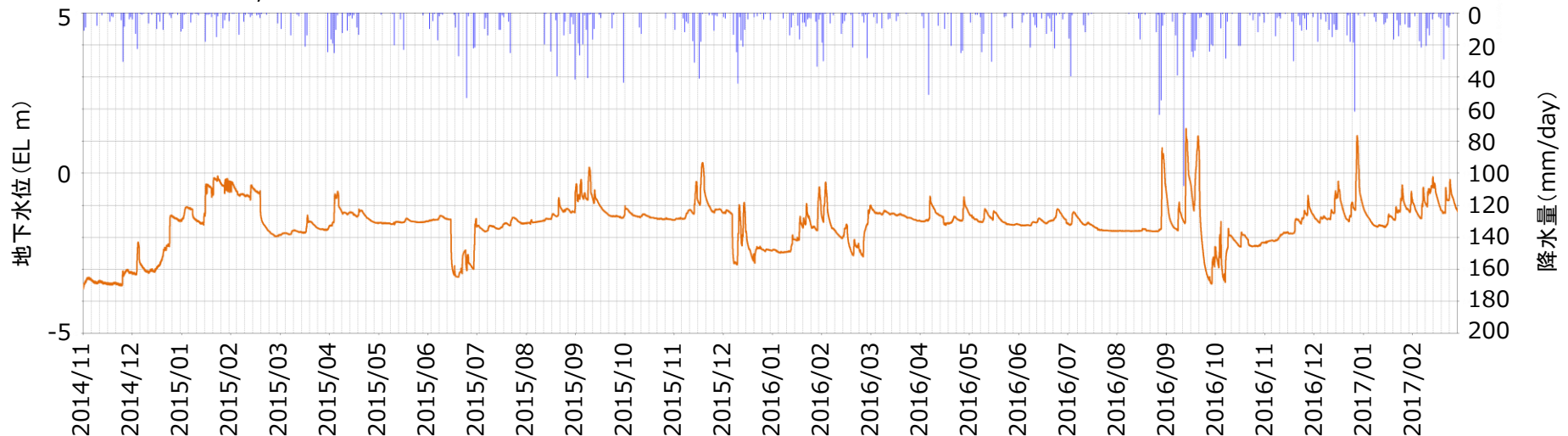
- 2号炉取水槽西側観測孔 (No.1) の記録を示す。
- 降雨等に伴い、地下水位の上昇が認められるものの、大きな変動は確認されず、概ねEL0~+1mの間を推移している。



【参考】地下水位観測記録 No.2

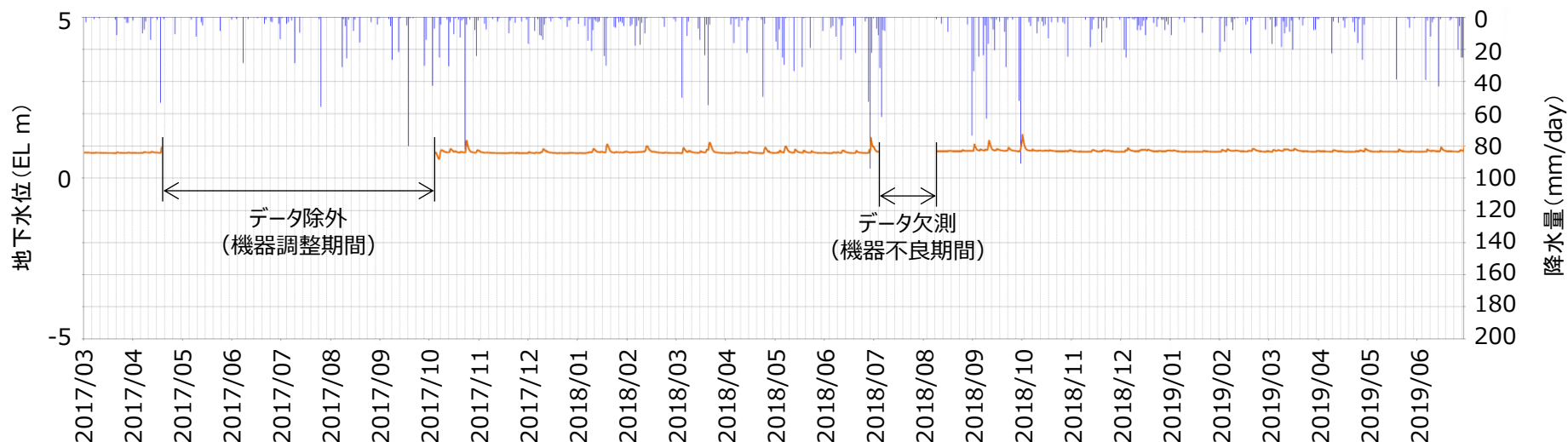
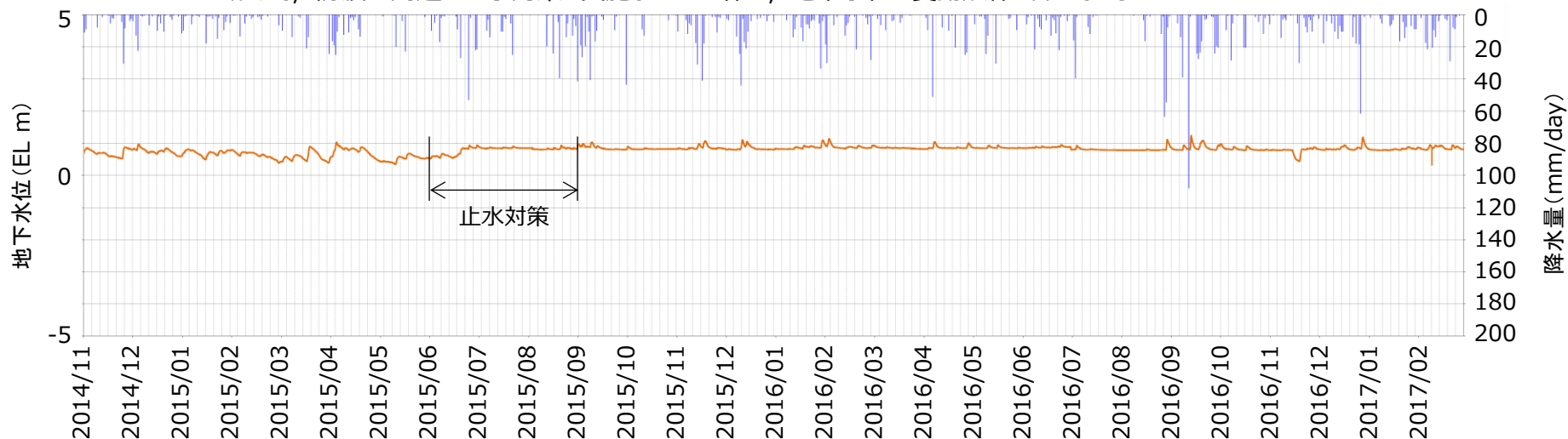
第850回審査会合
資料1-1 P.75 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

