

本資料のうち、枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-1_改3
提出年月日	2020年11月18日

補足-600-1 【地盤の支持性能について】

- ・ヒアリング資料として、「3.3 敷地の地下水位分布及び耐震評価における地下水位設定方針」及び関連する参考資料にて構成しております。
- ・本文目次は、「02-補-E-19-0600-1_改2」より追加した項目を **ハッチング**表示しております。

目次

3.3 敷地の地下水位分布及び耐震評価における地下水位設定方針	1
3.3.1 敷地の地下水位分布	1
(1) 敷地の水文環境	1
(2) 観測記録	3
3.3.2 耐震評価における設計用地下水位設定方針	6
(1) 設計用地下水位の設定方針	6
(2) 設計用地下水位の設定方法	7
a. 評価手順	7
b. モデル化方針の設定	8
c. 再現解析によるモデルの妥当性の確認	13
d. 予測解析1（揚圧力・地下水位）	20
f. 予測解析2（湧水量）	28
g. 解析条件まとめ	29
h. 予測解析の検証（今後）	31
(3) 設計用地下水位の設定結果	32
a. 概要	32
b. 建物・構築物の設計用地下水位	33
c. 土木構造物の設計用地下水位	37
d. アクセスルートの設計用地下水位	68
e. 設計用地下水位の設定プロセスの妥当性と設計余裕について	69

・ 参考資料目次は、「02-補-E-19-0600-1_改2」より追加した資料をハッチング表示しております。

(参考資料)

参考資料 1-1 既設の地下水位低下設備の概要

参考資料 1-2 構内排水路について

参考資料 1-3 地下水位の観測データ

参考資料 2-1 3次元浸透流解析を用いた水位評価において参考とした文献等

参考資料 2-2 地下水位の上昇により生じる施設等への影響評価結果

参考資料 2-3 建設時工事計画認可段階に実施した浸透流解析について

参考資料 2-4 浸透流解析に用いる透水係数の設定根拠

参考資料 2-5 浸透流解析におけるドレーンの有効範囲の設定結果

参考資料 3-1 地下水位低下設備の概要

参考資料 3-2 地下水位低下設備の施工について

参考資料 3-3 地下水位低下設備の保守管理について

参考資料 4-1 地下水位低下設備の目的、機能及び位置付け

参考資料 4-2 地下水位低下設備の多重性及び独立性を確保した設計について

参考資料 4-3 地下水位低下設備の機能喪失時の措置について

参考資料 5-1 既設ドレーンの部分閉塞時の自由水面の保持について

参考資料 5-2 3次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響予測結果

参考資料 5-3 土木構造物における設計用地下水位の設定方法

参考資料 5-4 屋外の評価対象施設における液状化検討対象施設の抽出結果について

参考資料 6-1 設計用地下水位の設定プロセスの妥当性について

参考資料 6-2 降雨に対する設計用地下水位の余裕について

参考資料 7 工事計画認可段階における詳細検討を踏まえた補足事項について

3.3 敷地の地下水位分布及び耐震評価における地下水位設定方針

3.3.1 敷地の地下水位分布

(1) 敷地の水文環境

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

山側に降った雨は、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、地下水は建設時工事計画認可申請段階に主要建屋周辺に設置した地下水位低下設備（参考資料 1-1）により集水後、構内排水路（参考資料 1-2）へ排水される。

なお、今後、地下水位低下設備の新設に伴う集水範囲の変更や、防潮堤の沈下対策として実施する地盤改良等により、敷地内の地下水の流動場は従前の山から海に向かう 1 方向流れから将来的に変化すると考えられる。

敷地の水文環境の概念図を図3.3-1に、発電所周辺の小河川や尾根筋の状況を図3.3-2に示す。また、主な地表水の流れを図3.3-3に示す。

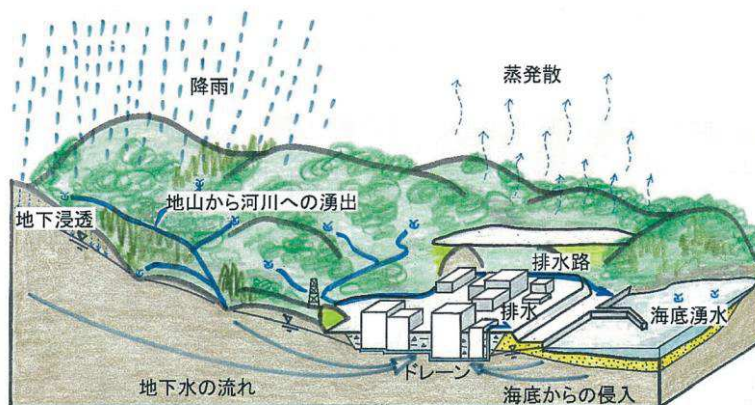


図3.3-1 敷地の水文環境の概念図



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

図3.3-2 発電所周辺の小河川・尾根筋等の分布状況



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

主な地表水の流れ

図3.3-3 発電所周辺の主な地表水の流れ

(2) 観測記録

敷地の地下水位分布を把握するため、評価対象施設近傍に地下水位観測井を設置し、地下水位の連続観測を実施した。

地下水位の観測記録^{*1}は、降雨記録と併せて、3.3.2にて詳述する設計用地下水位の設定において参照する浸透流解析モデルの検証に活用する。

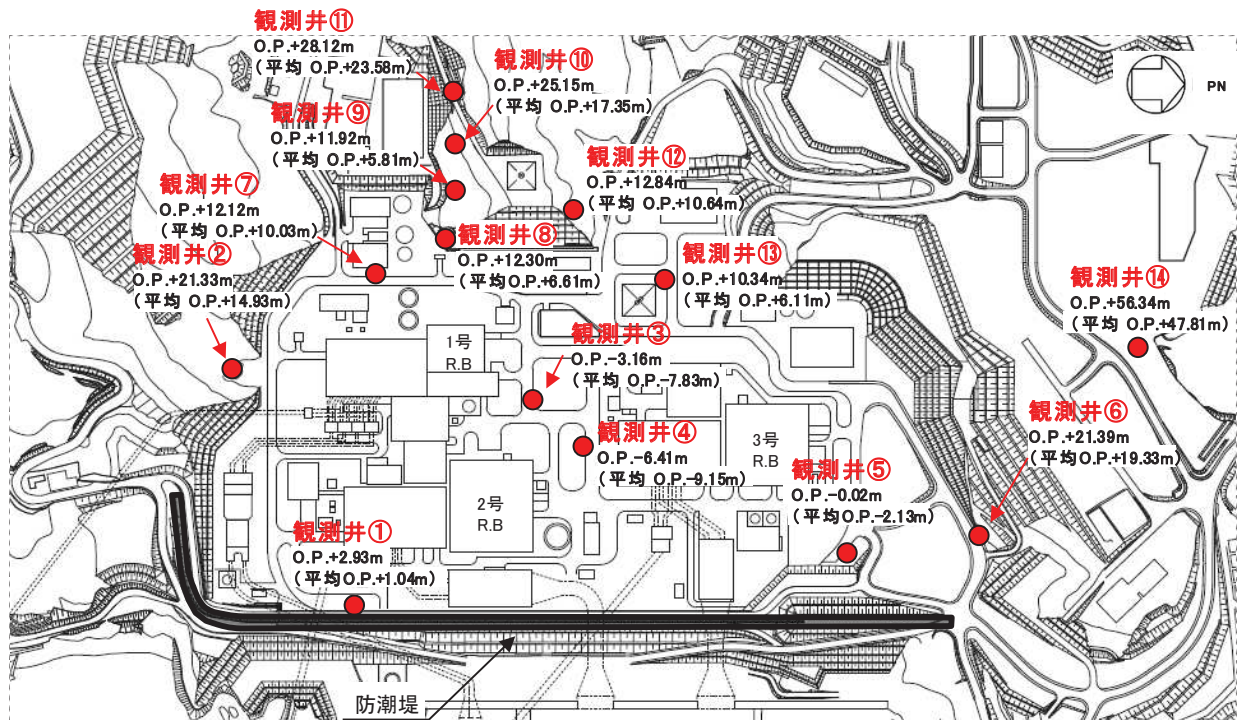
観測井は、施設や敷地造成が地下水位に与える影響が相対的に小さいと考えられる0.P.+14.8m盤山側及び0.P.+14.8m盤周辺の法面の他、同影響が相対的に大きいと考えられる0.P.+14.8m盤に設置している。

図3.3-4に地下水位観測井位置図、表3.3-1に観測水位一覧表、参考資料1-3に地下水位の観測データ一覧を示す。

観測水位の最高水位と平均水位の差分は、0.P.+14.8m盤周辺の法面上に位置する観測井において相対的に大きく、0.P.+14.8m盤上の観測井において相対的に小さくなっている。この要因として、法面と0.P.+14.8m盤の地下水の動水勾配の違いの他、建屋の基礎版レベル周辺に設置されているドレーンが恒常的に機能し下流側の水位が固定されるため、ドレーンに近い0.P.+14.8m盤の観測井の水位変動幅が法面上の観測井に比べて相対的に小さくなっていることが考えられる。

*1 一定期間の連続観測データを対象としており、観測期間中に工事や地形改変等の影響を受ける可能性があるデータは除外する。例えば、ボーリング調査実施時などに確認された孔内水位は、施工時の注水影響等を含む可能性があるため検証データには含めていない。

なお、観測水位には既設の地下水位低下設備の効果が含まれているが、今後実施する地下水位低下設備（新設範囲）や防潮堤の沈下対策の効果は含まれていない。



* : 数値は観測最高地下水位, ()は平均地下水位を示す

図3.3-4 地下水位観測井位置図

表3.3-1 観測水位一覧表

観測井	観測期間	観測水位 (O. P. m)		観測最高地下水位 計測時期	備考
		最高	平均		
観測井①	2018年6月 ～2020年2月	最高	+2.93	2019年10月13日	O. P. +14.8m盤
		平均	+1.04		
観測井②	2006年5月 ～2007年6月	最高	+21.33	2006年10月7日	法面上 (O. P. +29.4m)
		平均	+14.93		
観測井③	2019年8月 ～2020年2月	最高	-3.16	2019年10月12日	O. P. +14.8m盤
		平均	-7.83		
観測井④	2019年8月 ～2020年2月	最高	-6.41	2019年10月28日	O. P. +14.8m盤
		平均	-9.15		
観測井⑤	2014年9月 ～2014年12月	最高	-0.02	2014年10月14日	O. P. +14.8m盤
		平均	-2.13		
観測井⑥	2016年3月 ～2020年2月	最高	+21.39	2019年10月26日	法面上 (O. P. +27.0m)
		平均	+19.33		
観測井⑦	2018年6月 ～2020年2月	最高	+12.12	2019年10月13日	O. P. +14.8m盤
		平均	+10.03		
観測井⑧	2006年5月 ～2007年6月	最高	+12.30	2006年10月7日	法面上 (O. P. +17.7m)
		平均	+6.61		
観測井⑨	2006年5月 ～2007年6月	最高	+11.92	2006年10月7日	法面上 (O. P. +29.6m)
		平均	+5.81		
観測井⑩	2006年5月 ～2007年6月	最高	+25.15	2006年6月17日	法面上 (O. P. +40.2m)
		平均	+17.35		
観測井⑪	2006年5月 ～2007年6月	最高	+28.12	2006年10月11日	法面上 (O. P. +48.7m)
		平均	+23.58		
観測井⑫	2014年3月 ～2014年12月	最高	+12.84	2014年10月14日	法面上 (O. P. +27.8m)
		平均	+10.64		
観測井⑬	2018年6月 ～2020年2月	最高	+10.34	2019年10月27日	O. P. +14.8m盤
		平均	+6.11		
観測井⑭	2013年5月 ～2014年12月	最高	+56.34	2014年10月15日	O. P. +60.0m
		平均	+47.81		

3.3.2 耐震評価における設計用地下水位設定方針

(1) 設計用地下水位の設定方針

防潮堤下部の地盤改良等により山から海に向かう地下水の流れが遮断され敷地内の地下水位が地表面付近まで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する。地下水位低下設備は、原子炉建屋等に作用する揚圧力の低減及び周辺の屋外重要土木構造物等に生じる液状化影響の低減を目的とするものである。

これら評価対象施設等^{*1}の耐震評価にあたり、地下水位低下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用地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。

なお、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^{*2}より保守的に設定した水位又は地表面にて設計用地下水位を設定し水圧の影響を考慮する。

上記において、O.P.+14.8m盤は、地下水位低下設備の機能を前提とした境界条件を与える浸透流解析により評価を行うことから、地下水位低下設備の効果が及ぶ範囲として扱う。一方、O.P.+62m盤はその機能が及ばないため、地表面にて設計用地下水位を設定する。

浸透流解析により得られた解析水位を参照し設計用地下水位を設定する場合は、保守的な（高めの）解析水位が得られるよう、境界条件等の設定を行うとともに、得られた解析水位を包絡するよう設計用地下水位を設定する。

なお、地下水位を高く設定することが保守的とならない可能性がある場合（構造物両側面の解析水位差が大きい場合など）は、必要に応じて、地下水位が低い場合の耐震安全性への影響を確認する。

*1 評価対象施設等は、O.P.+14.8m盤及びO.P.+62m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）、並びに保管場所・アクセスルートが含まれる。

*2 自然水位とは、地下水位低下設備等の人為的な措置の影響が含まれない地下水位を指す。O.P.+14.8m盤は浸透流解析の境界条件として地下水位低下設備の機能を考慮している一方、O.P.+60m盤の地下水位は地下水位低下設備の影響が含まれない。

(2) 設計用地下水位の設定方法

上記(1)に示す方針を踏まえ、本章では地下水位低下設備の機能を考慮し設計用揚圧力、設計用地下水位、揚水ポンプの排水能力を設定する場合において参照する3次元浸透流解析の実施手順について述べる。

a. 評価手順

地下水位低下設備の機能を考慮した3次元浸透流解析により揚圧力、地下水位、湧水量を算出し、設計用揚圧力、設計用地下水位、揚水ポンプの排水能力を設定するフローを図3.3-5に示す。

また、同フローの設定にあたり、参考とした文献等を参考資料2-1に示す。

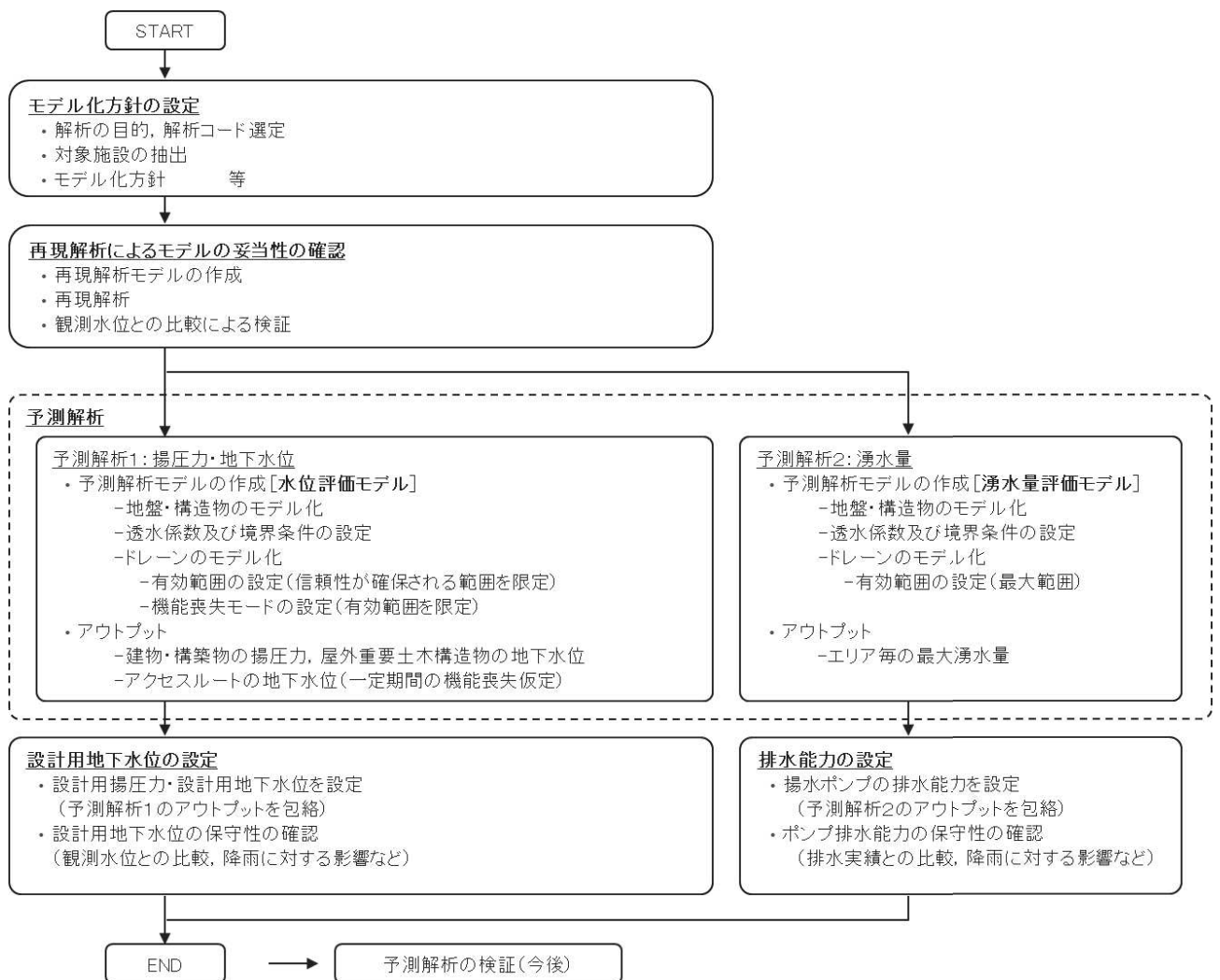


図3.3-5 設計用地下水位の設定フロー

b. モデル化方針の設定

(a) 解析の目的等

3次元浸透流解析により、信頼性が確保されたモデルを用いて、将来的な防潮堤沈下対策や地下水位低下設備の配置を考慮した予測解析を行い、設計において考慮する揚圧力、地下水位、湧水量を算定する。

モデルの信頼性については、観測降雨を与える非定常解析により確認する。予測解析は、揚圧力・地下水位については保守的な（高めの）解析水位が得られるよう、湧水量については保守的な（多めの）解析湧水量が得られるよう、解析目的に応じて適切なモデル設定を行う。

(b) 解析コードの選定

地表水と地下水の挙動を同時に取扱うことができる GETFLOWS (GGeneral purpose Terrestrial fluid-FLOW Simulator) バージョン : Ver. 6.64.0.2 を使用する。

地表面での浸透・湧出の取扱いについて、地上では水平方向はマニング則、鉛直方向はダルシー則によって格子間流量が計算され、降雨量も含めて質量収支を保存するように水圧・水深が求められ、浸透・湧出量が決定される。地表面での浸透・湧出の取扱いに係る概念図を図 3.3-6 に示す。

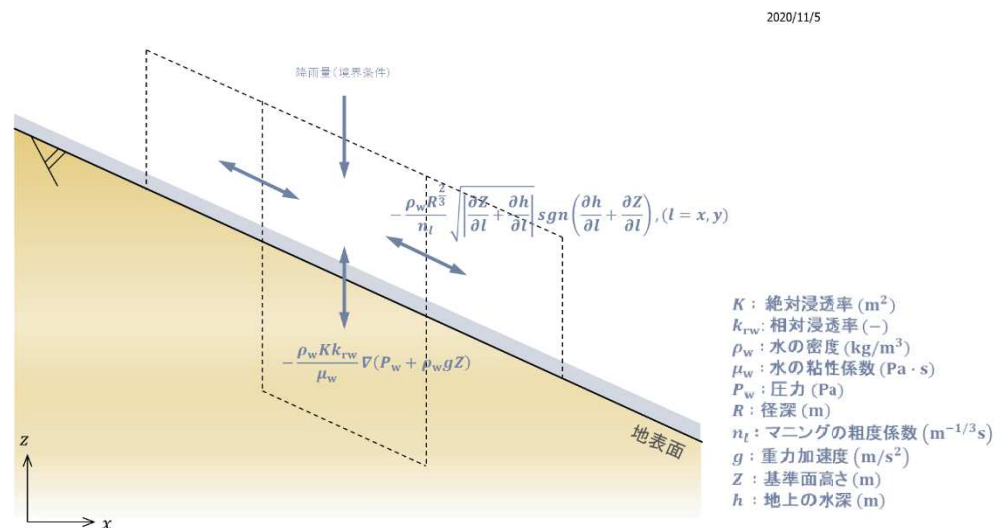


図 3.3-6 地表面での浸透・湧出の取扱いに係る概念図

(c) 対象施設の抽出

地下水位が上昇した場合に施設等に生じる影響について、参考資料 2-2 のとおり整理を行い、評価対象とする施設等を抽出した。対象施設の配置は、**ドレーンの有効範囲(浸透流解析上、集水機能に寄与するドレーンの範囲)**の

設定において考慮する。

評価対象とする施設等の配置を図3.3-7及び図3.3-8に示す。

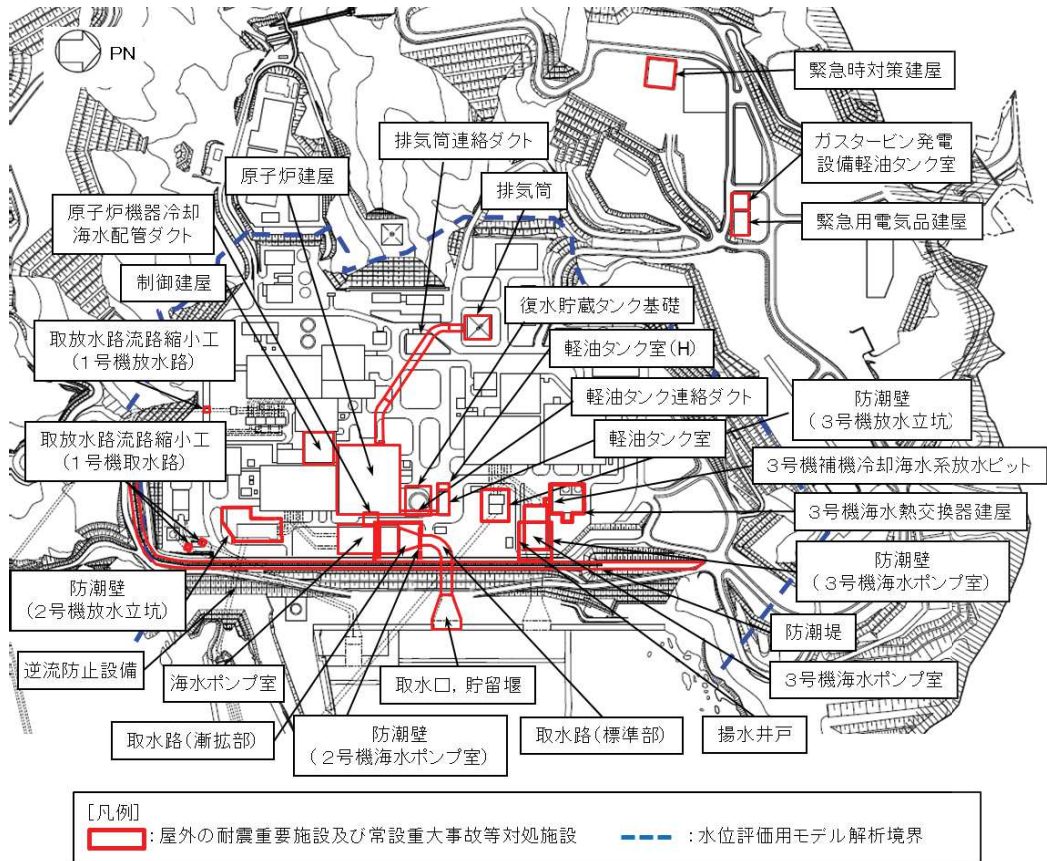


図3.3-7 屋外の評価対象施設の配置図

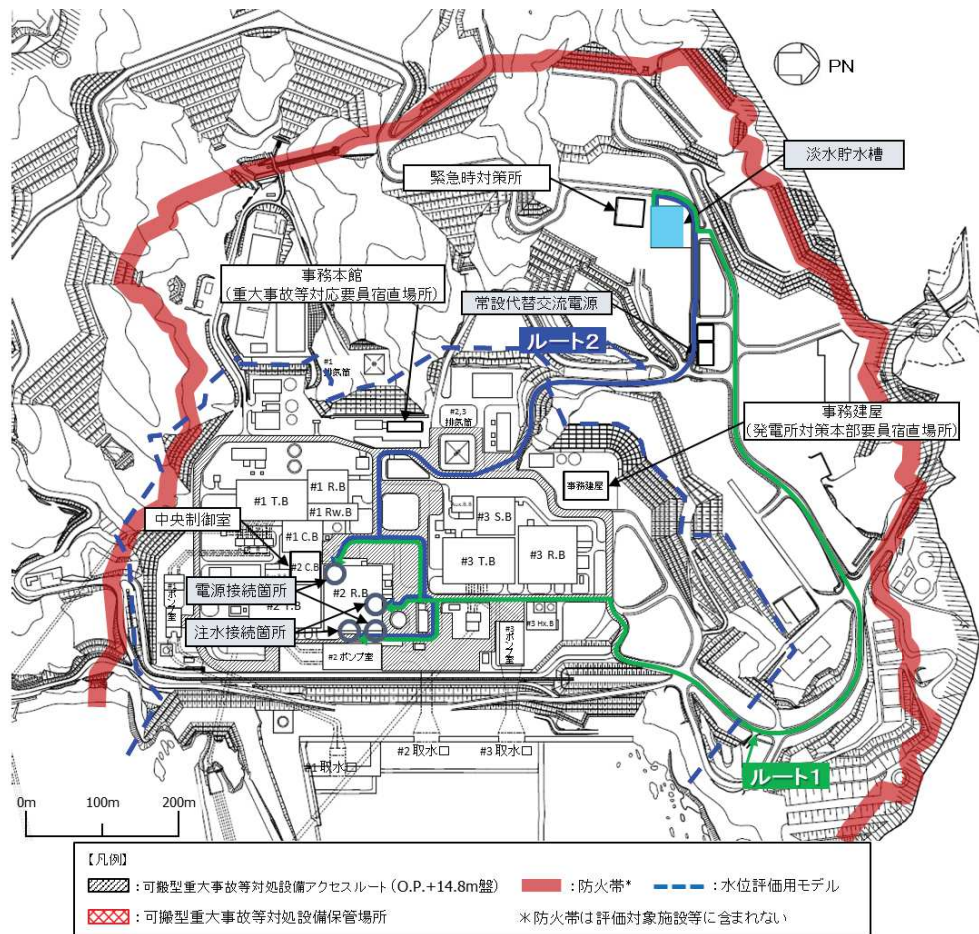


図3.3-8 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルート配置図

(d) 解析領域と境界条件の設定

モデルの信頼性確保のため行う非定常解析においては、3.3.1(1)に示す敷地の状況を考慮し、対象施設へ流下する地下水を適切に評価するため、対象施設を含む分水嶺までの範囲をモデル化する。

この上で、予測解析においては揚圧力・地下水位を保守的に評価するために、解析領域を O.P.+14.8m 盤及び周辺の法面とし、解析境界（法肩）において地表面に地下水位を固定した定常解析を行う。

モデル化範囲を図 3.3-9 に示す。

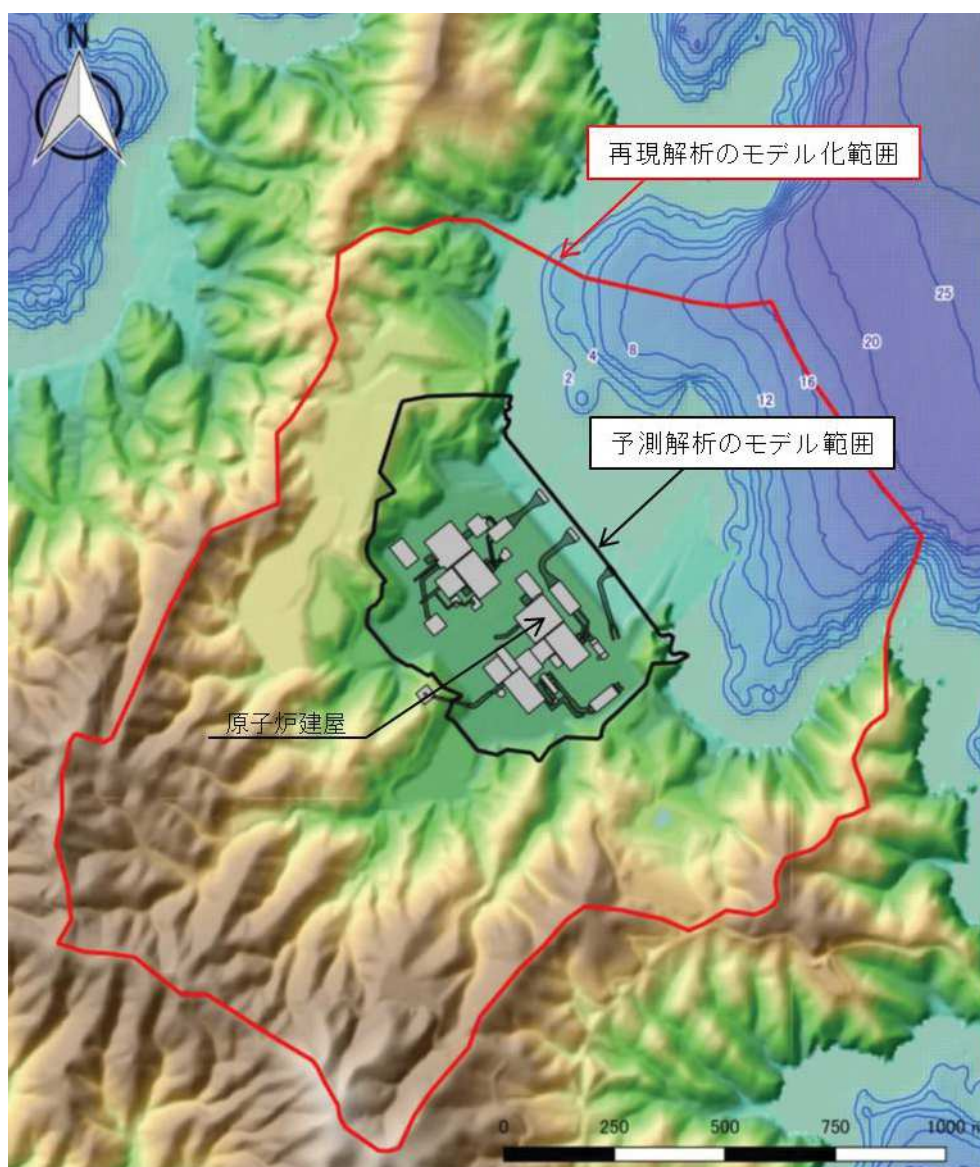


図 3.3-9 再現解析と予測解析におけるモデル化の範囲

(e) 地盤・構造物のモデル化の方針

地下水の流動場を形成する地盤や人工構造物について、観測期間と整合した状態となるよう適切に反映する。

地下水位低下設備は、解析目的に応じて状態設定する。再現解析においては再現期間中の状態に対応し1～3号機の既設全て、予測解析（揚圧力・地下水位）においては信頼性が確保された範囲に限定、予測解析（湧水量）においては既設・新設を含めた全ての範囲を考慮する。

透水係数は、試験等により妥当性が確認された設定値とすることを基本とし、解析目的に応じて再現性が確保される範囲で保守的な値を用いる。

(f) 解像度

3次元浸透流解析により得られた解析水位に基づき設定される設計用地下水位は、各施設等の耐震設計における解析断面上に反映される（2次元動的有限要素法を用いる場合など）ことを考慮し、耐震設計を行う各施設等やドレーンの周辺においては、地下水位の分布を適切に得られるよう格子寸法の設定において留意する。

(g) 再現性の確保

再現解析においては、流動場の平均的な透水係数を与えた場合において、観測水位の再現性、降雨に対する感度を有することを確認する。

(h) 保守性の確保

予測解析においては、物性設定（透水係数）や境界条件、ドレーンの状態設定等において、解析の目的（揚圧力・地下水位算定又は湧水量算定）に応じて保守的な条件を考慮することにより、設計上の余裕を確保する。

c. 再現解析によるモデルの妥当性の確認

(a) 再現解析モデルの設定

モデルの妥当性については、再現解析モデルに観測降雨条件を与えた非定常解析を行い、観測水位と解析水位を比較することにより確認する。

再現解析モデルの鳥瞰図を図 3.3-10 に示す。

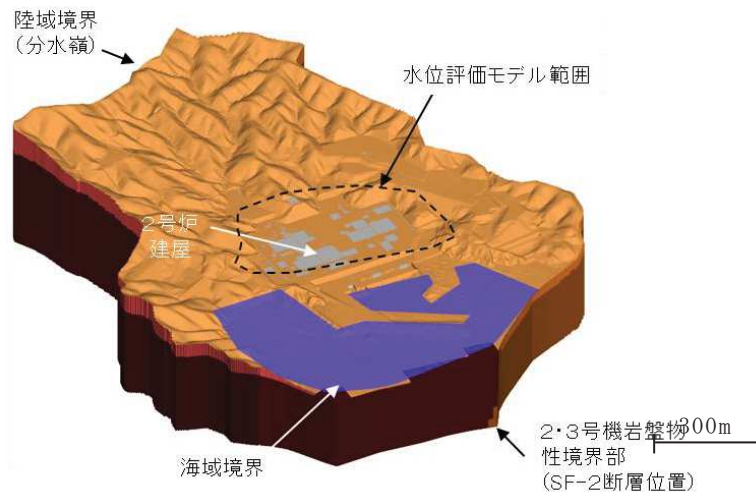


図 3.3-10 再現解析モデル鳥瞰図

(b) 透水係数の設定

地盤及び施設の透水係数は、建設時工認段階に設計用地下水位の設定において用いた設定 (CASE1) 及び試験平均値に基づく設定 (CASE2) を参照し、妥当性を確認した上で使用する。

再現性の確認は CASE2 にて行うものとし、併せて CASE1 において解析水位が保守性*1を有することを確認する。

CASE1 と CASE2 の透水係数の設定値と設定根拠を表 3.3-2 に示す。

建設時工認段階の透水係数の設定並びに浸透流解析 (2次元) の実施内容を参考資料 2-3 に示す。

*1 建設時工認段階に実施した2次元浸透流解析において、設計用揚圧力・設計用地下水位の設定に用いる透水係数は岩盤 I のみ -1σ とし保守性確保を図っていることから、同様に透水係数を設定した場合において解析水位の保守性が確保できるかを併せて確認する。

表 3.3-2(1) CASE1 の透水係数の設定値と設定根拠（再現解析用）

地層		設定値 (m/s)	設定根拠	備考
盛土・旧表土		3.0×10^{-5}	試験結果の平均値に基づき設定	* 2
狐崎 部層	岩盤 I	7.0×10^{-7}	試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定* 1	
	岩盤 II	5.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
牧の浜 部層	岩盤 I	2.0×10^{-7}	試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定* 1	
	岩盤 II	1.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
セメント改良土・改良地盤		2.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
透水層（碎石）		1.0×10^{-2}	試験結果の平均値に基づき設定	
コンクリート 構造物 (MMR 含む)		— (不透水)	—	* 4

* 1 : 試験結果に対して、保守性の観点から、建設時工事計画認可申請時において、パラメータスタディを実施し、建屋揚圧力への影響が最も大きい物性として、岩盤 I を平均値 - 1σ に設定。

* 2 : 建設時工事計画認可申請時と同値

* 3 : 建設時工事計画認可申請時は設定なし

* 4 : 建設時工事計画認可申請時においては透水係数を設定（コンクリート工学ハンドブックに基づき 1.0×10^{-11} (m/s)) していたが、岩盤に比べても十分に小さな値であり、影響は軽微と考えられるため不透水として扱う

表 3.3-2(2) CASE2 の透水係数の設定値と設定根拠（再現解析用）

地層		設定値 (m/s)	設定根拠	備考
盛土・旧表土		3.0×10^{-5}	試験結果の平均値に基づき設定	
狐崎 部層	岩盤 I	1.6×10^{-6}		
	岩盤 II	5.0×10^{-7}		
牧の浜 部層	岩盤 I	1.1×10^{-6}		
	岩盤 II	1.0×10^{-7}		
セメント改良土・改良地盤		2.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
透水層（碎石）		1.0×10^{-2}	試験結果の平均値に基づき設定	
コンクリート 構造物 (MMR 含む)		— (不透水)	—	

(c) 再現期間

検証対象とする観測水位は、安全対策工事による地形改変等が開始される前で、一定数の連続観測水位データが取得されている期間として、2 期間（期間 1：2006 年 4 月～2007 年 7 月，期間 2：2013 年 2 月～2014 年 12 月）を選定する。

再現解析ケースを表 3.3-3 に示す。

表 3.3-3 再現解析ケース

ケース名	透水係数	再現期間* ¹
CASE1	地下水位設定用	期間 1. 2006 年 4 月～2007 年 7 月
		期間 2. 2013 年 2 月～2014 年 12 月
CASE2	試験平均値* ²	期間 1. 2006 年 4 月～2007 年 7 月
		期間 2. 2013 年 2 月～2014 年 12 月