- 2号炉原子炉建物西側観測孔（No.2）の記録を示す。
- 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。
- 一部の降雨時を除くと、地下水位はEL0mを超えない範囲を推移している。



【参考】地下水位観測記録 No.3

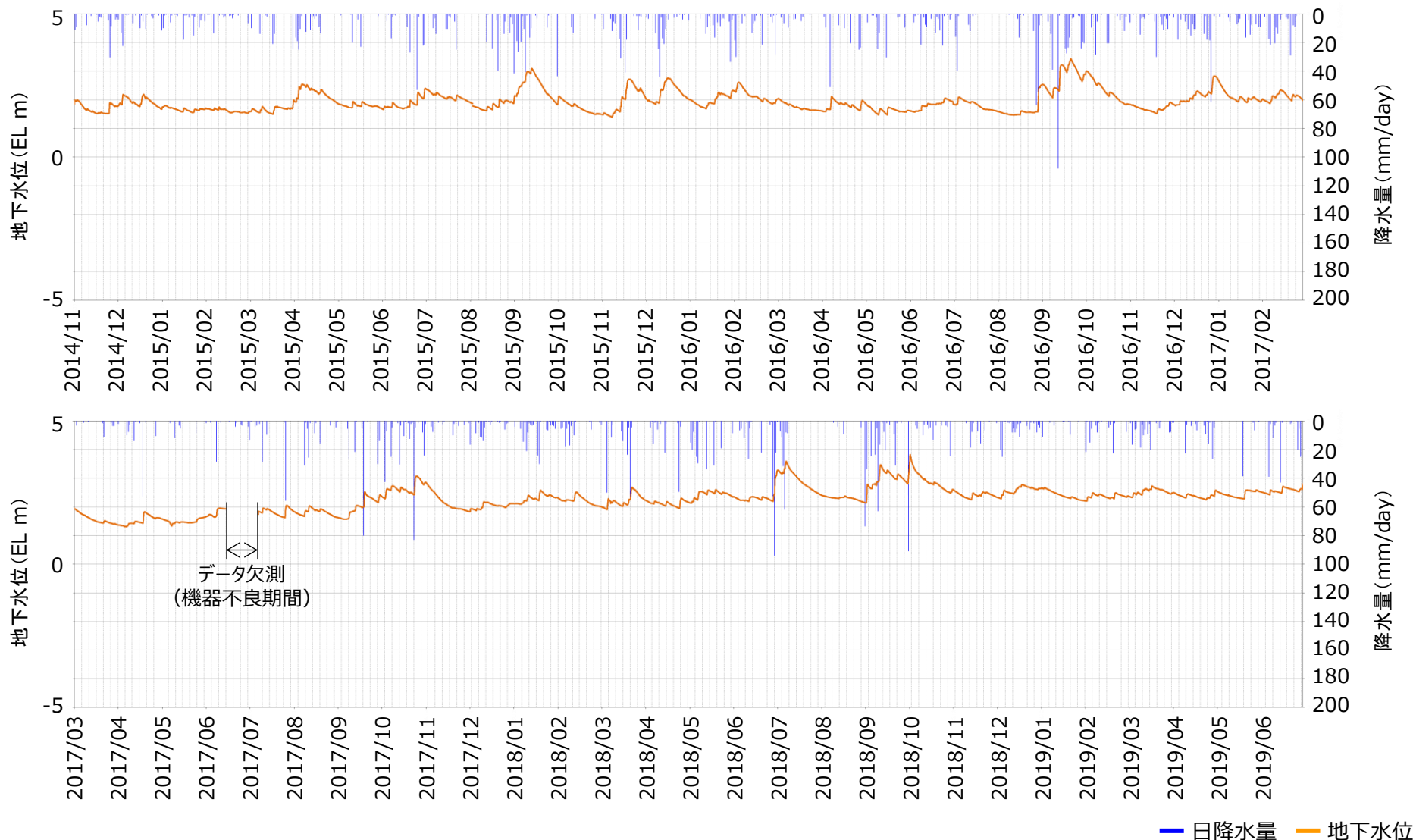
- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）南側観測孔（No.3）の記録を示す。
- 降雨等に伴い、地下水位の上昇が認められるものの、大きな変動は確認されず、概ねEL0～+1mの間を推移している。
- H27.6～H27.8にかけて、防波壁周辺の止水対策を実施したことに伴い、地下水位の変動が落ち着いている。