*1 観測井により 1. または 2. いずれかの期間について再現解析により検証

*2 試験の概要は参考資料 2-4 参照

(d) 検証対象とする観測データ

観測井の位置図を図 3.3-11 に示す。

また、各観測井のデータ取得時期、再現解析期間と地下水流動場の状態（敷地造成等の改変，地下水位低下設備の稼働状況）について、表 3.3-4 に示す。

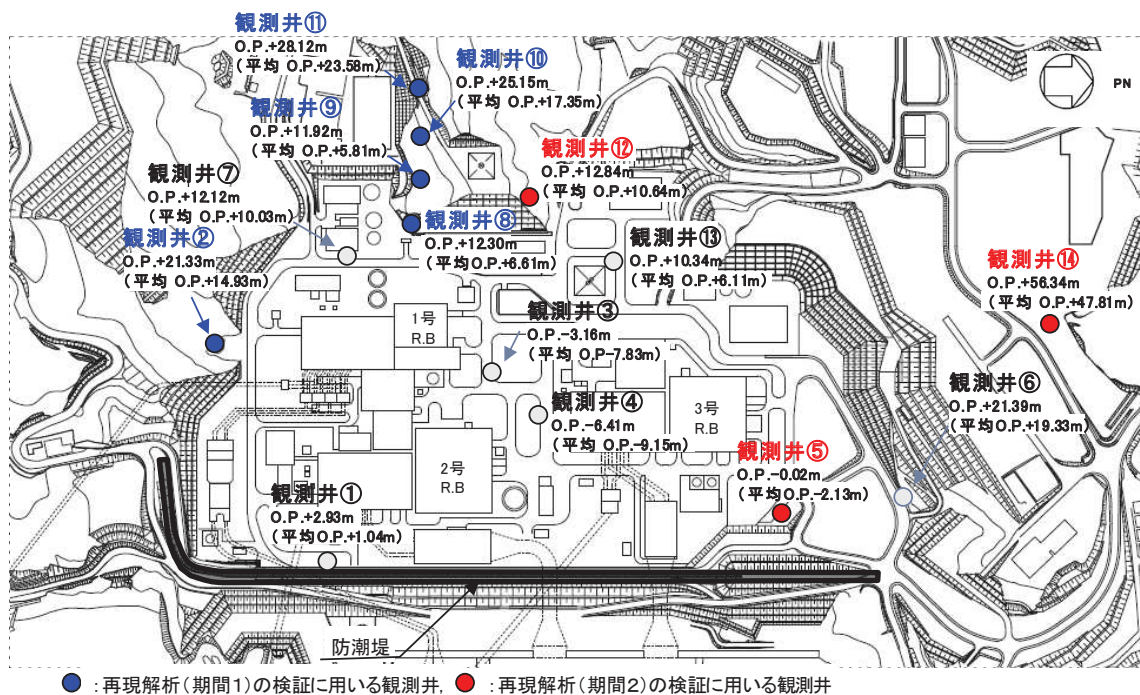
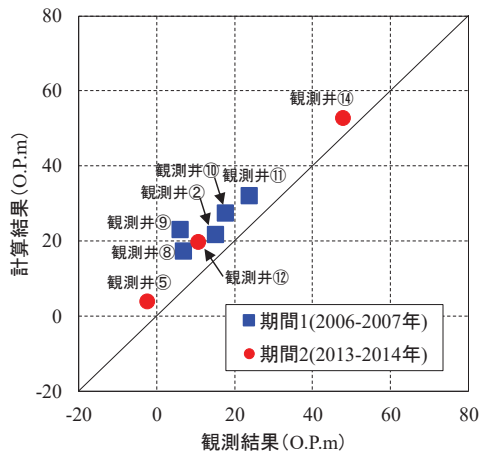
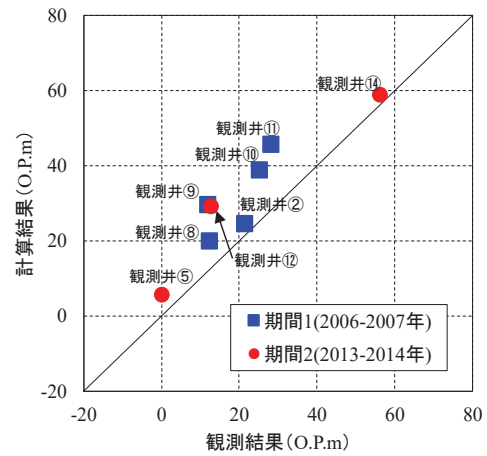


図 3.3-11 検証に用いる観測井位置

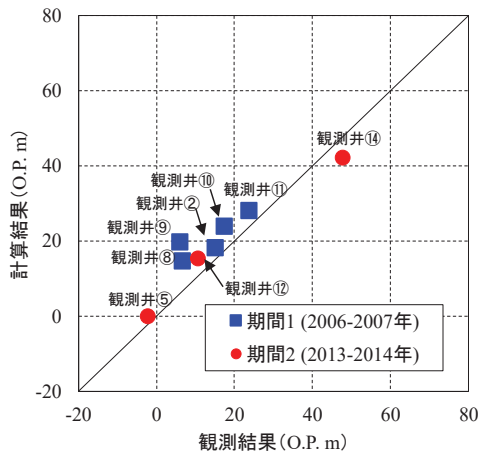


(平均値) * 1

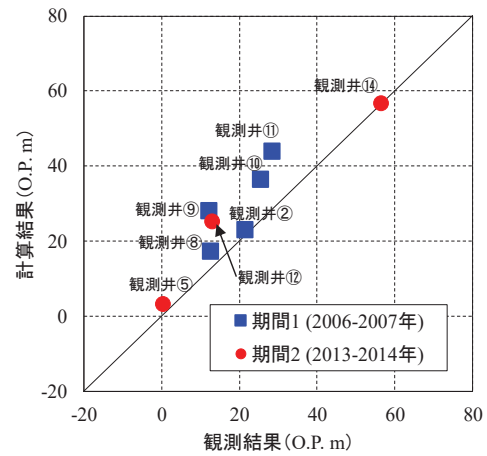


(最大値) * 1

図 3.3-12 (1) 観測値と解析値の比較 (CASE 1)



(平均値) * 1



(最大値) * 1

図 3.3-12 (2) 観測値と解析値の比較 (CASE 2)

* 1 : 期間中における観測水位と解析水位それぞれの平均水位及び最大水位のプロットを示す。

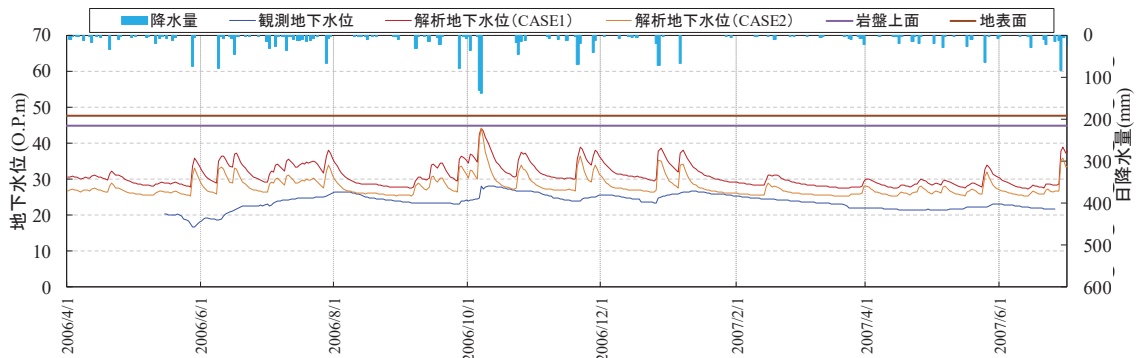


図 3.3-13 (1) 解析水位と観測水位の経時変化 (観測井②) (期間 1)

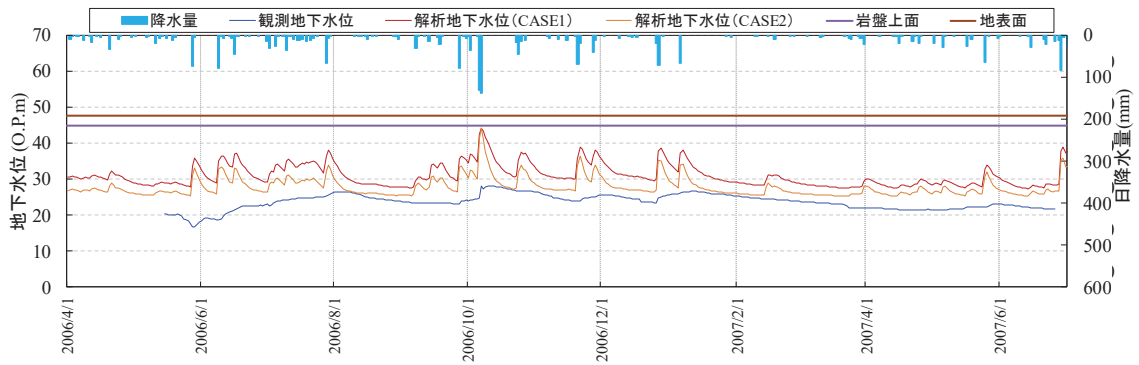


図 3.3-13 (2) 解析水位と観測水位の経時変化 (観測井⑧) (期間 1)

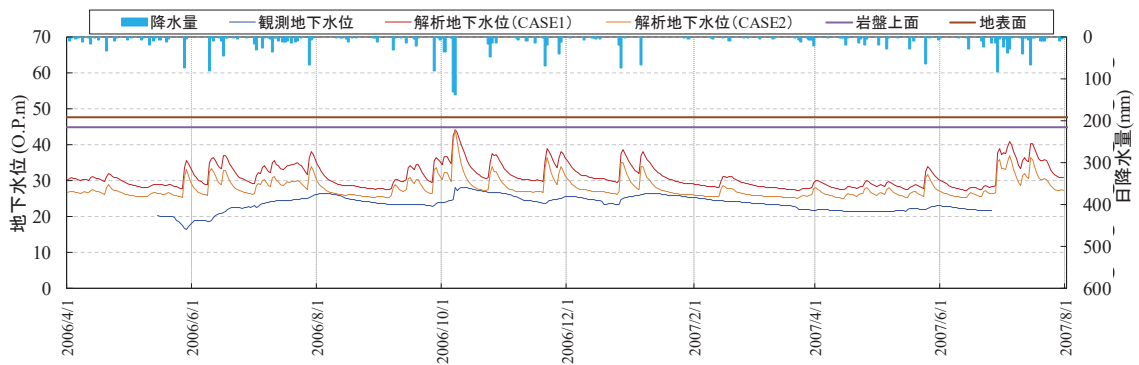


図 3.3-13 (3) 解析水位と観測水位の経時変化 (観測井⑨) (期間 1)

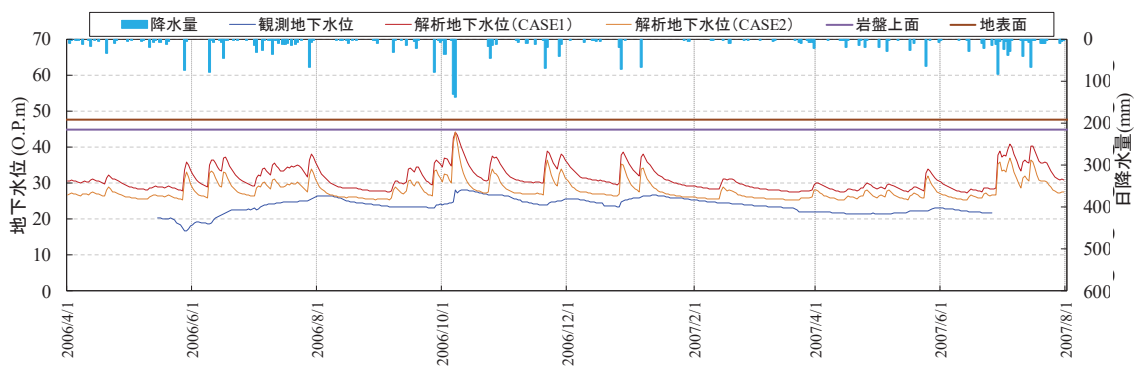


図 3.3-13 (4) 解析水位と観測水位の経時変化 (観測井⑩) (期間 1)

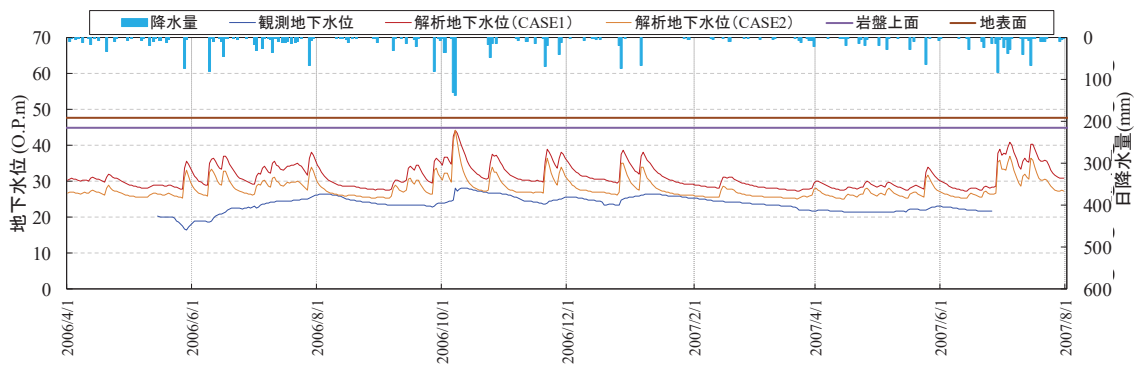


図 3.3-13 (5) 解析水位と観測水位の経時変化 (観測井⑪) (期間 1)

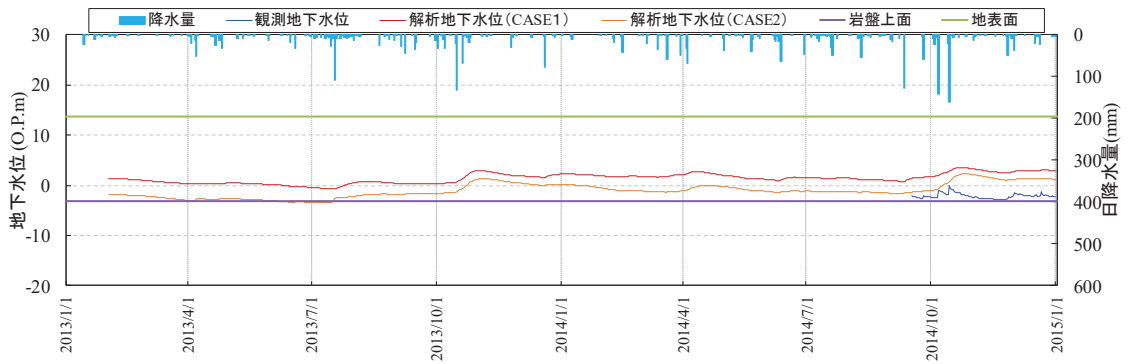


図 3.3-13 (6) 解析水位と観測水位の経時変化 (観測井⑤) (期間 2)

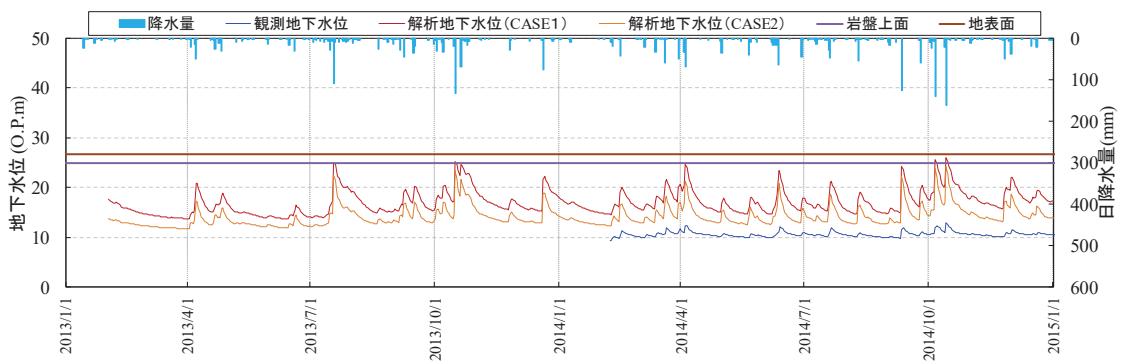


図 3.3-13 (7) 解析水位と観測水位の経時変化 (観測井⑫) (期間 2)

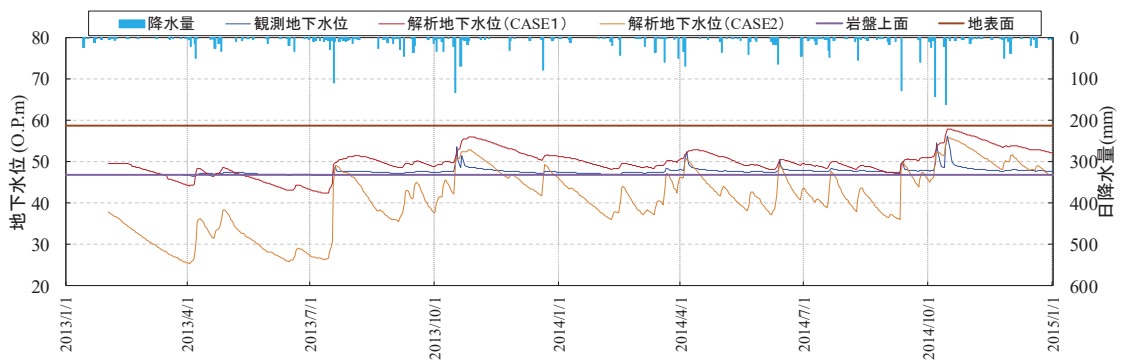


図 3.3-13 (8) 解析水位と観測水位の経時変化 (観測井⑭) (期間 2)

(補足) 観測井⑭における解析水位と観測水位の関係について

観測井⑭において、観測水位が岩盤表面以下に下がらない状況が確認され、強雨時のピーク水位による再現性が高い一方で、小降雨時では乖離が見られる(解析水位 < 観測水位)。これは、当該観測井が沢部に位置しているため、周囲から岩盤表面の地下水が集まりやすい構造であることに起因するものと考えられる。

沢地形部における小降雨時の地下水の流れのイメージを図 3.3-14 に示す。

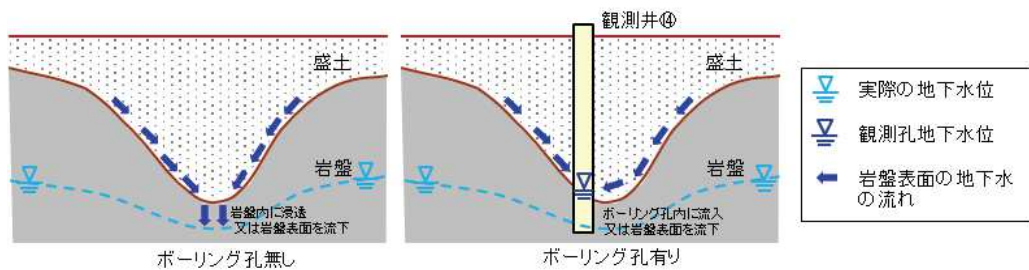


図 3.3-14 沢地形部における小降雨時の地下水の流れ (イメージ)

d. 予測解析 1 (揚圧力・地下水位)

(a) 地盤・構造物のモデル化

建物・構築物の設計用揚圧力・屋外重要土木構造物の設計用地下水位の設定において参照するモデル(以下、水位評価モデル)は、原子炉建屋等が配置される O.P. +14.8m 盤とこれを取り囲む法面を対象領域とし、再稼働段階における地形・地中構造物をモデル化する。