【参考】地下水位観測記録 No.4

第850回審査会合
資料1-1 P.77 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

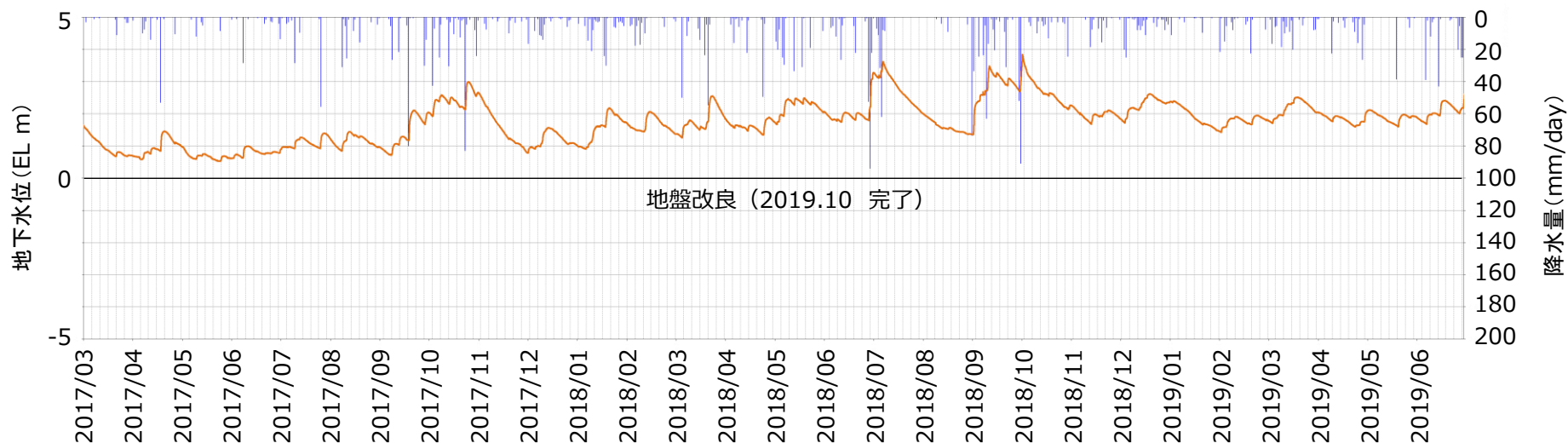
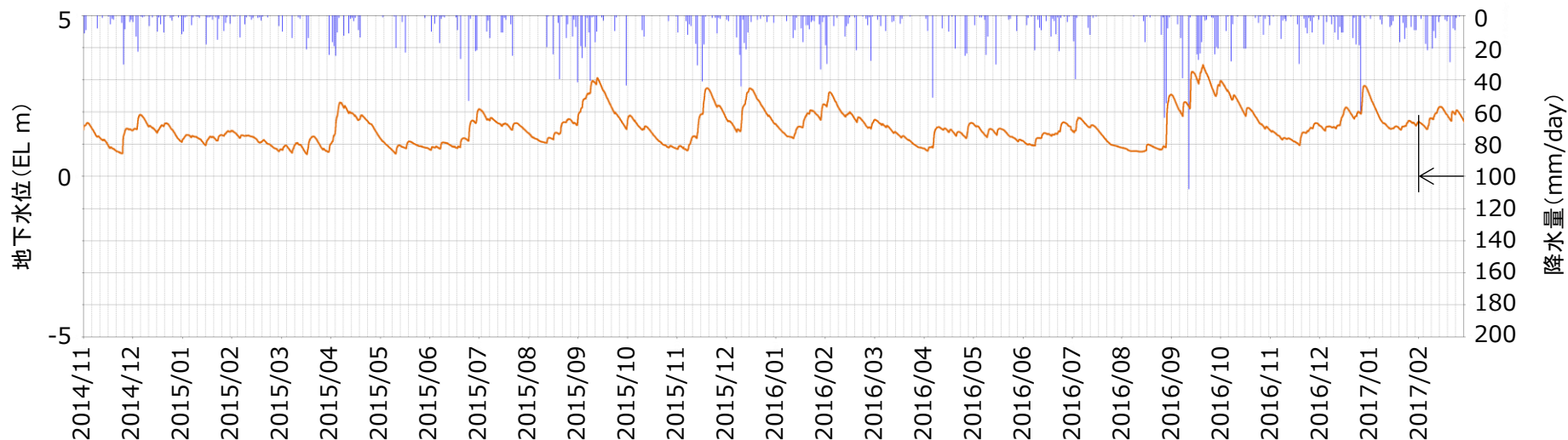
- 3号炉タービン建物北東観測孔 (No.4) の記録を示す。
- 既設のサブドレーンピット近傍の観測孔 (No.2, No.6) と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向がある。