予測解析モデルを図 3.3-15 に示す。

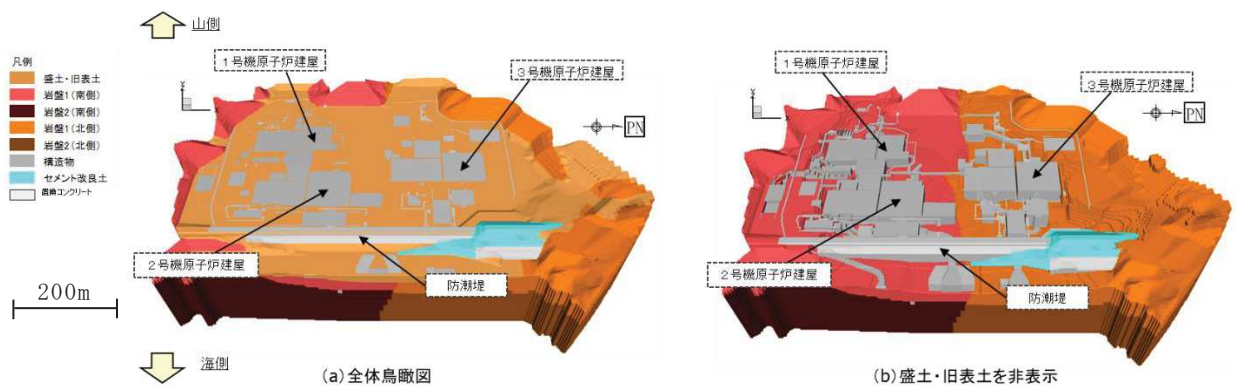


図 3.3-15 予測解析モデル

(b) 解析手法

解析境界にて水位を固定する定常解析による。

(c) 透水係数の設定

地盤及び施設の透水係数は、岩盤 I を -1σ に設定することにより保守性を確保する。

本解析に用いる透水係数の設定内容を表 3.3-5 に、設定根拠に係る詳細を参考資料 2-4 に示す。

表 3.3-5(1) 透水係数の設定値と設定根拠（地下水位設定用）

地層		設定値 (m/s)	設定根拠	備考
盛土・旧表土		3.0×10^{-5}	試験結果の平均値に基づき設定	* 2
狐崎 部層	岩盤 I	7.0×10^{-7}	試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定 * 1	
	岩盤 II	5.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
牧の浜 部層	岩盤 I	2.0×10^{-7}	試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定 * 1	
	岩盤 II	1.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
セメント改良土・改良地盤		2.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	* 3
透水層（碎石）		1.0×10^{-2}	試験結果の平均値に基づき設定	
コンクリート 構造物 (MMR 含む)		— (不透水)	—	* 4

* 1 : 試験結果に対して、保守性の観点から、建設時工事計画認可申請時において、パラメータスタディを実施し、建屋揚圧力への影響が最も大きい物性として、岩盤 I を平均値 - 1σ に設定。

* 2 : 建設時工事計画認可申請時と同値

* 3 : 建設時工事計画認可申請時は設定なし

* 4 : 建設時工事計画認可申請時においては透水係数を設定（コンクリート工学ハンドブックに基づき 1.0×10^{-11} (m/s)）していたが、岩盤に比べても十分に小さな値であり、影響は軽微と考えられるため不透水として扱う

表 3.3-5(2) 透水係数の設定値と設定根拠（排水能力設定用）

地層		設定値 (m/s)	設定根拠	備考
盛土・旧表土		6.0×10^{-4}	試験結果の平均値 + 1σ に基づき設定	
狐崎 部層	岩盤 I	4.0×10^{-6}		
	岩盤 II	6.0×10^{-6}		
牧の浜 部層	岩盤 I	1.0×10^{-6}		
	岩盤 II	3.0×10^{-7}		
セメント改良土・改良地盤		2.0×10^{-6}		
透水層（碎石）		—	—	* 1
コンクリート 構造物 (MMR 含む)		— (不透水)	—	地下水位設定用に同じ

* 1 : 排水能力評価時においては、透水層（碎石）またはドレーン周辺の地盤として扱うドレーンを含めて、既設・新設全てのドレーンを有効としたモデル化を行う。

(d) 境界条件の設定

更に、揚圧力、地下水位いずれも保守的に算出されるよう、山側の解析境界を地表面、海側の解析境界を H.W.L に固定する。

この境界条件の設定における保守性について図 3.3-16 に示す。

図 3.3-16 の●は、再現解析(Case1)として降雨条件を与えた非定常解析結果から、地点 a~j (水位評価モデルの山側境界に相当する位置) の最大水位を読み取りプロットしたものであるが、旧沢筋に相当する地点 d, 地点 f は、地表面 (◆) 付近まで地下水が上昇するものの、その他の地点の解析最大水位は地表面を下回る。予測解析においては、山側境界上の地下水位を全て地表面に固定することにより、地下水位・湧水量の両面において保守的な評価となる。

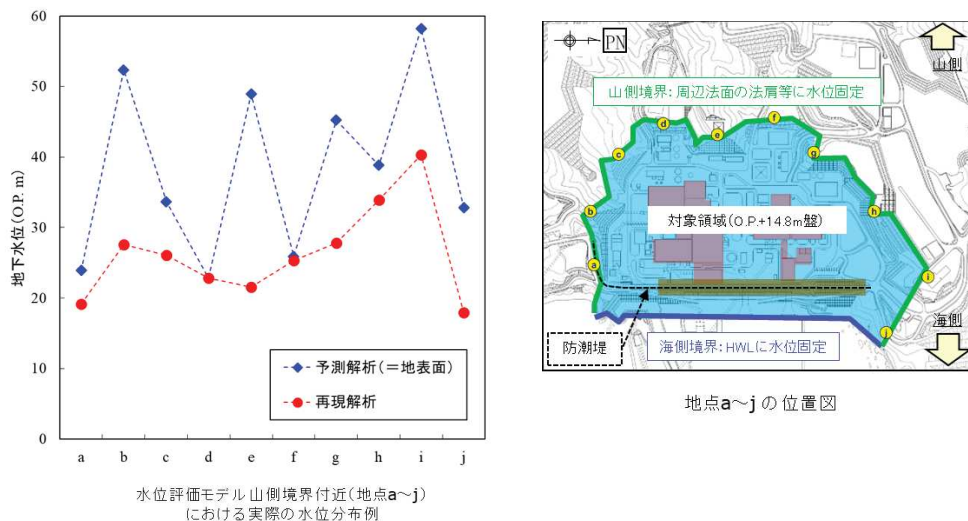


図 3.3-16 保守的な解析条件の設定例 (解析境界の地表面に水位固定)

(e) ドレーン有効範囲の設定

集水機能に寄与するドレーンの有効範囲について、新設及び既設範囲のうち信頼性が確認された範囲に限定することで保守性を確保する。

ドレーンの有効範囲の設定プロセスを参考資料 2-5 に示す。

浸透流解析において有効な管路として扱うドレーンは、耐久性・耐震性・保守管理性が確保でき、かつ安全設備の要求に照らして揚水ポンプの単一故障やドレーンの部分閉塞を仮定しても機能保持できる範囲としており、施設的设计値確保上必要な範囲に地下水位低下設備を新設する方針である。(既設設備の一部及び新設設備にて施設的设计値確保を図る方針)

なお、既設ドレーンのうち、耐久性・耐震性・保守管理性は確保されるものの、安全設備の要求を満足しない範囲は透水層として砕石相当の透水係数

を与え、集水機能への寄与を考慮することとしており、それ以外の範囲は地盤として取扱う。

地下水位低下設備の概要を参考資料 3-1 に示す。予測解析（揚圧力・地下水位）において参照する地下水位低下設備の配置は図 3.3-17 の通りである。

ここで、ドレーン有効範囲の設定にあたり、新設ドレーンの施工成立性については参考資料 3-2、有効ドレーン範囲の確認や保守管理方法については参考資料 3-3 に整理している。

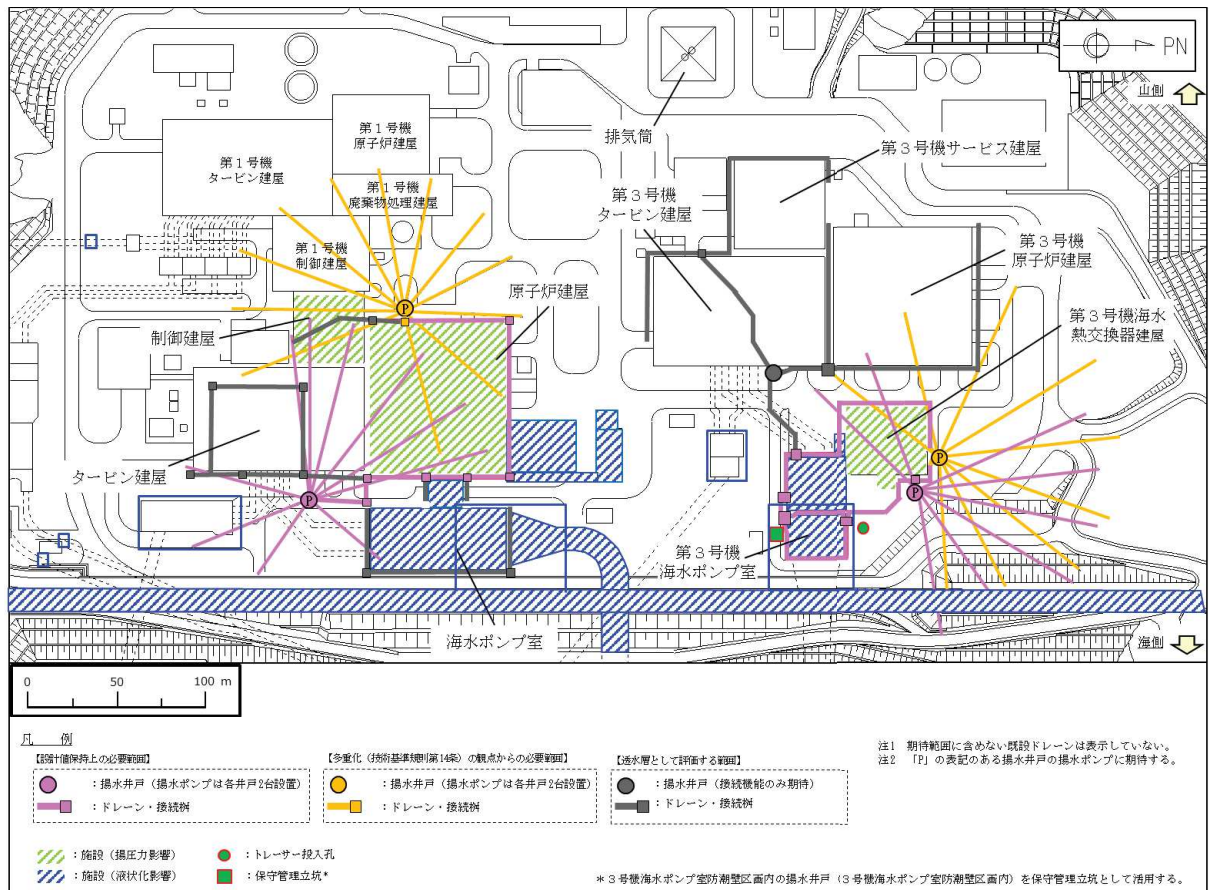


図 3.3-17 予測解析（揚圧力・地下水位）において参照する地下水位低下設備の配置

(f) ドレーンの機能喪失モードの設定

地下水位低下設備は、参考資料 4-1～参考資料 4-3 に示す信頼性向上の方針に基づき、原子炉建屋エリア・第3号機海水熱交換器建屋エリアにそれぞれ2系統（1系統当り常設の揚水ポンプ2台）設置し、揚水ポンプの単一故障においても系統単位での機能喪失が生じない設計としているが、設計用地下水位の設定においては、保守的な条件として、地下水位低下設備が動的機器（揚水ポンプ）の故障により1系統機能喪失し、更にもその状態が原子炉建屋エリア・3号機海水熱交換器建屋エリアにおいて同時に発生する状態を仮

定する。

設計用地下水位の設定において考慮する機能喪失モードを表 3.3-6 に示す。

各エリアにおいては、揚水ポンプ故障とドレーン部分閉塞について5通りの機能喪失モードが考えられる(表 3.3-6(1), (2))が、事象としては揚水ポンプ故障に包絡される。エリア毎の組合せを考慮すると、4通りの動的機器(揚水ポンプ)の機能喪失モードにて全ての機能喪失モードが包絡される(表 3.3-6(3))ことから、各機能喪失モードに対応した浸透流解析を実施し、これらの包絡水位を解析水位とする。

表 3.3-6 の各機能喪失モードに対応した浸透流解析ケースを図 3.3-18 に示す。

(補足) 地下水位低下設備の信頼性向上の概要

(信頼性向上の詳細は参考資料4-1~4-3, 設備構成等は参考資料3-1を参照)

- ▶ 地下水位低下設備を設計基準対象施設として位置付けた上で、以下の信頼性向上を図る方針としている。
 - ・ 耐震重要度分類におけるCクラスとし、基準地震動 S_s による地震力に対して必要な機能を維持する設計とする。
 - ・ 技術基準規則第14条(安全設備)に基づき多重性及び独立性を考慮し、さらに外部事象を考慮した設計とする。
 - ・ 非常用電源設備に加えて常設代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。
 - ・ 水位低下措置の確実性並びに保守管理性向上の観点から、各揚水井戸へ揚水ポンプを2台設置(設計上必要な揚水ポンプ1台と、同スペックの揚水ポンプ1台を追設)し、揚水ポンプの単一故障により地下水位低下設備の機能が喪失しない設計とする。
- ▶ また、揚水ポンプが機能喪失した状態が継続し、機能復旧の措置を行うことを仮定し、地下水位が設計値に到達するまでの時間余裕を十分確保する設計とする。
揚圧力影響を考慮する必要がある原子炉建屋・制御建屋及び3号機海水熱交換器建屋のうち、時間余裕が最小となる原子炉建屋において、約26時間の時間余裕が確保される。
- ▶ 揚水ポンプの信頼性向上を踏まえ、可搬ポンプを電力自主設備と位置付け、地下水位低下設備の機能喪失時の措置としてその運用を保安規定に定める方針とする。

表3.3-6 予測解析（揚圧力・地下水位）において考慮する機能喪失モード

(1) エリア単独（原子炉建屋エリア）

機能喪失状態の仮定			設備構成と機能喪失の状態					備考
			動的機器（排水機能）		静的機器（集水機能）			
			揚水ポンプ（配管含む）		ドレーン（有孔ヒューム管・接続樹）	ドレーン（有孔鋼管）		
			No.1（東側）	No.2（西側）		No.1（東側）	No.2（西側）	
動的機器の単一故障	2-A	揚水ポンプ(No.1井戸)機能喪失	x	—	—	—	—	設計上必要なNo.1（東側）の排水機能喪失を想定。監視・制御機能、電源機能の喪失も本ケースに包絡される。
	2-B	揚水ポンプ(No.2井戸)機能喪失	—	x	—	—	—	No.2（西側）の排水機能喪失を想定。監視・制御機能、電源機能の喪失も本ケースに包絡される。
静的機器の単一故障	2-C	有孔ヒューム管の部分閉塞	—	—	x	—	—	ドレーンの部分的な閉塞が考えられるが、逆勾配となっても流下可能であるため、集水能力に影響しない。
	2-D	有孔鋼管の部分閉塞(No.1井戸)	—	—	—	x	—	揚水井戸単位で機能喪失を仮定するケース2-AIに包絡される。
	2-E	有孔鋼管の部分閉塞(No.2井戸)	—	—	—	—	x	揚水井戸単位で機能喪失を仮定するケース2-BIに包絡される。

(2) エリア単独（第3号機海水熱交換器建屋エリア）

機能喪失状態の仮定			設備構成と機能喪失の状態				備考	
			動的機器（排水機能）		静的機器（集水機能）			
			揚水ポンプ（配管含む）		ドレーン（有孔ヒューム管・接続樹）	ドレーン（有孔鋼管）		
			No.3（東側）	No.4（北側）		No.3（東側）		No.4（北側）
動的機器の単一故障	3-A	揚水ポンプ(No.3井戸)機能喪失	x	—	—	—	—	設計上必要なNo.3（東側）の排水機能喪失を想定。監視・制御機能、電源機能の喪失も本ケースに包絡される。
	3-B	揚水ポンプ(No.4井戸)機能喪失	—	x	—	—	—	No.4（北側）の排水機能喪失を想定。監視・制御機能、電源機能の喪失も本ケースに包絡される。
静的機器の単一故障	3-C	有孔ヒューム管の部分閉塞	—	—	x	—	—	ドレーンの部分的な閉塞が考えられるが、逆勾配となっても流下可能であるため、集水能力に影響しない。
	3-D	有孔鋼管の部分閉塞(No.3井戸)	—	—	—	x	—	揚水井戸単位で機能喪失を仮定するケース3-AIに包絡される。
	3-E	有孔鋼管の部分閉塞(No.4井戸)	—	—	—	—	x	揚水井戸単位で機能喪失を仮定するケース3-BIに包絡される。

(3) エリア毎の組合せを仮定

機能喪失の組合せ状態の仮定		機能・エリア	集水機能・排水機能				備考
			2号R/Bエリア		3号Hx/Bエリア		
			No.1（東側）	No.2（西側）	No.3（東側）	No.4（北側）	
ケース	各エリアの組合せ						
①	2-A and 3-A	2号機側の1系統(No.1井戸)と3号機側の1系統(No.3井戸)が同時に機能喪失	x	—	x	—	
②	2-A and 3-B	2号機側の1系統(No.1井戸)と3号機側の1系統(No.4井戸)が同時に機能喪失	x	—	—	x	
③	2-B and 3-A	2号機側の1系統(No.2井戸)と3号機側の1系統(No.3井戸)が同時に機能喪失	—	x	x	—	
④	2-B and 3-B	2号機側の1系統(No.2井戸)と3号機側の1系統(No.4井戸)が同時に機能喪失	—	x	—	x	設計値保持上の基本組合せ

【凡例】

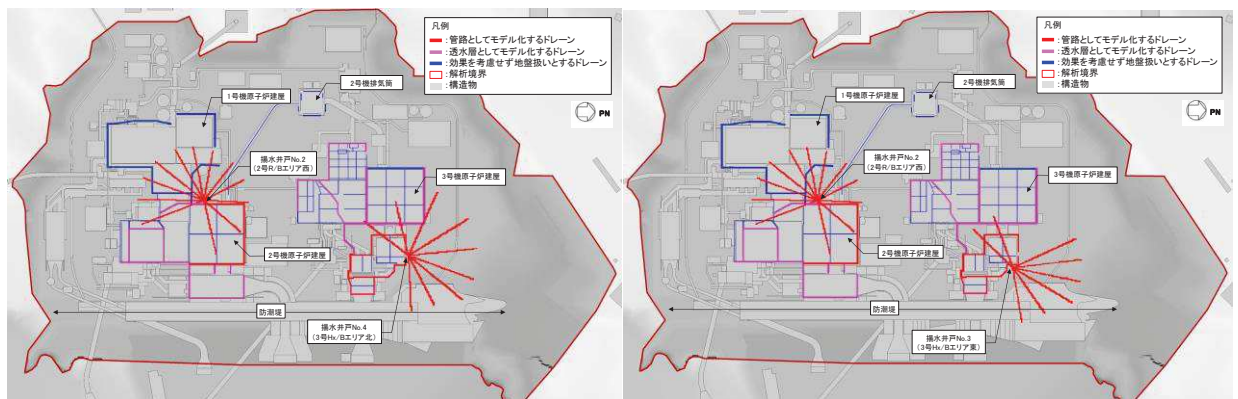
○ :すべての故障想定を包絡する組合せ

□ :機能喪失の対象部位

□ (x) :機能喪失を想定する部位

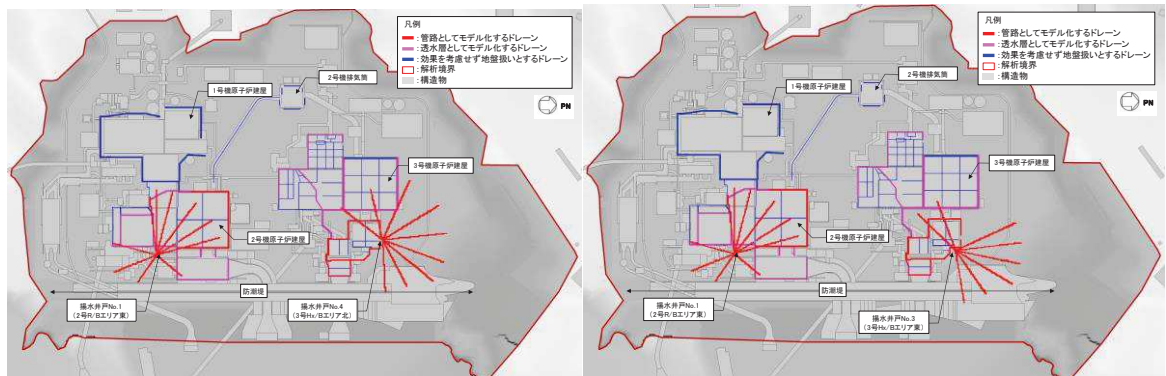
□ (—) :機能喪失を想定しない

補足) 設置変更許可段階では揚水ポンプ台数を1台/井戸としていたが、同仕様の揚水ポンプを2台/井戸とし、揚水井戸単位での機能喪失に至らない設計に見直している。



(a) ケース①

(b) ケース②



(c) ケース③

(d) ケース④

図3.3-18 設計用地下水位の設定において参照する浸透流解析ケース

なお、静的機器（ドレーン）の単一故障として土砂による閉塞を想定しているが、動的機器（揚水ポンプ）に起因する4通りの機能喪失モードに包絡・代表される。これは、ドレーンの有効範囲を信頼性（耐久性・耐震性・保守管理性）及び多重性が確保される区間に限定しており、以下の整理が可能であるためである。

（有孔ヒューム管（ ϕ 500～1050mm）の部分閉塞）

- ・既往の点検実績や設置環境から土砂の供給が少ない状況であり、部分閉塞の可能性は極めて小さい（参考資料1-1）。
- ・ヒューム管自体は多重化されていないが、どの位置で部分閉塞してもエリア内のいずれかの揚水井戸へ地下水を流下可能な構造であり、排水機能は

維持される（参考資料5-1）。

（有孔鋼管（φ142.5mm）の部分閉塞）

- ・1方向にしか流下しない構造であり，単一故障としては個々の有孔鋼管の部分閉塞を仮定するが，揚水ポンプ故障時には，当該ポンプへ集水される全ての有孔鋼管の機能が無効となるため，当該ドレーンの部分閉塞事象は「揚水ポンプ故障」に包絡される。

(g) アクセスルート

設置変更許可段階では，地下水位低下設備の機能喪失を仮定したアクセスルートへの影響を評価^{*1}し，対策要否を判断する方針としていた。

設計及び工事の計画の認可申請段階においては，保守管理性を考慮し，各揚水井戸へ揚水ポンプを2台設置（設計上必要な揚水ポンプ1台と，同仕様の揚水ポンプ1台を追設）とすることにより，揚水ポンプの単一故障時においても揚水井戸単位での機能喪失に至らない設計とする。更に，地下水位低下設備の機能喪失を仮定した場合においても，約26時間^{*2}の時間余裕の範囲内で可搬型設備による水位低下措置を行う。

このため，アクセスルートの地下水位が地下水位低下設備の機能喪失により継続的に上昇する可能性は極めて小さいが，念のための評価として，地下水位低下設備の機能喪失が一定期間（2ヵ月程度^{*3}）継続し水位上昇することを仮定し，アクセスルートの地下構造物の浮上り評価を行う。

なお，アクセスルートの設計用地下水位の設定において参照する予測解析モデルは，(d)予測解析（揚圧力・地下水位）と同様とする。

- *1：地下水位低下設備が機能喪失した場合を想定した地下水位に対して，地震時の液状化に伴う地下構造物の浮き上がりによるアクセスルートへの影響について評価し，アクセスルートの通行性を一定期間（2ヵ月程度を確保することを目安）確保する設計とする。
- *2：地下水位低下設備の機能喪失を仮定した3次元浸透流解析により，建屋揚圧力の設計値に到達するまでの時間を評価したもの。詳細は参考資料4-3に記載。
- *3：2ヵ月は，SA事象の収束に地下水位低下設備の機能が影響を与えないことを示すため，SA事象の収束に要する時間に対して十分に長い期間として設定したもの。

e. 予測解析2（湧水量）

揚水ポンプ能力の設定において湧水量を参照するモデル（以下，湧水量評価モデル）は，水位評価モデルと同様，原子炉建屋等が配置されるO.P.+14.8m盤とこれを取り囲む法面を対象領域とし，再稼働段階における地形・地中構造物をモデル化する。

地下水位低下設備は，新設及び既設範囲の全ての範囲を考慮することで保守

性を確保する。

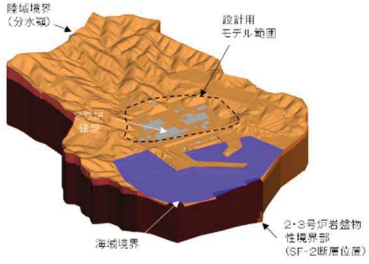
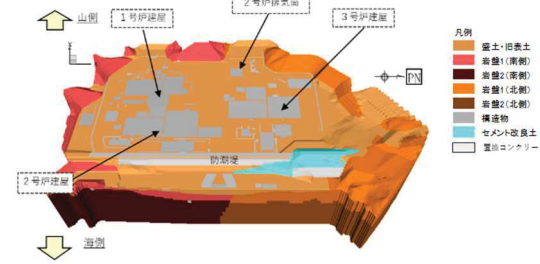
地盤及び施設の透水係数は、岩盤 I を含めた全体を $+1\sigma$ に設定することにより保守性を確保する。

更に、湧水量が保守的に算出されるよう、水位評価モデルと同様、山側の解析境界を地表面、海側の解析境界を H.W.L に固定する。

f. 解析条件まとめ

表 3.3-7 に、再現解析モデルと水位評価モデル・湧水量評価モデルの解析条件一覧を示す。

表 3.3-7 各浸透流解析モデルの解析条件一覧

項目	再現解析モデル	設計用モデル	
		水位評価モデル	湧水量評価モデル
1. 目的	・ 設定パラメータの妥当性確認	・ 設計裕度確保のため、水位・揚圧力を保守的に算出	・ ポンプ排水能力の裕度確保のため、湧水量を保守的に算出
2. 解析コード	・ GETFLOWS Ver. 6.64.0.2		
3a. 解析領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 分水嶺を山側境界とし設計用モデルを包絡する範囲 	<ul style="list-style-type: none"> ・ O.P.+14.8m 盤及び O.P.+14.8m 周辺の法面 	
3b. 格子数	<ul style="list-style-type: none"> ・ 平面格子数：約 33.4 万 ・ 総格子数：約 1600 万 ・ 格子寸法：□0.5～6m 程度 (構造物近傍は最小□0.5m程度, 山側領域は□3～6 m 程度) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 平面格子数：約 16.7 万 ・ 総格子数：約 770 万 ・ 格子寸法：□0.5～2m 程度 (構造物近傍は最小□0.5m程度) 	
4. 解析種別	・ 非定常解析	・ 定常解析* ¹	・ 定常解析
5a. 検証期間	・ 2006-2007年, 2013-2014年		
5b. 気象条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 降水量：構内観測所データ ・ 蒸発散量：単位熱収支法で推定気温・全天日射量・相対湿度は構内観測所データ, 風速・日照時間は気象庁データ 		
5c. 蒸発散	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱収支法による*² ・ 経験式を用いたハーモン式による*³ 		
6a. モデル(地盤)	・ 検証期間に対応した造成形状		
6b. " (構造物)	・ 検証期間に存在する地中構造物		
6c. " (ドレーン)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既設の全範囲を管路として考慮 ・ 安全対策工事完了時の造成形状 ・ 安全対策工事完了時に想定される地中構造物(周辺の地盤改良等を考慮) ・ 既設・新設のうち信頼性が確保された範囲を管路扱い ・ 信頼性の確保状況に応じ透水層扱い ・ 機能喪失モードを仮定 ・ 既設・新設の全範囲を管路として考慮 		
7. 境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 山側：閉境界 ・ 海側：平均潮位に水位固定 ・ ドレーン：ドレーン計画高に水位固定 ・ 山側：地表面に水位固定 ・ 海側：H.W.L.に水位固定 ・ ドレーン：ドレーン計画高 		
8. 透水係数 (参考資料 2-4)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 試験平均値 ・ 岩盤 I を-1σ (保守性確認用) 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 岩盤 I のみ-1σ ・ 全て$+1\sigma$
9. 有効間隙率	・ 文献値* ⁴		
10. 粗度係数	<ul style="list-style-type: none"> ・ 文献値*⁵ ・ (再現解析同様だが、評価に影響しない) 		

* 1：地下水低下設備の機能喪失を仮定した時間余裕の評価(参考資料 4-3)では、同モデルを用いた非定常解析を実施。また、機能喪失から2ヵ月後の水位分布をあくセスルトの評価にて参照。

* 2：気温、風速、日照時間、相対湿度、日射量は発電所内観測値による

* 3：平均気温・平均降水量は発電所内観測値、日照時間は地下水ハンドブックによる

* 4：地下水ハンドブック(建設産業調査会)、水理公式集(土木学会)等を参照し設定

* 5：水理公式集(土木学会)、河川砂防技術基準(国土交通省)等を参照し設定

g. 予測解析の検証（今後）

予測解析結果は、将来的な防潮堤の沈下対策や新設ドレーン等を考慮したものであるため、これらの施工完了後に観測水位を取得し、予測解析モデルの検証を行う計画としている。

観測井位置の設定にあたり、予測解析モデルを用いて防潮堤の沈下対策前後の状態を設定し、得られた地下水位分布の差分から、防潮堤の沈下対策による影響範囲を抽出した（参考資料 5-2）。なお、本解析は防潮堤沈下対策の有無のみモデル化しており、ドレーンは既設の設置範囲を全て考慮している（新設ドレーンは未考慮）。

図3.3-19は、防潮堤の沈下対策により地下水位が影響を受ける範囲と、この影響範囲を考慮した地下水位の観測計画を示している。今後、運転段階において得られる観測記録（観測孔No. ⑮～No. ⑳）と3次元浸透流解析による解析水位とを比較することにより、防潮堤の沈下対策による地下水位への影響並びに解析の妥当性を確認する計画としている。

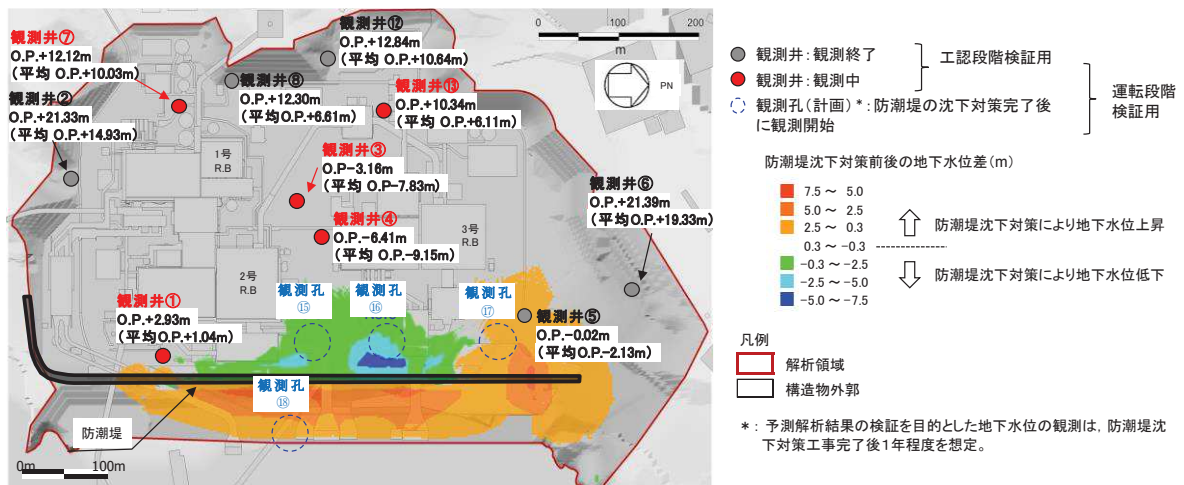


図3.3-19 防潮堤沈下対策による影響範囲と今後の地下水位観測計画

(3) 設計用地下水位の設定結果

a. 概要

設計用地下水位の設定において参照する地下水位分布を図3.3-20に示す。

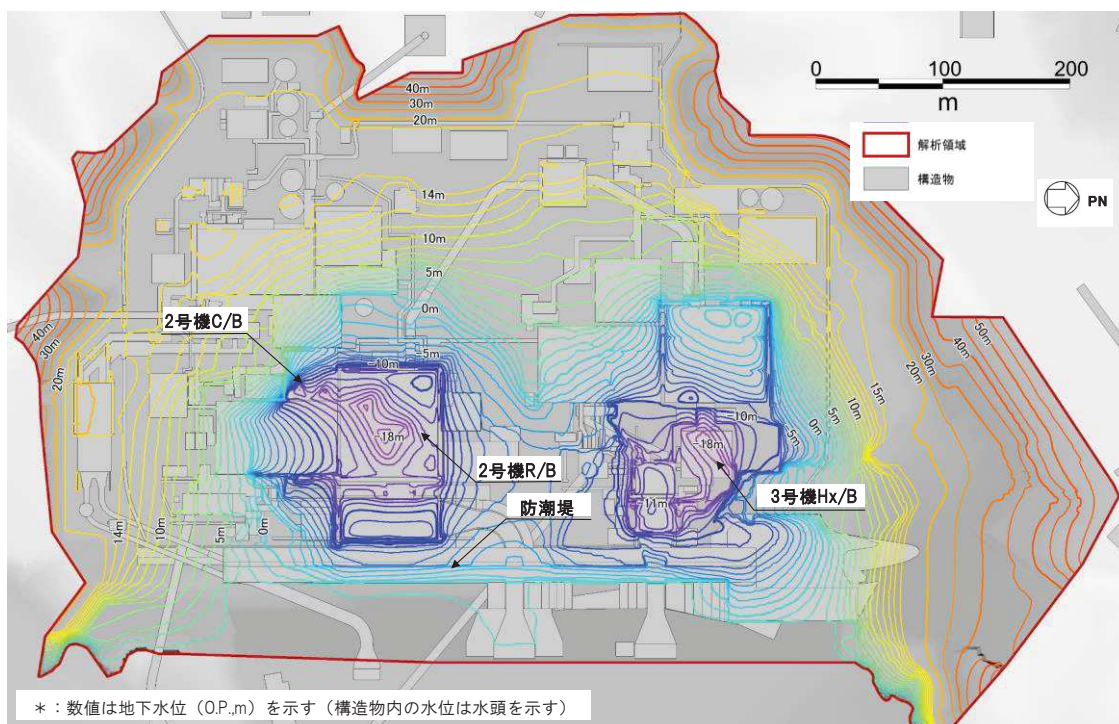


図3.3-20 設計用地下水位の設定において参照する敷地の地下水位分布
(3次元浸透流解析による予測解析結果)

図3.3-20の地下水位分布は、図3.3-18に示すドレーン状態に応じた4ケースの浸透流解析を実施し、得られた解析水位を包絡させたものである。

この解析水位に対し、保守的に（高めに）包絡するように設計用地下水位を設定する。設計用地下水位の設定方法（屋外重要土木構造物の例）を参考資料5-3に示す。

また、屋外の評価対象施設等（可搬型重大事故等対処設備保管場所・アクセスルートを除く）における、設計用地下水位に基づく液状化検討対象施設の抽出結果を参考資料5-4に示す。

なお、アクセスルートの地下構造物の浮上り評価に用いる設計用地下水位は、「c. アクセスルートの設計用地下水位」にて後述する。

b. 建物・構築物の設計用地下水位

建物・構築物の設計用地下水位の設定一覧を表3.3-8に、原子炉建屋，制御建屋，第3号機海水熱交換器建屋及び排気筒周辺の地下水位分布を図3.3-21～図3.3-25に示す。

表3.3-8 建物・構築物における設計用地下水位の設定一覧

施設名称	建設時工事計画認可申請時の設計用地下水位・揚圧力	浸透流解析による地下水位・揚圧力	設計用地下水位・揚圧力	備考
原子炉建屋 (基礎底面O.P. -14.1m)	29.4kN/m ² * ¹	8.4kN/m ² * ¹	29.4kN/m ² * ¹	
制御建屋 (基礎底面O.P. -1.5m)	0.0kN/m ² * ¹	4.6kN/m ² * ¹	4.9kN/m ² * ¹	
第3号機 海水熱交換器建屋 (基礎底面O.P. -12.5m～ O.P. -16.25m)	14.7kN/m ² * ¹	4.3kN/m ² * ¹	14.7kN/m ² * ¹	
排気筒 (基礎底面O.P. -4.0m)	O.P. +5.0m	O.P. +13.8m	O.P. +14.8m	地表面
緊急時対策建屋 (基礎底面O.P. +45.5m)	—* ²	— (解析領域外)	O.P. +62.0m	地表面
緊急用電気品建屋 (基礎底面O.P. +52.9m)	—* ²	— (解析領域外)	O.P. +62.3m	地表面