【参考】地下水位観測記録 No.5

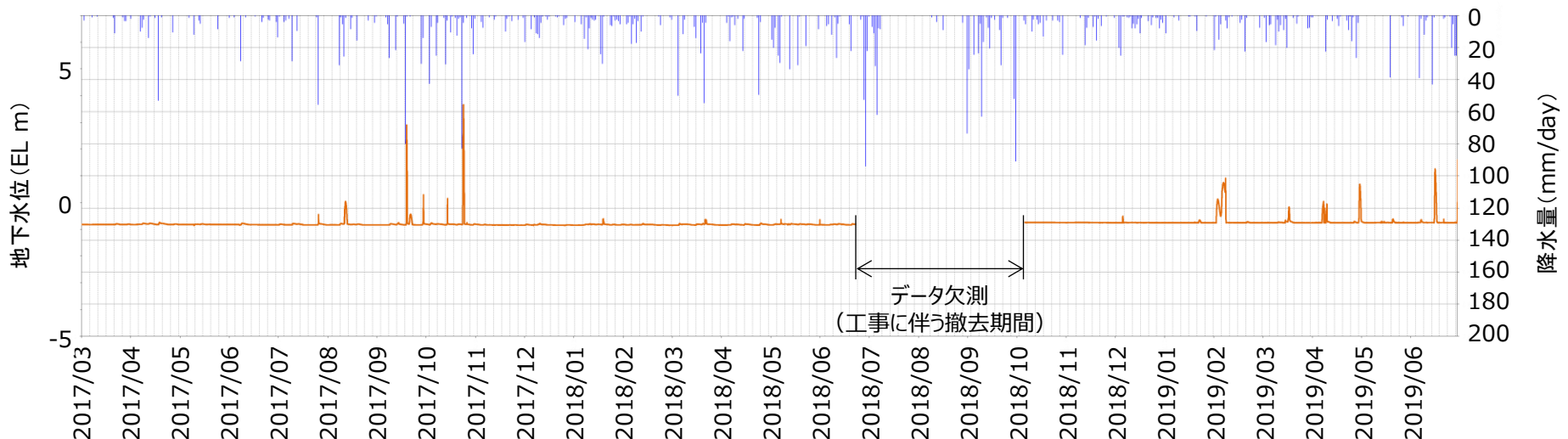
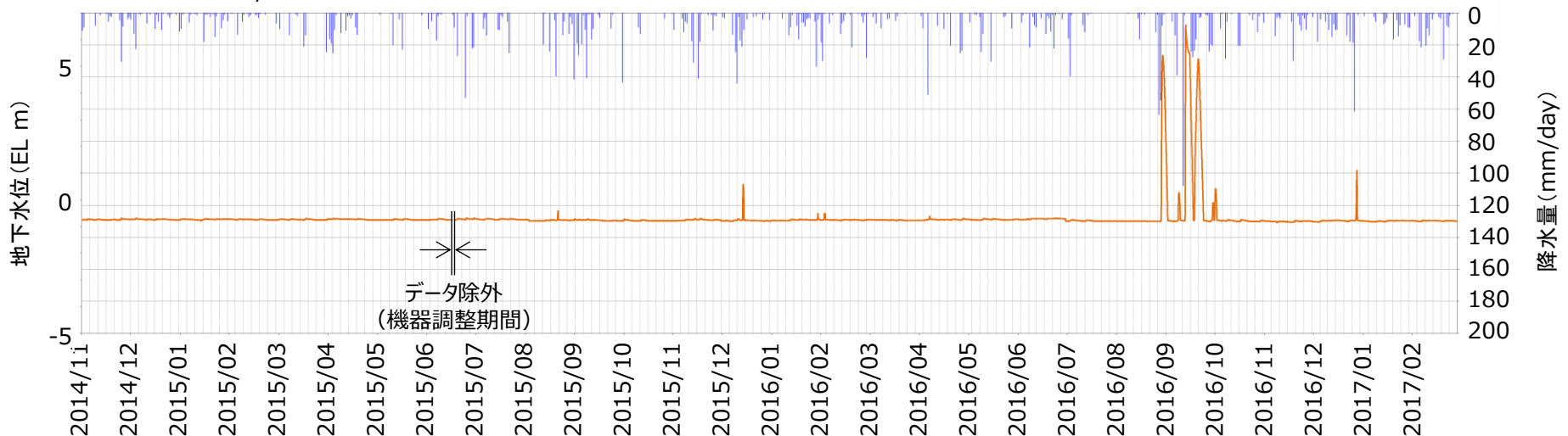
第85回審査会合
資料1-1 P.78 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