*1：建屋底面に作用する平均揚圧力

*2：建設時の工事計画認可申請対象外

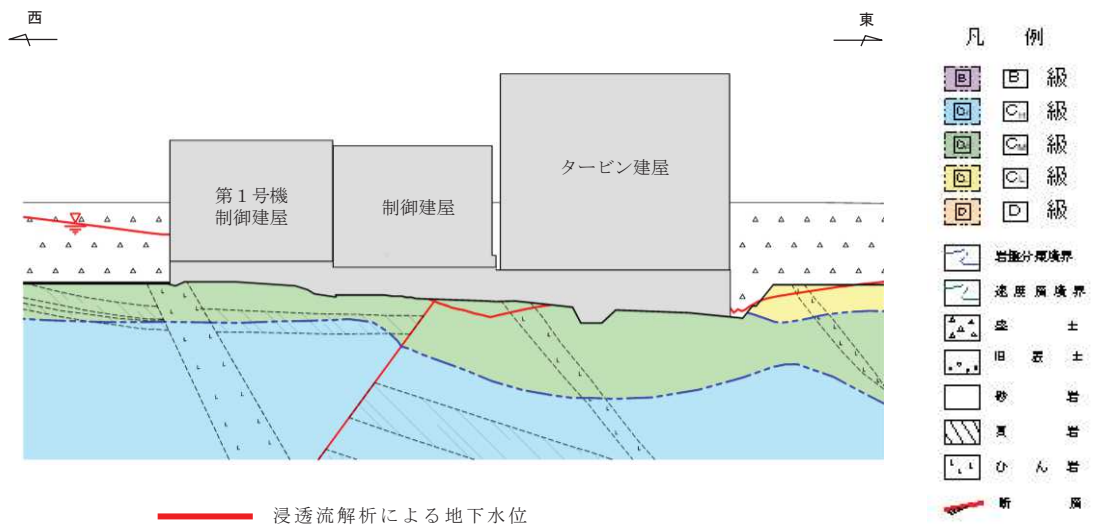


図 3.3-23 制御建屋周辺の地下水位分布

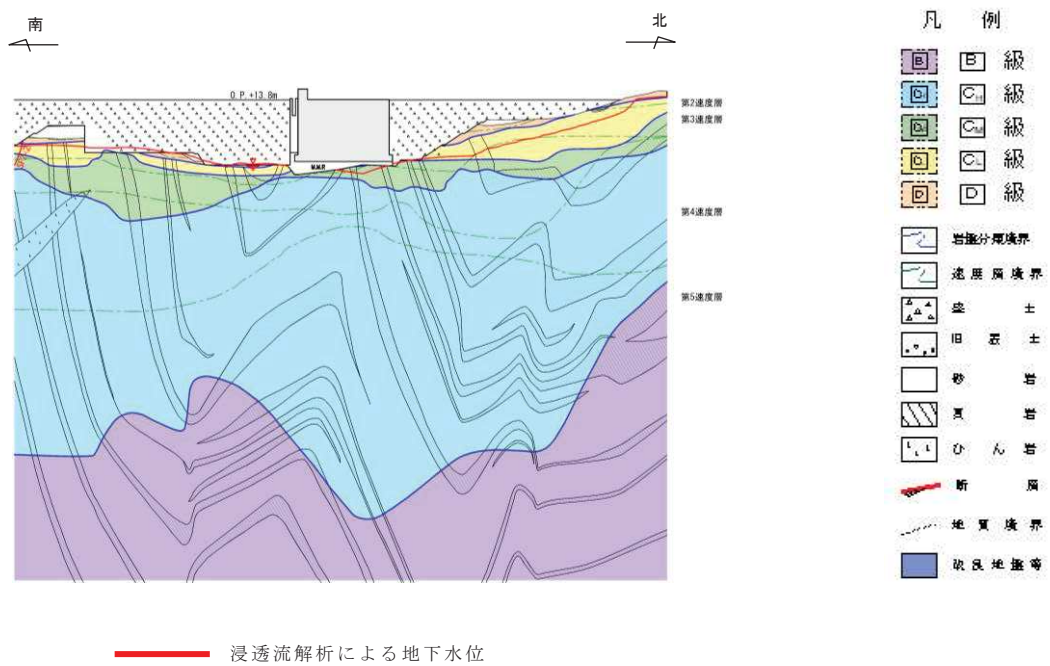


図 3.3-24 第3号機海水熱交換器建屋周辺の地下水位分布

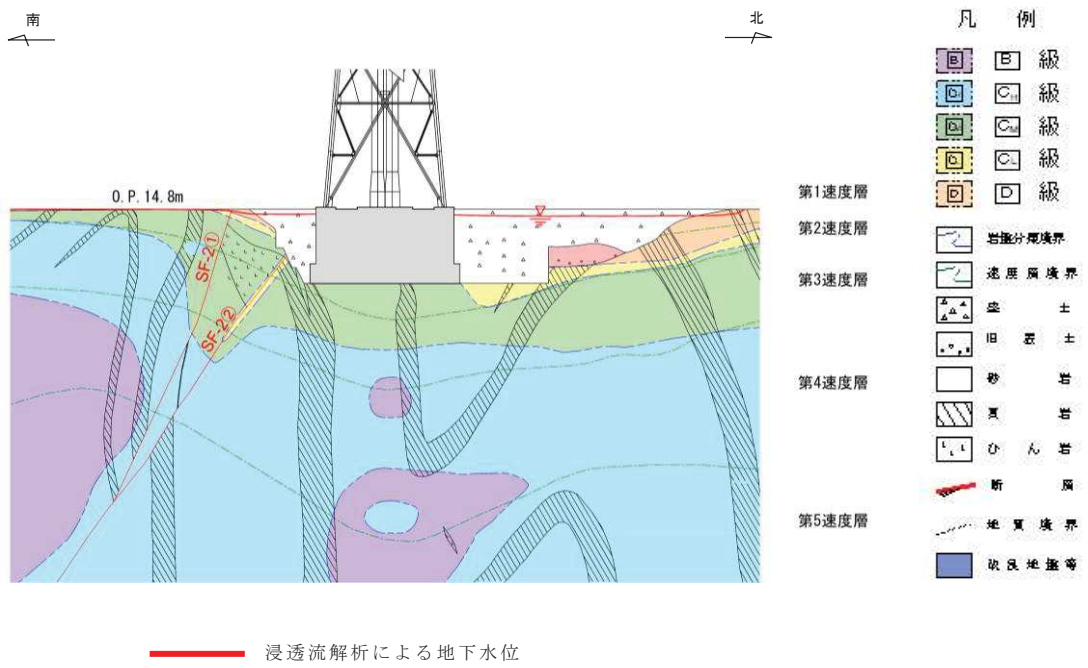


図 3.3-25 排気筒周辺の地下水位分布

c. 土木構造物の設計用地下水位

土木構造物の設計用地下水位の設定結果を表3.3-9及び図3.3-26～図3.3-41に示す。

表3.3-9 (1) 土木構造物における地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画 認可申請時の 設計用地下水位	浸透流解析に よる地下水位	設計用 地下水位	備考
原子炉機器 冷却海水 配管ダクト	横断	0. P. -14. 20m	0. P. -14. 28m～ 0. P. -5. 83m	0. P. -10. 50m～ 0. P. -3. 50m	
排気筒連絡 ダクト	縦断	0. P. -8. 00m～ 0. P. +4. 50m	0. P. -7. 14m～ 0. P. +13. 44m	0. P. +5. 73m～ 0. P. +14. 80m	
	横断 (断面①)	0. P. -8. 00m	0. P. -7. 17m～ 0. P. -3. 98m	0. P. +5. 73m	
	横断 (断面②)	0. P. -8. 00m	0. P. -3. 28m～ 0. P. -1. 49m	0. P. +5. 80m	
	横断 (断面③)	0. P. -8. 00m	0. P. -2. 50m～ 0. P. -0. 53m	0. P. + 5. 80m	
	横断 (断面⑤)	0. P. -1. 69m	0. P. +1. 10m～ 0. P. +7. 97m	0. P. +8. 19m～ 0. P. +9. 00m	
	横断 (断面⑦)	0. P. +0. 22m	0. P. +5. 36m～ 0. P. +10. 74m	0. P. +10. 10m～ 0. P. +12. 00m	
軽油タンク連絡ダクト		— *1	0. P. -5. 92m～ 0. P. +2. 15m	0. P. -3. 00m～ 0. P. +3. 00m	
取水路	縦断	0. P. -14. 10m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -11. 60m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -4. 53m～ 0. P. +2. 43m	
	横断 (標準部①)	0. P. +2. 43m	0. P. +1. 93m	0. P. +2. 43m	
	横断 (標準部②)	0. P. +2. 43m	0. P. +0. 30m～ 0. P. +2. 19m	0. P. +2. 43m	
	横断 (標準部③ (防潮堤横 断部))	0. P. +2. 43m	0. P. -4. 83m～ 0. P. -2. 26m	0. P. +2. 43m	
	横断 (標準部④ (防潮堤横 断部))	0. P. +2. 43m	0. P. -6. 21m～ 0. P. -3. 18m	0. P. -1. 00m	
	曲がり部 南北	0. P. +2. 43m	0. P. -9. 56m～ 0. P. -3. 90m	0. P. -1. 01m	

*1：建設時工事計画認可申請対象外

表3.3-9 (2) 土木構造物における地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画 認可申請時の 設計用地下水位	浸透流解析に よる地下水位	設計用 地下水位	備考
取水路	曲がり部 東西	—*1	0. P. -7. 39m～ 0. P. +2. 26m	0. P. -1. 03m～ 0. P. +2. 43m	
	漸拡部 東西	0. P. -14. 10m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -14. 13m～ 0. P. +2. 39m	0. P. -4. 53m～ 0. P. +2. 43m	
海水 ポンプ室	縦断	0. P. -14. 10m～ 0. P. +8. 83m	0. P. -12. 64m～ 0. P. +12. 83m	0. P. -8. 50m～ 0. P. +14. 00m	
	横断	0. P. -14. 10m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -14. 13m～ 0. P. +2. 39m	0. P. -8. 50m～ 0. P. +2. 43m	
軽油 タンク室	南北	—*1	0. P. -14. 29m～ 0. P. -3. 78m	0. P. -3. 00m	
	東西	—*1	0. P. -5. 92m～ 0. P. +5. 17m	0. P. -3. 00m～ 0. P. +6. 50m	
軽油 タンク室 (H)	南北	—*1	0. P. -12. 80m～ 0. P. -3. 78m	0. P. -3. 00m	
	東西	—*1	0. P. -5. 92m～ 0. P. +5. 17m	0. P. -3. 00m～ 0. P. +6. 50m	
取水口 (貯留堰)	南北 (標準部)	0. P. +2. 43m	0. P. +2. 43m	0. P. +2. 43m	朔望平均 満潮位
	南北 (漸縮部)	0. P. +2. 43m	0. P. +1. 95m	0. P. +2. 43m	朔望平均 満潮位
復水貯蔵 タンク基礎	南北	0. P. +2. 00m～ 0. P. +9. 50m	0. P. -14. 29m～ 0. P. -3. 78m	0. P. -3. 00m	
	東西	0. P. -6. 00m	0. P. -5. 92m～ 0. P. +2. 15m	0. P. -3. 00m ～0. P. +3. 00m	
ガスタービン 発電設備 軽油タンク室	南北	—*1	— (解析領域外)	0. P. +62. 30m	地表面
	東西	—*1	— (解析領域外)	0. P. +62. 30m	地表面

*1：建設時工事計画認可申請対象外

表3.3-9 (3) 土木構造物における地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画 認可申請時の 設計用地下水位	浸透流解析によ る地下水位	設計用 地下水位	備考
防潮堤 (鋼管式 鉛直壁)	横断 (岩盤部①)	—*1	0. P. +13. 80m*2	0. P. +2. 50m～ 0. P. +18. 50m*2	
	横断 (岩盤部②)	—*1	0. P. +4. 92m～ 0. P. +9. 18m*2	0. P. +5. 00m～ 0. P. +17. 00m*2	
	横断 (一般部①)	—*1	0. P. -14. 42m～ 0. P. +1. 43m*2	0. P. +1. 43m*2	
	横断 (一般部②)	—*1	0. P. -7. 07m～ 0. P. +1. 43m*2	0. P. +1. 43m*2	
	横断 (一般部③)	—*1	0. P. -16. 03m～ 0. P. +1. 43m*2	0. P. +1. 43m*2	
	横断 (一般部④)	—*1	0. P. -12. 15m～ 0. P. +1. 43m*2	0. P. +1. 43m～ 0. P. +13. 80m*2	
	RC 遮水壁	—*1	— (解析領域外)	0. P. +29. 0m*2	地表面
防潮堤 (盛土堤 防)	横断①	—*1	0. P. -0. 57m～ 0. P. +2. 68m*2	0. P. +1. 43m～ 0. P. +13. 80m*2	
防潮壁	第2号機 海水ポンプ室	—*1	0. P. -15. 00m～ 0. P. -5. 25m*2	0. P. -12. 50m～ 0. P. -4. 00m*2	
	第2号機 放水立坑	—*1	0. P. +0. 22m～ 0. P. +10. 14m*2	0. P. +3. 50m～ 0. P. +11. 50m*2	
	第3号機 海水ポンプ室	—*1	0. P. -16. 59m～ 0. P. -9. 47m*2	0. P. -11. 00m～ 0. P. -7. 50m*2	
	第3号機 放水立坑	—*1	0. P. -11. 05m～ 0. P. -5. 73m*2	0. P. -10. 00m～ 0. P. +4. 00m*2	
取放水路流 路縮小工	第1号機取水路	—*1	0. P. +10. 54m～ 0. P. +16. 18m*2	0. P. +13. 80m～ 0. P. +18. 50m*2	地表面
	第1号機放水路	—*1	0. P. +12. 75m～ 0. P. +13. 80m*2	0. P. +13. 80m*2	地表面

*1：建設時工事計画認可申請対象外

*2：平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高

表3.3-9 (4) 土木構造物における地下水位の設定一覧

施設名称		建設時工事計画 認可申請時の設 計用地下水位	浸透流解析に よる地下水位	設計用 地下水位	備考
第3号機 海水ポンプ室	縦断	0. P. -12. 53m～ 0. P. +1. 24m	0. P. -13. 75m～ 0. P. +2. 43m	0. P. -12. 00m～ 0. P. +2. 43m	
	横断	0. P. -12. 79m～ 0. P. +1. 60m	0. P. -13. 14m～ 0. P. -4. 77m	0. P. -12. 00m～ 0. P. -2. 51m	
揚水井戸	南北	—*1	0. P. -14. 09m～ 0. P. -8. 94m*2	0. P. -13. 50m～ 0. P. -8. 00m*2	
	東西	—*1	0. P. -14. 09m～ 0. P. -6. 92m*2	0. P. -13. 50m～ 0. P. -5. 50m*2	
第3号機補機冷却海水系 放水ピット		—*1	0. P. -15. 99m～ 0. P. -6. 35m*2	0. P. -15. 00m～ 0. P. -6. 00m*2	
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側)		—*1	0. P. +4. 92m～ 0. P. +6. 83m*2	0. P. +5. 00m～ 0. P. +17. 00m*2	

*1：建設時工事計画認可申請対象外

*2：平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高

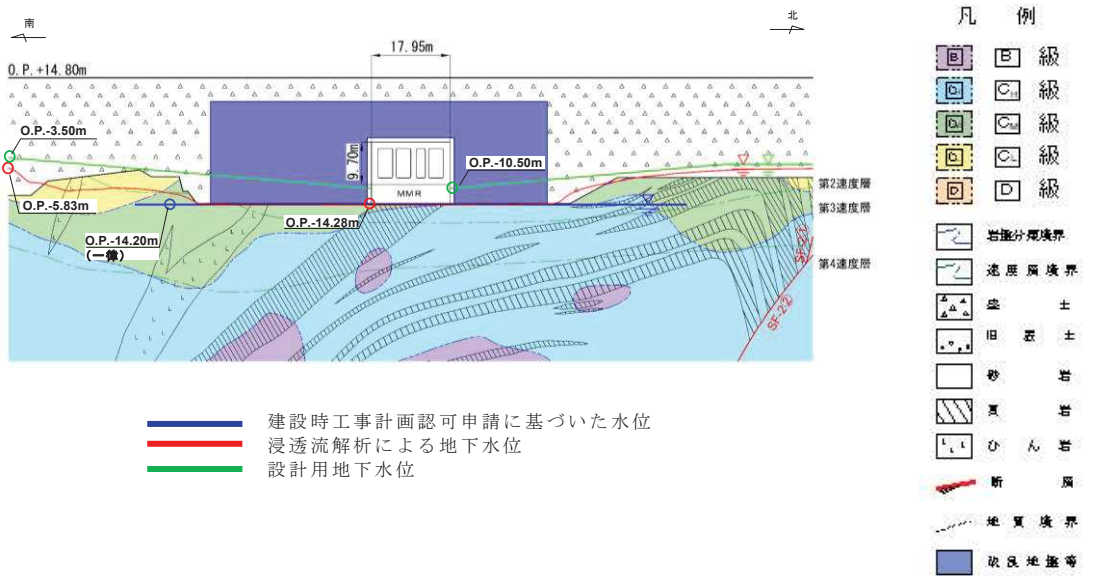


図 3.3-26 原子炉機器冷却海水配管ダクトの設計用地下水位 (横断)

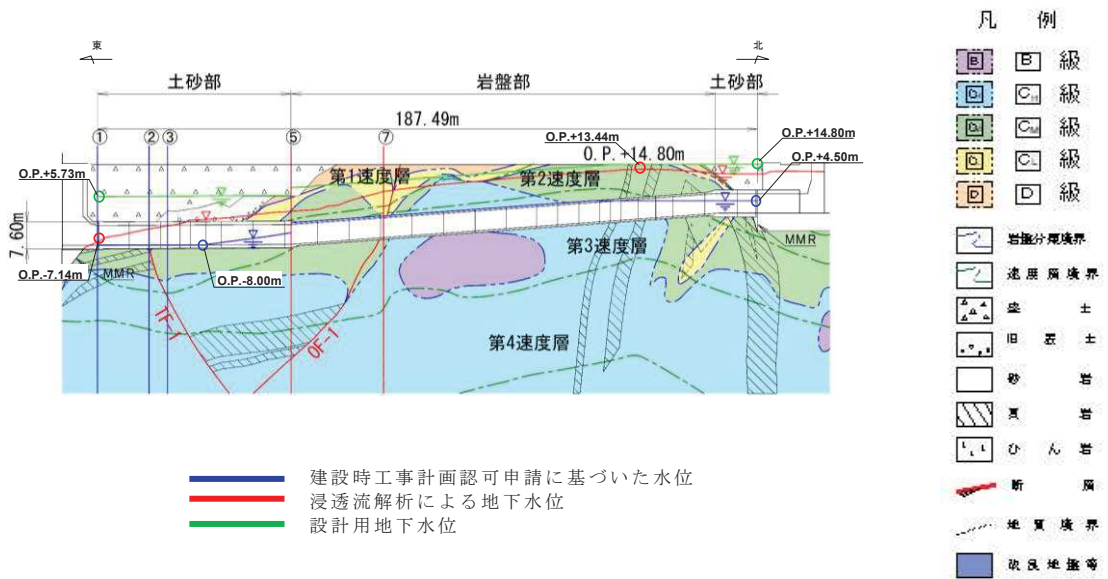


図 3.3-27(1) 排気筒連絡ダクトの設計用地下水位 (縦断)

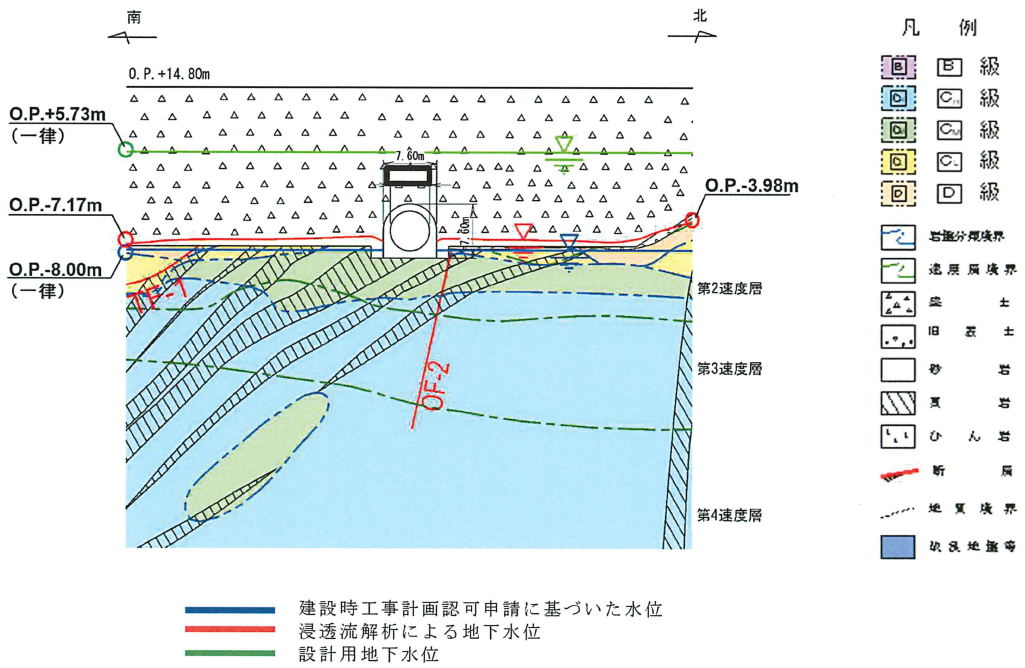


図 3.3-27(2) 排気筒連絡ダクトの設計用地下水位 (横断(断面①))

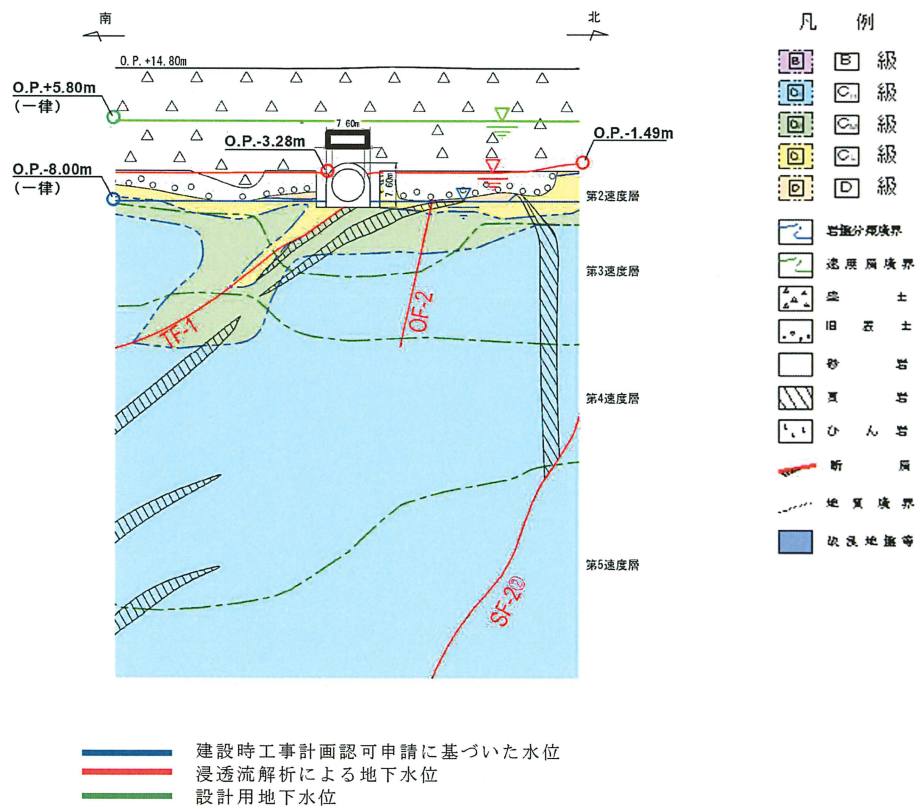


図 3.3-27(3) 排気筒連絡ダクトの設計用地下水位 (横断(断面②))

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

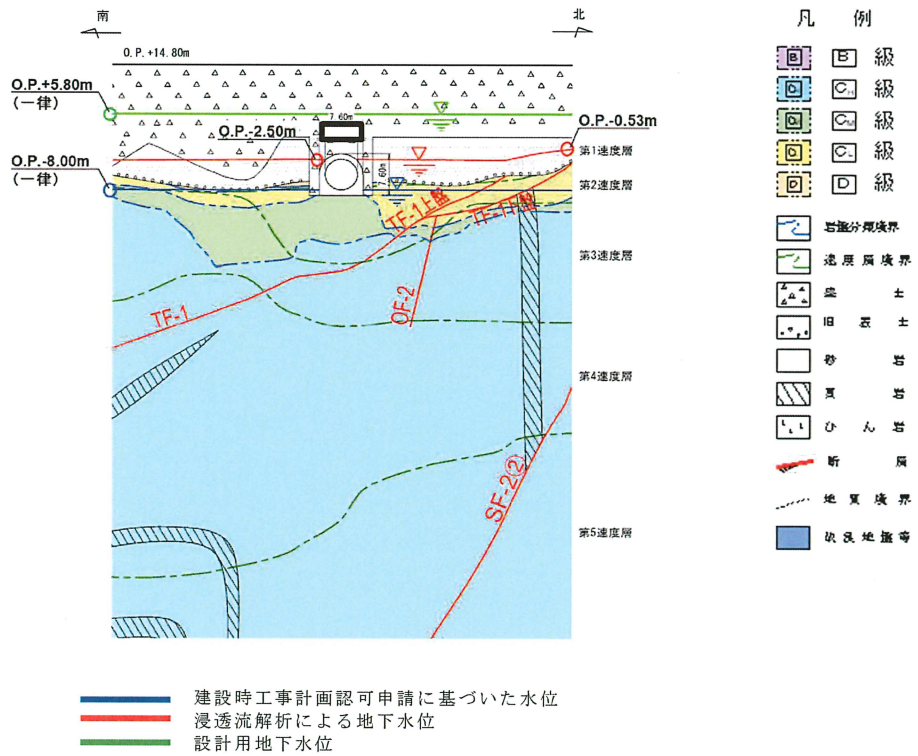


図 3.3-27(4) 排気筒連絡ダクトの設計用地下水位 (横断(断面③))

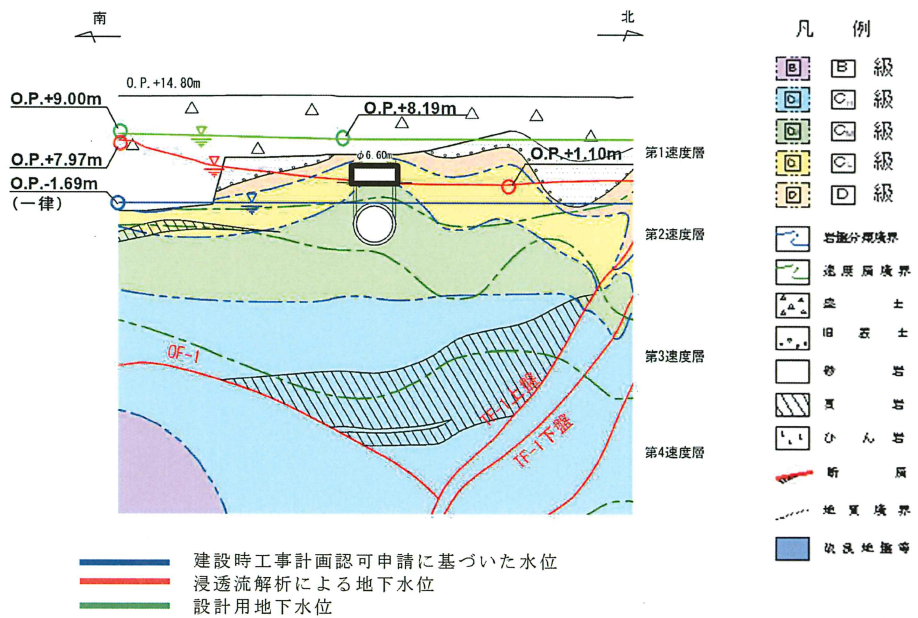


図 3.3-27(5) 排気筒連絡ダクトの設計用地下水位 (横断(断面⑤))

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

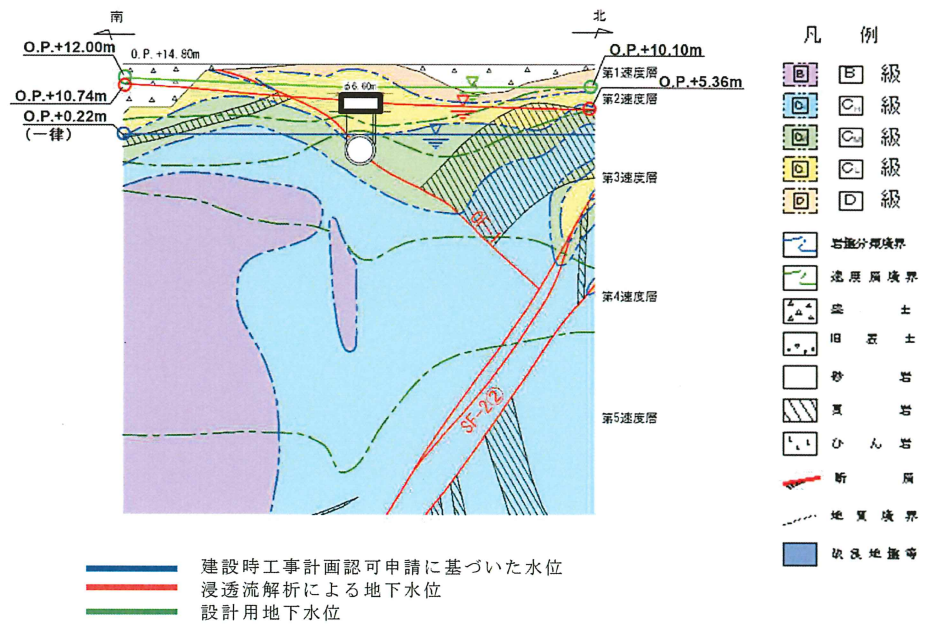


図 3.3-27(6) 排気筒連絡ダクトの設計用地下水位 (横断(断面⑦))

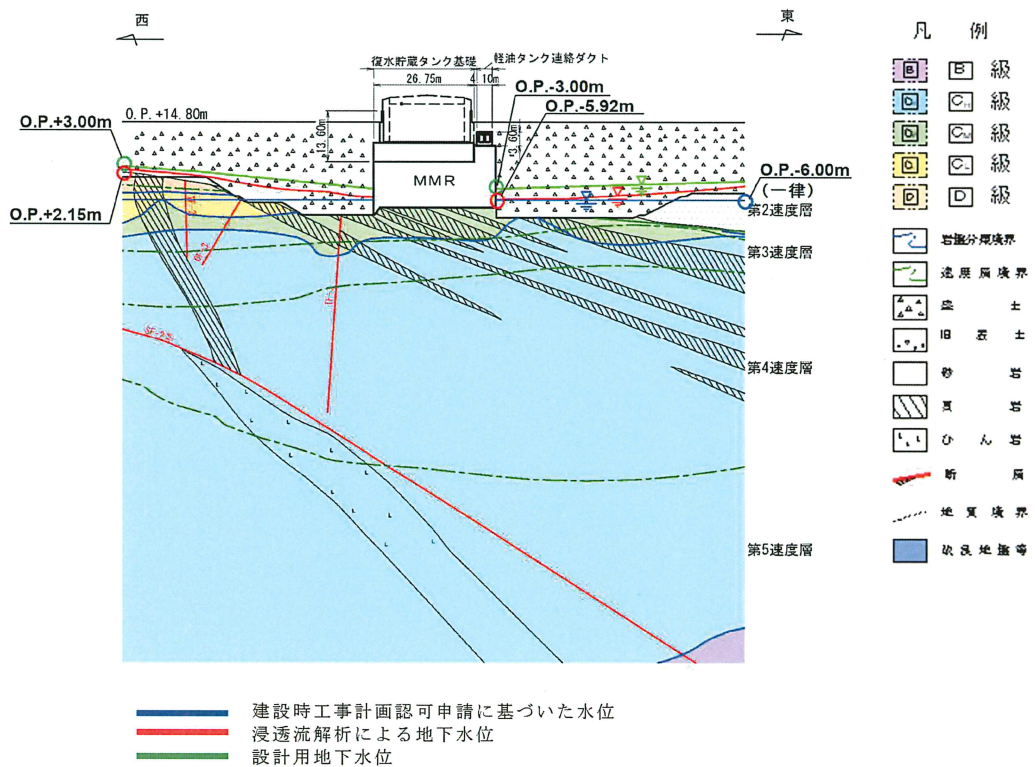


図 3.3-28 軽油タンク連絡ダクトの設計用地下水位 (東西)
 (復水貯蔵タンク基礎の東西方向断面の設計用地下水位含む)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

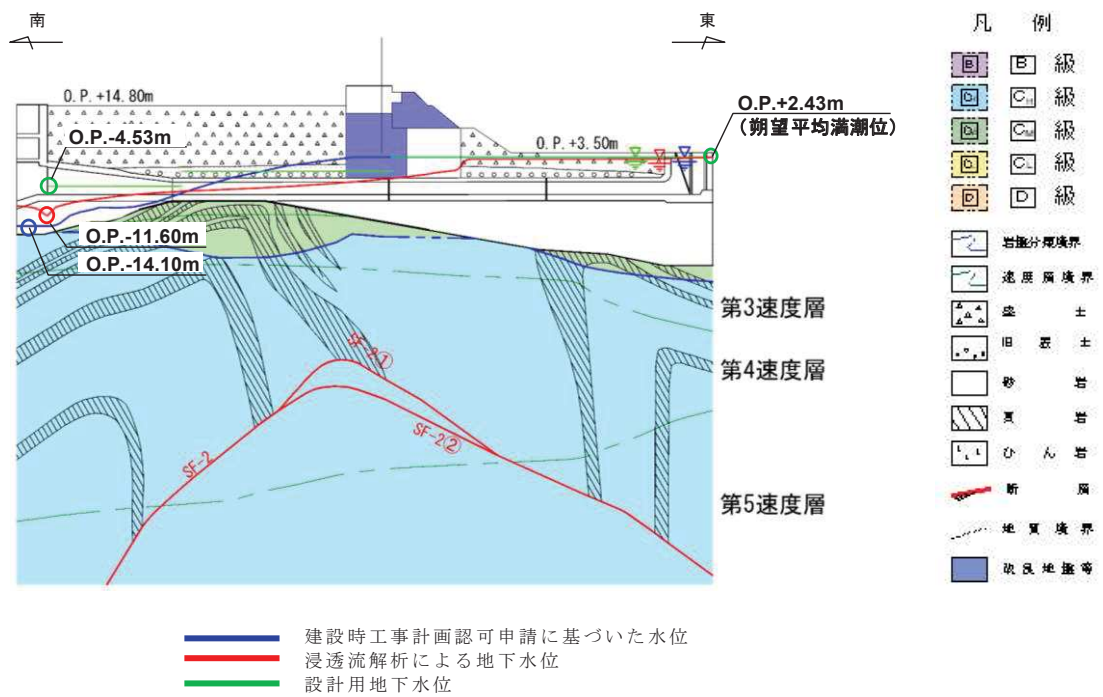


図 3.3-29(1) 取水路の設計用地下水位（縦断）

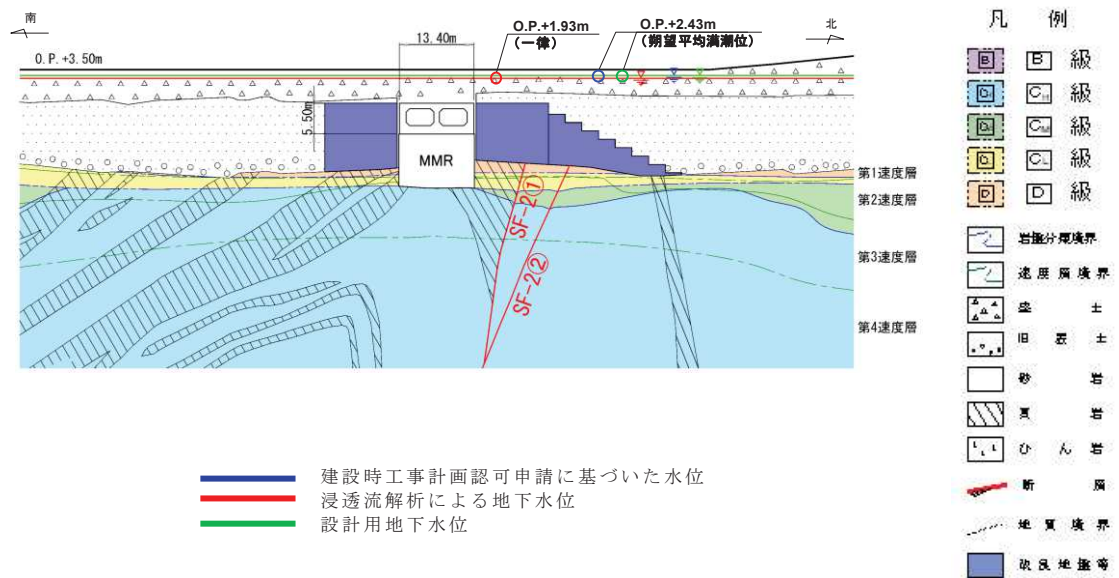


図 3.3-29(2) 取水路の設計用地下水位（横断（標準部①））
（改良地盤に囲まれる箇所）

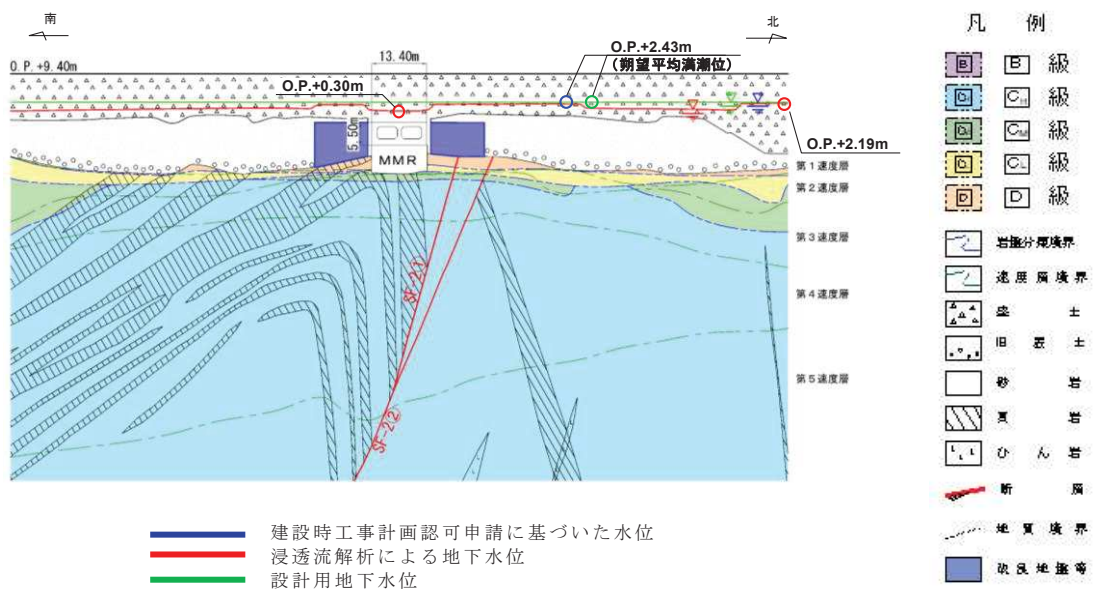


図 3.3-29(3) 取水路の設計用地下水位 (横断(標準部②))
 (改良地盤に囲まれる箇所以外)

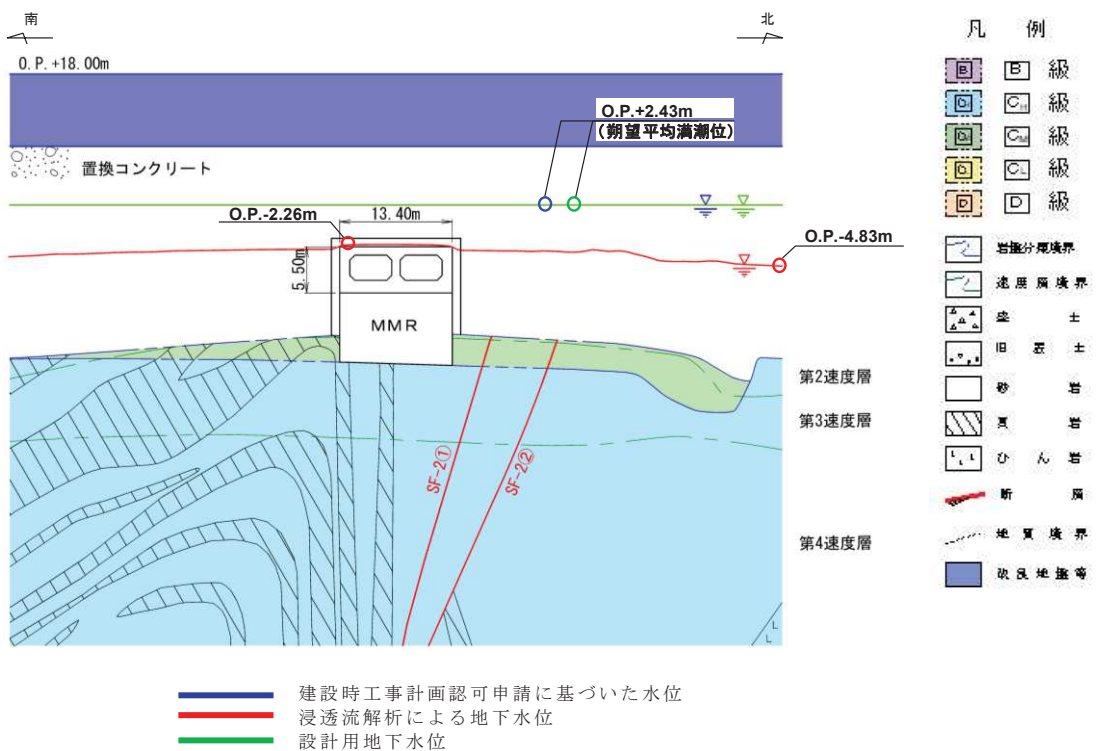


図 3.3-29(4) 取水路の設計用地下水位 (横断(標準部③))
 (防潮堤を横断する箇所(1))