- 3号炉廃棄物処理建物北西観測孔 (No.5) の記録を示す。
- 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。



【参考】地下水位観測記録 No.6

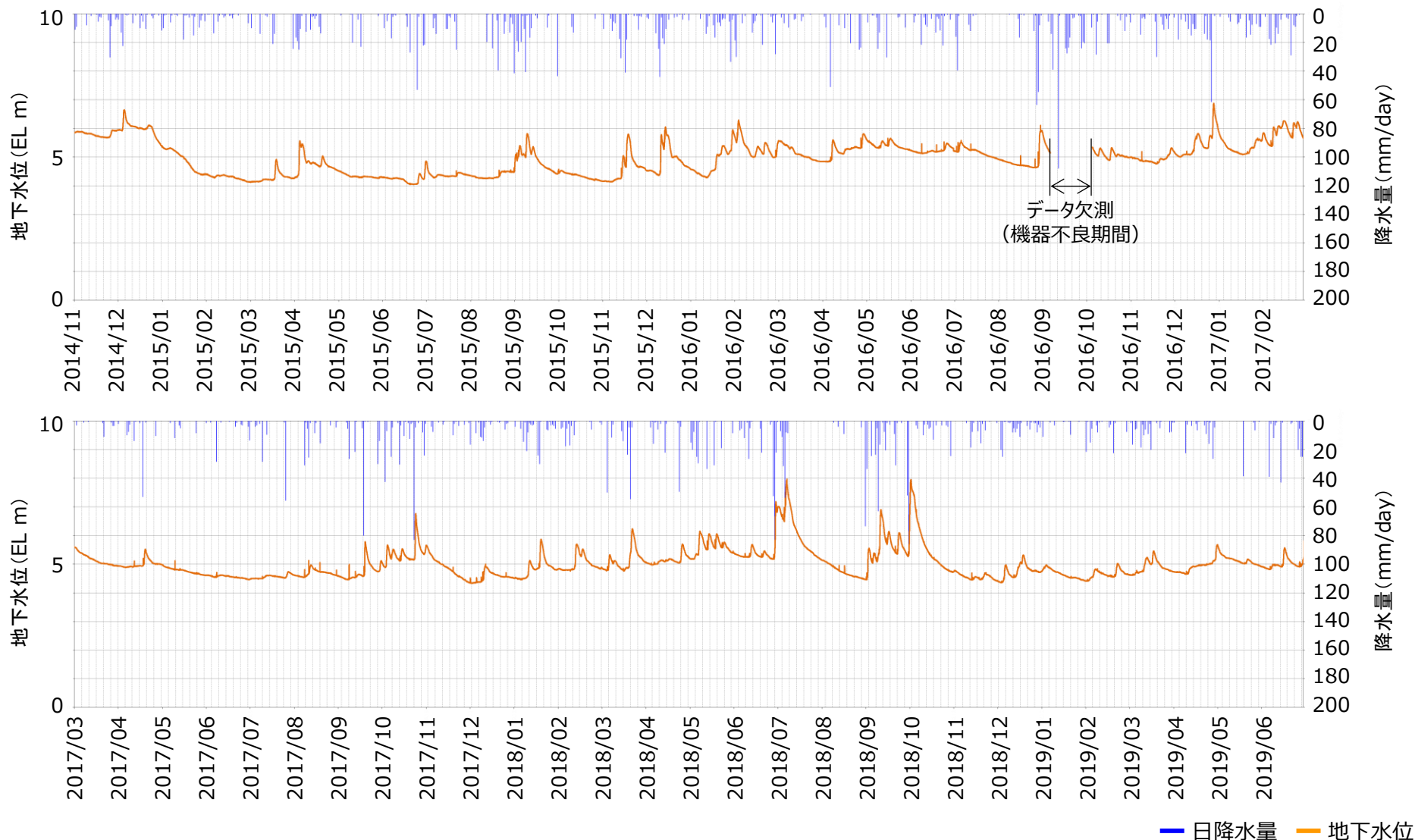
- 2号炉原子炉建物南側観測孔 (No.6) の記録を示す。
- 観測孔近傍に設置されている地下水位低下設備 (既設) の機能により、他の観測孔と比較して降雨等に伴う地下水位上昇後の低下が早い傾向がある。
- 一部の降雨時を除くと、EL-1~0mの間を推移している。



【参考】地下水位観測記録 No.7

第850回審査会合
資料1-1 P.80 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

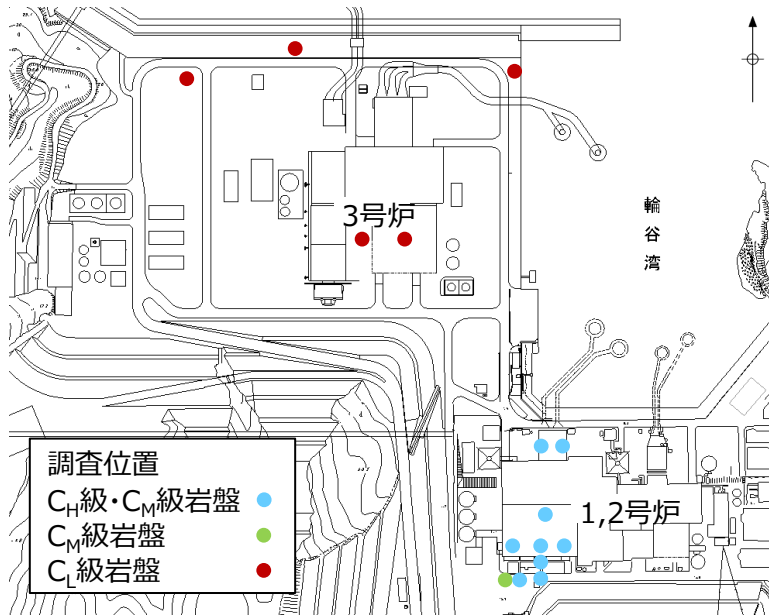
- ガスタービン発電機建物北側観測孔 (No.7) の記録を示す。
- 既設のサブドレーンピット近傍の観測孔 (No.2, No.6) と比較して、降雨等による水位上昇後、緩やかに低下する傾向がある。



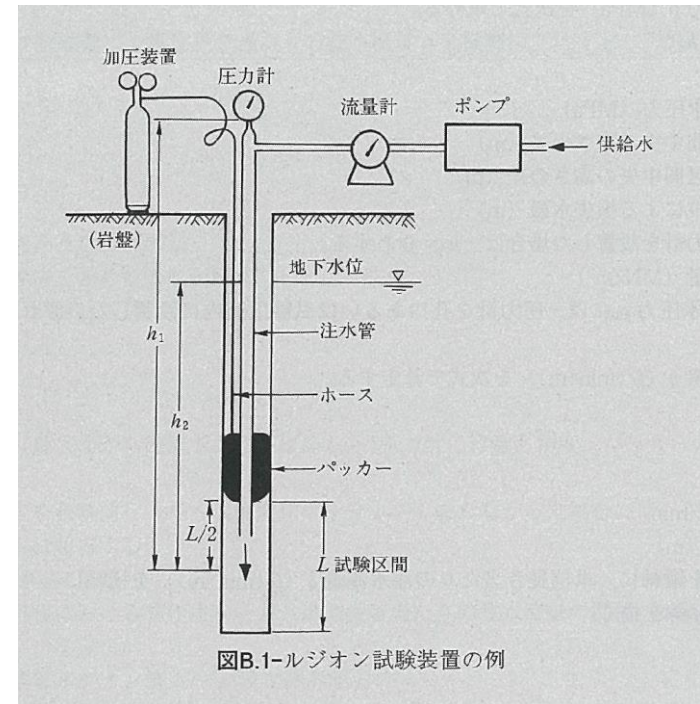
添付資料10 透水係数の妥当性確認

(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、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。



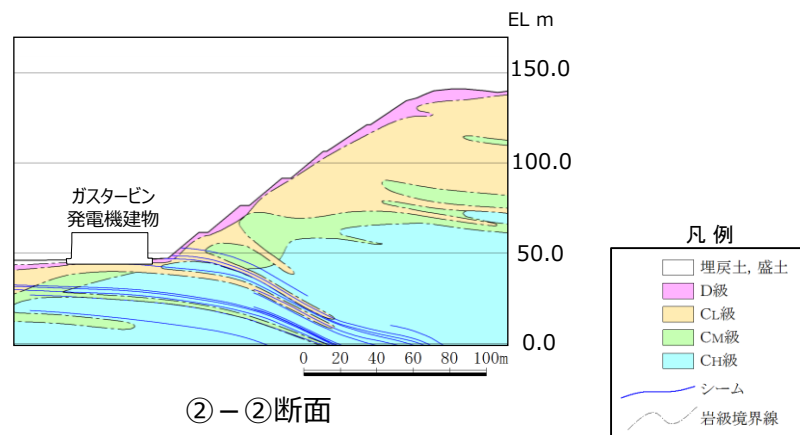
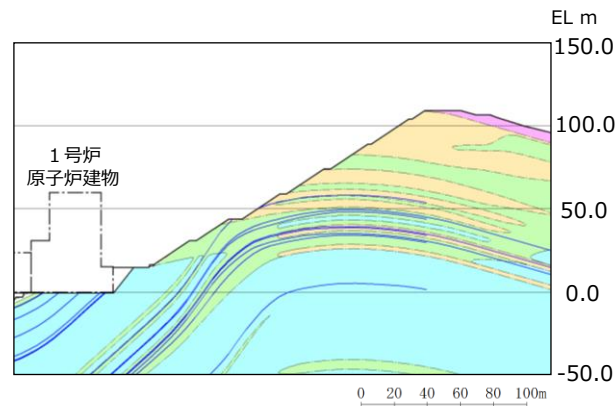
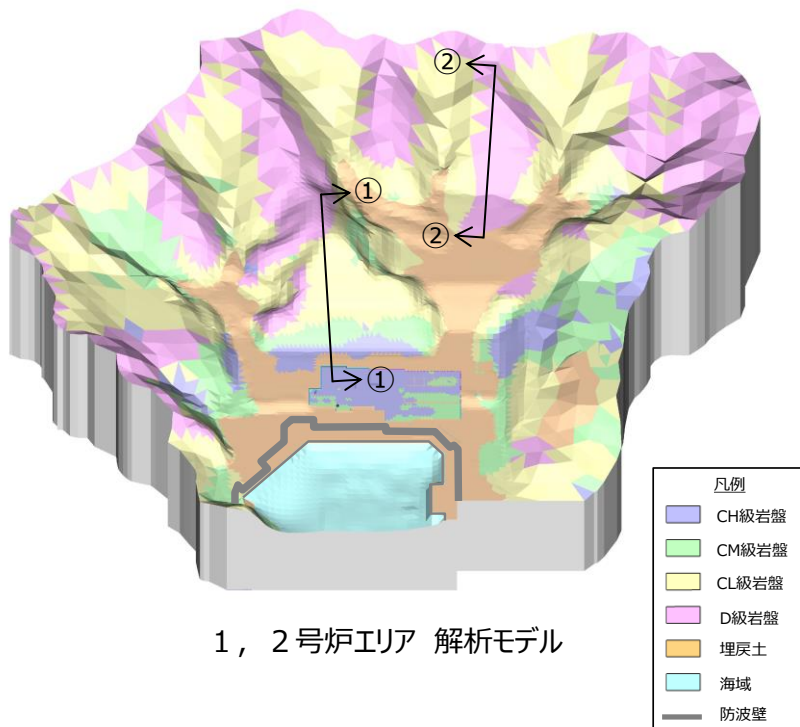
	透水係数 (cm/s)	試験方法
C _H 級	4.5×10^{-5}	ルジオン試験
C _M 級	5.6×10^{-4}	
C _L 級	1.0×10^{-3}	

添付10-1図 現場透水試験結果
(C_H級, C_M級及びC_L級岩盤)

添付10-2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(1/3)

- D級岩盤は添付 10-3 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。



添付 10-3 図 D級岩盤の分布状況

添付資料10 透水係数の妥当性確認

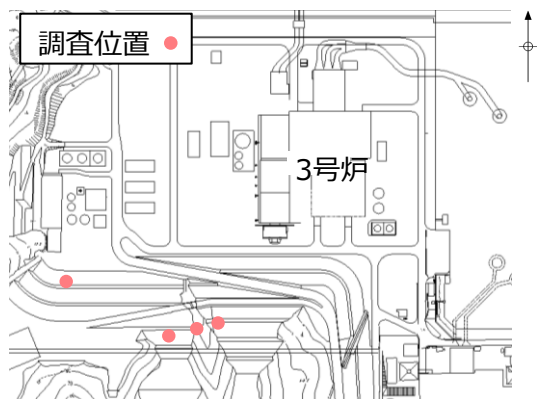
(2) D級岩盤(2/3)

- 前頁のとおり、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、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）により添付10-1表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級岩盤は添付10-2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12試料のうち割れ目が発達した黑色頁岩は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

添付10-1表 クレーガーの方法

（土質試験の方法と解説(地盤工学会, 2000)）



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

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

添付10-4図 D級岩盤の粒度試験結果

添付10-2表 代表的なD級岩盤のコア性状

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

添付資料10 透水係数の妥当性確認

(2) D級岩盤(3/3)

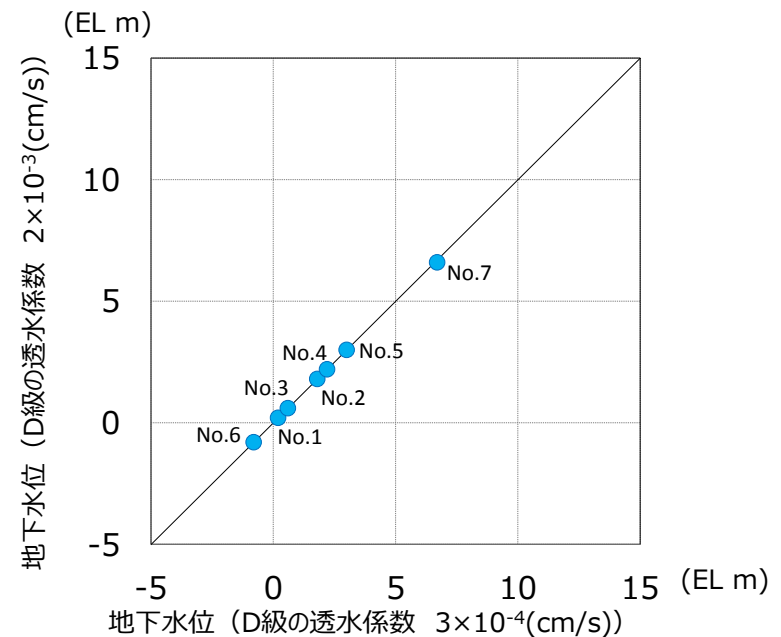
- 局所的に分布する黑色頁岩のような割れ目が発達したD級岩盤は、**粒径加積曲線から求めた20%粒径 D_{20} が0.10mmであるため**、クレーガーの方法により添付 10-4 表から推定した透水係数は $1.75 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ($\approx 2 \times 10^{-3} \text{cm/s}$)となる。D級岩盤の透水係数の違いによる地下水位への影響を確認するため浸透流解析（再現解析）を実施した結果、各観測孔位置での地下水位に大きな差異は認められなかった。
- しかしながら、揚水量が低減する傾向が認められることから、地下水位が高く算定されると判断し、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。

添付 10-3 表 D級岩盤（黑色頁岩）の透水係数

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

添付 10-4 表 クレーガーの方法
(土質試験の方法と解説(地盤工学会, 2000))

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

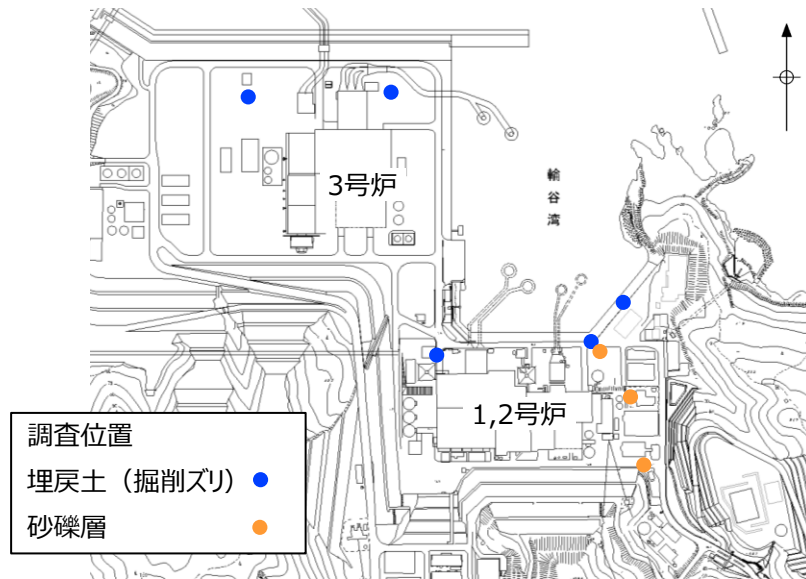


	揚水量($\text{m}^3/\text{日}$)
D級岩盤 $3 \times 10^{-4} \text{cm/s}$	858
D級岩盤 $2 \times 10^{-3} \text{cm/s}$	856

添付 10-5 図 D級岩盤の透水係数の妥当性確認（再現解析）

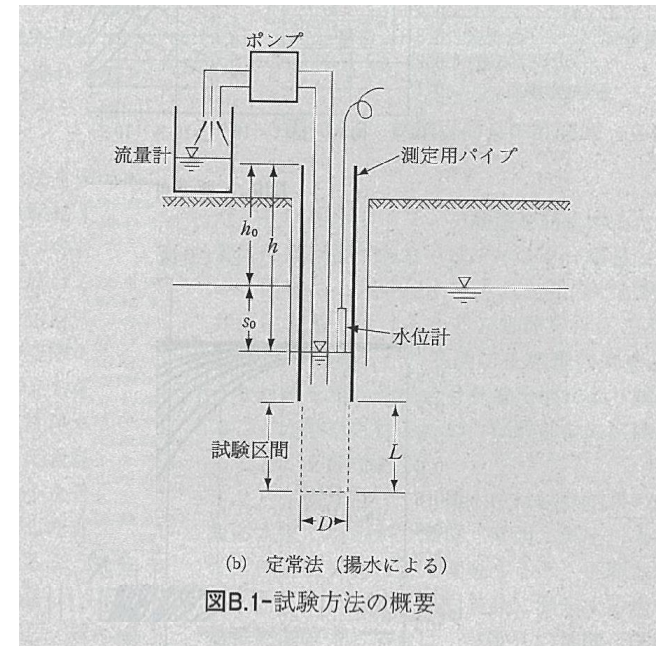
(3)埋戻土（掘削ズリ）、砂礫層

- 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}	

添付10-6図 現場透水試験結果
(埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層)



添付10-7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))