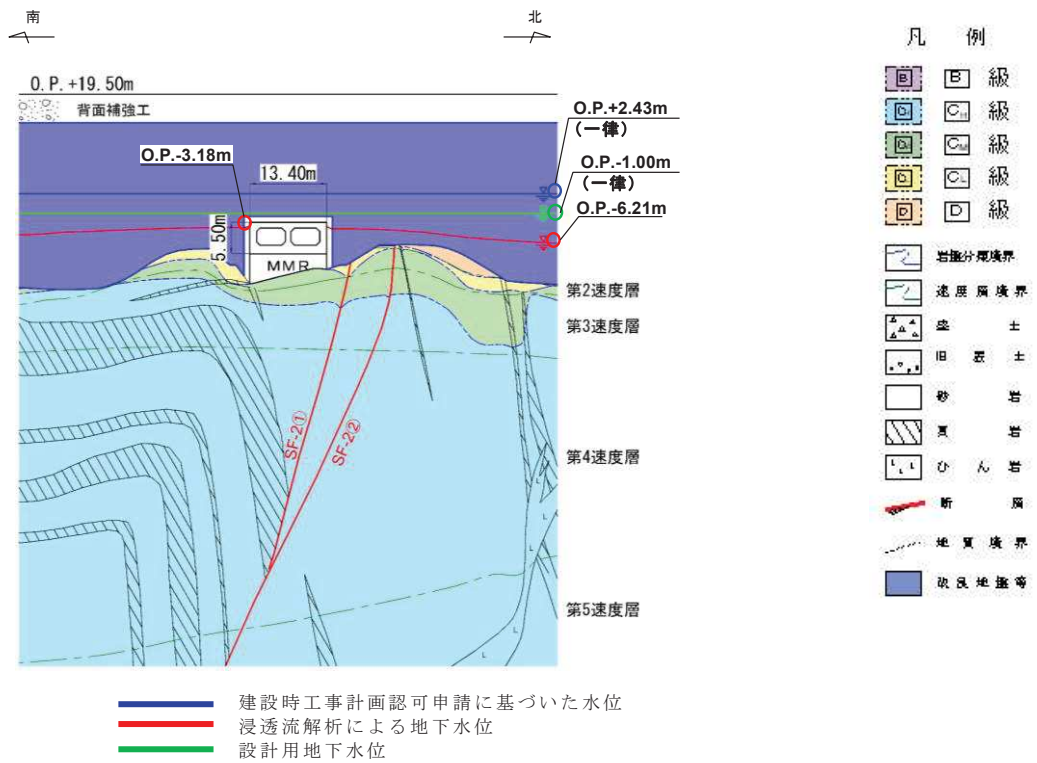


図 3.3-29(5) 取水路の設計用地下水位（横断（標準部④））
（防潮堤を横断する箇所(2)）

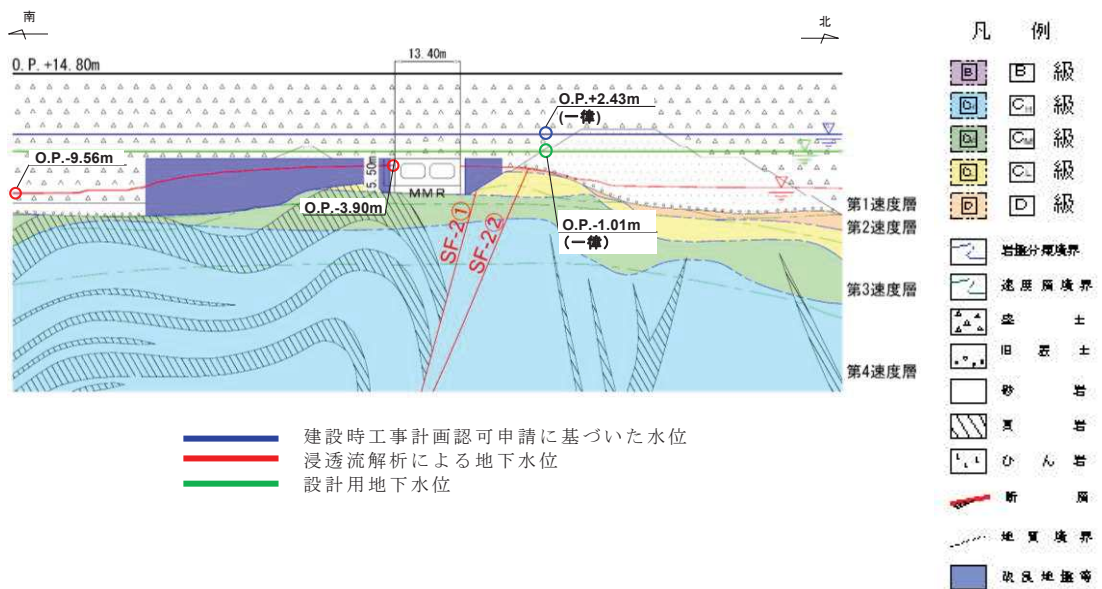


図 3.3-29(6) 取水路の設計用地下水位（曲がり部）（南北）

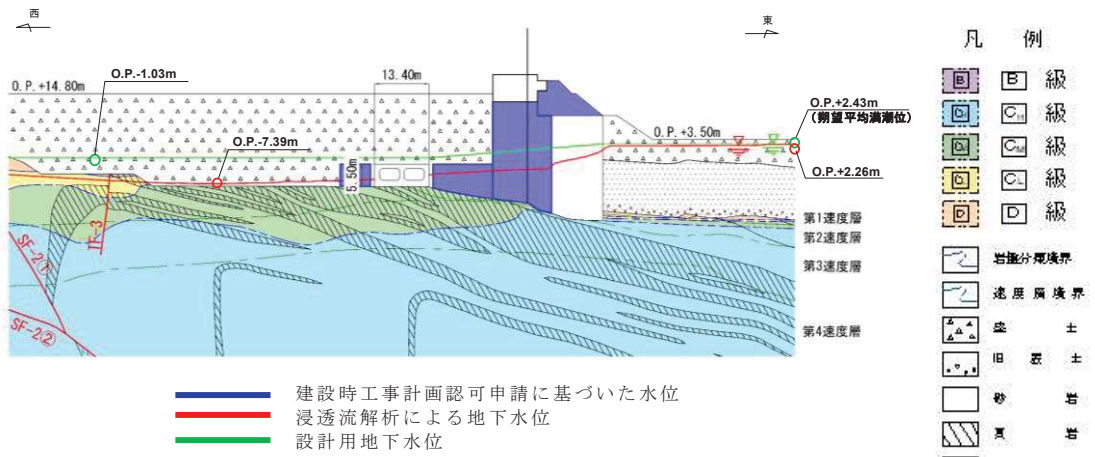


図 3.3-29(7) 取水路の設計用地下水位 (曲がり部) (東西)

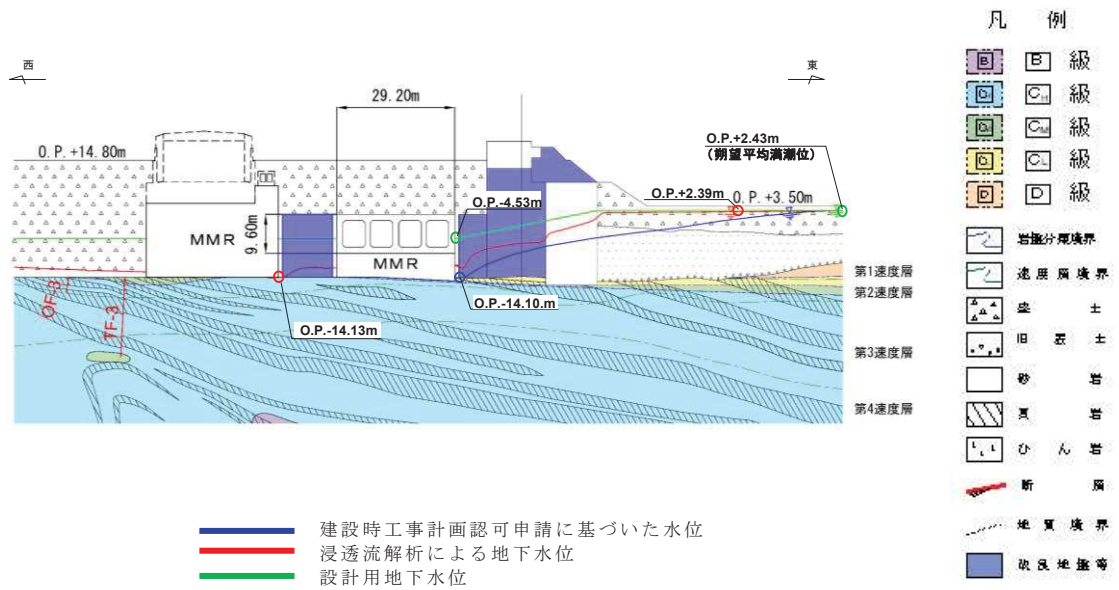


図 3.3-29(8) 取水路の設計用地下水位 (漸拡部) (東西)

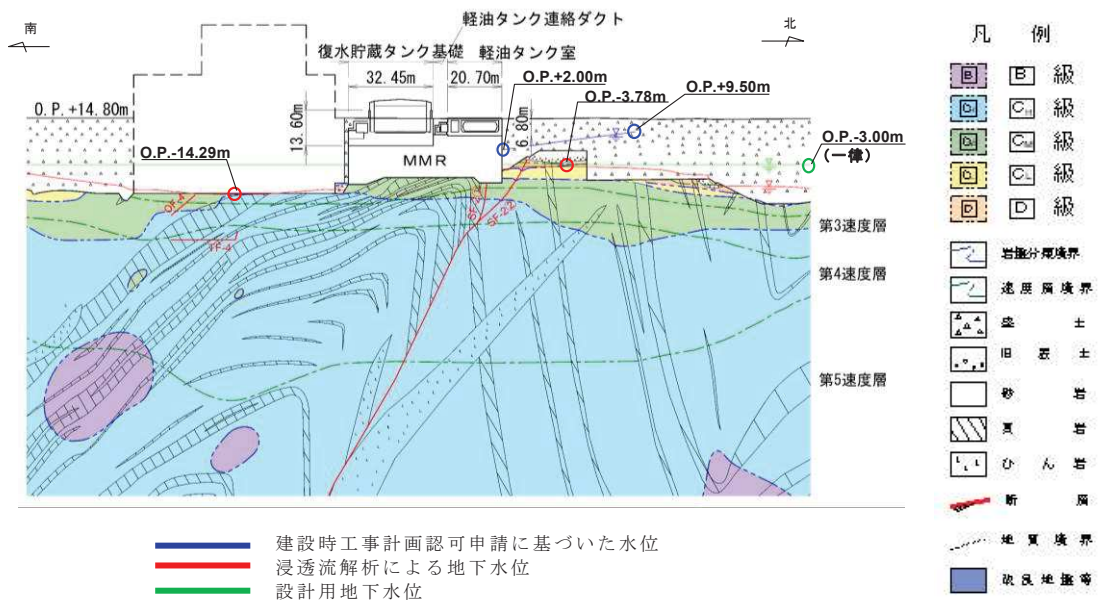


図 3.3-31 軽油タンク室の設計用地下水位（南北）
 （復水貯蔵タンク基礎の南北方向断面の設計用地下水位を含む）

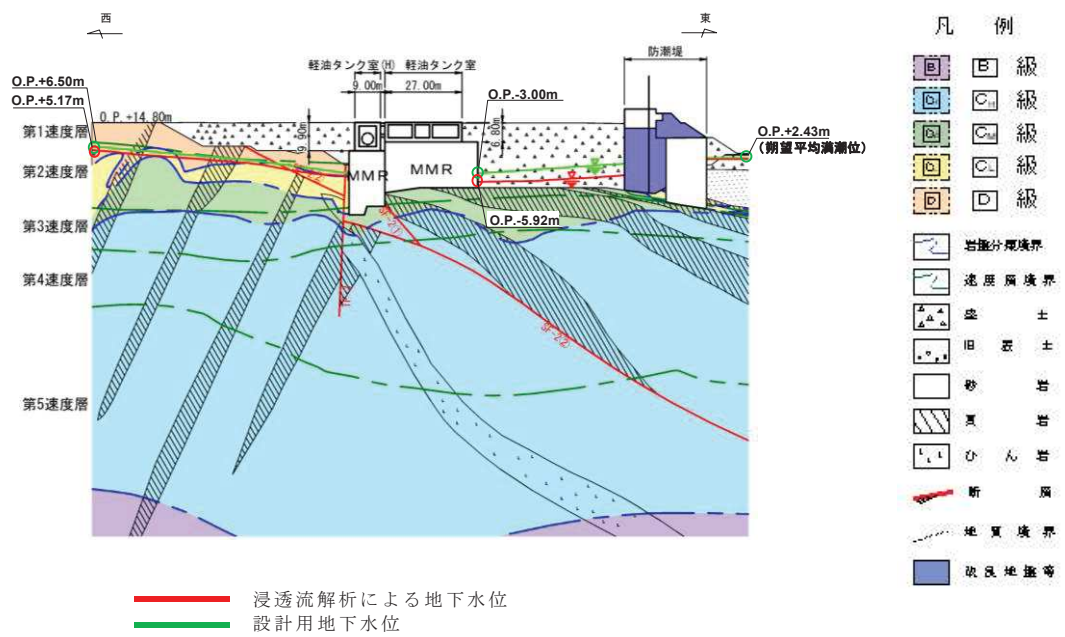


図 3.3-32(1) 軽油タンク室，軽油タンク室（H）の設計用地下水位（東西）

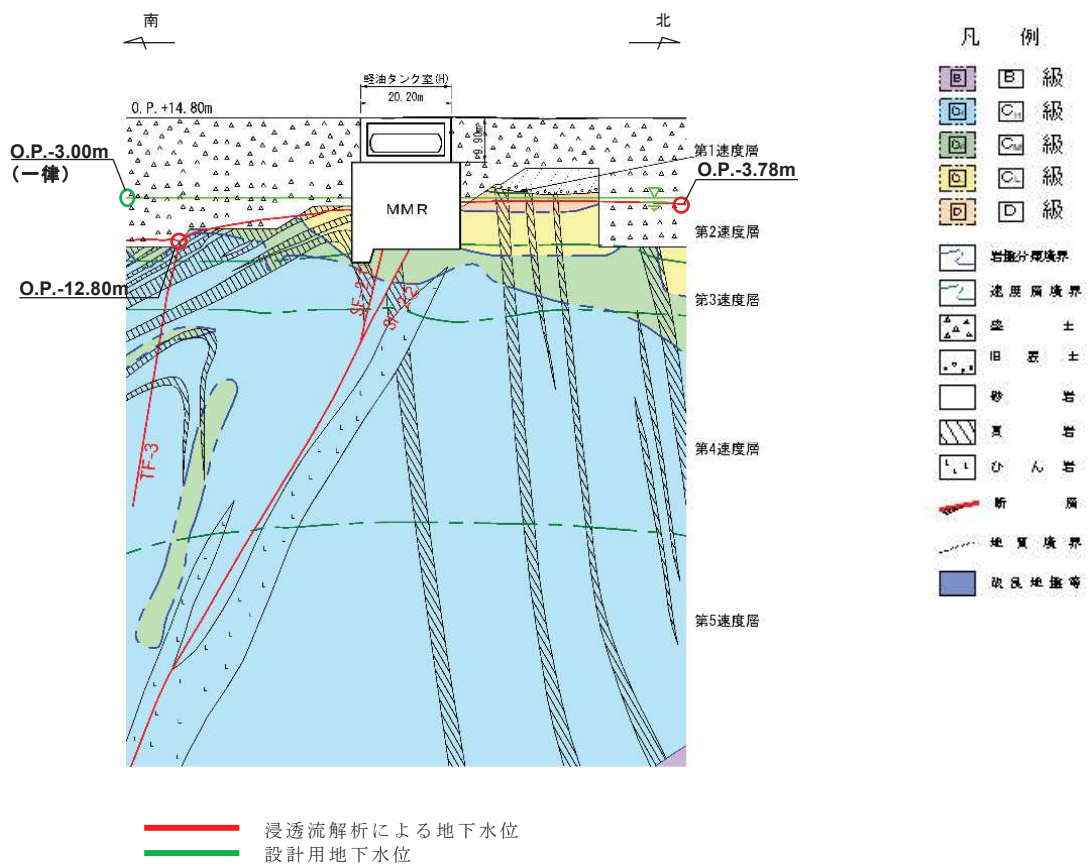


図 3.3-32(2) 軽油タンク室 (H) の設計用地下水位 (南北)

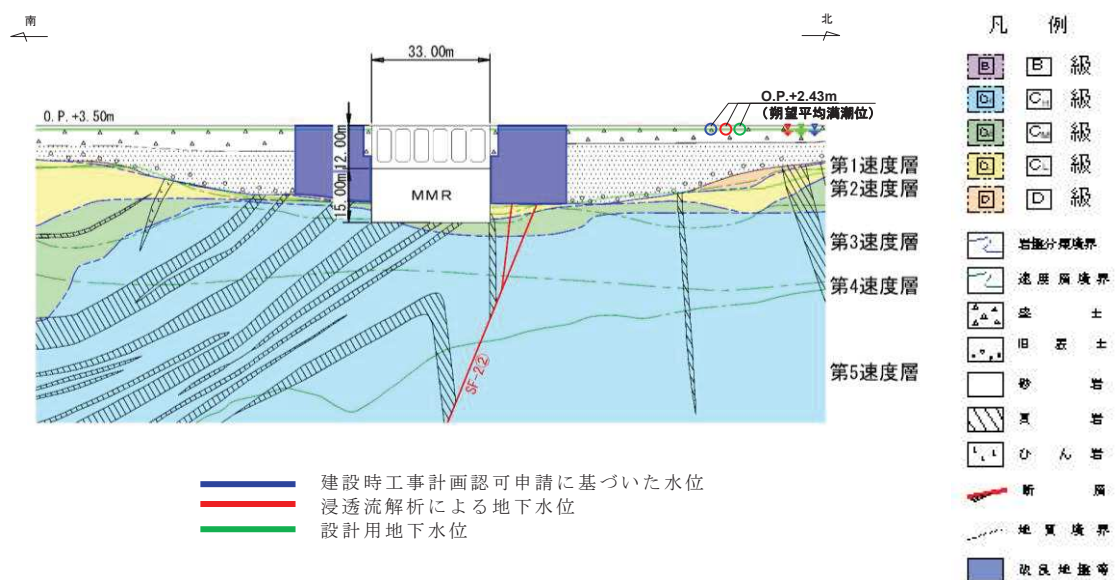


図 3.3-33(1) 取水口 (標準部) の設計用地下水位 (南北)

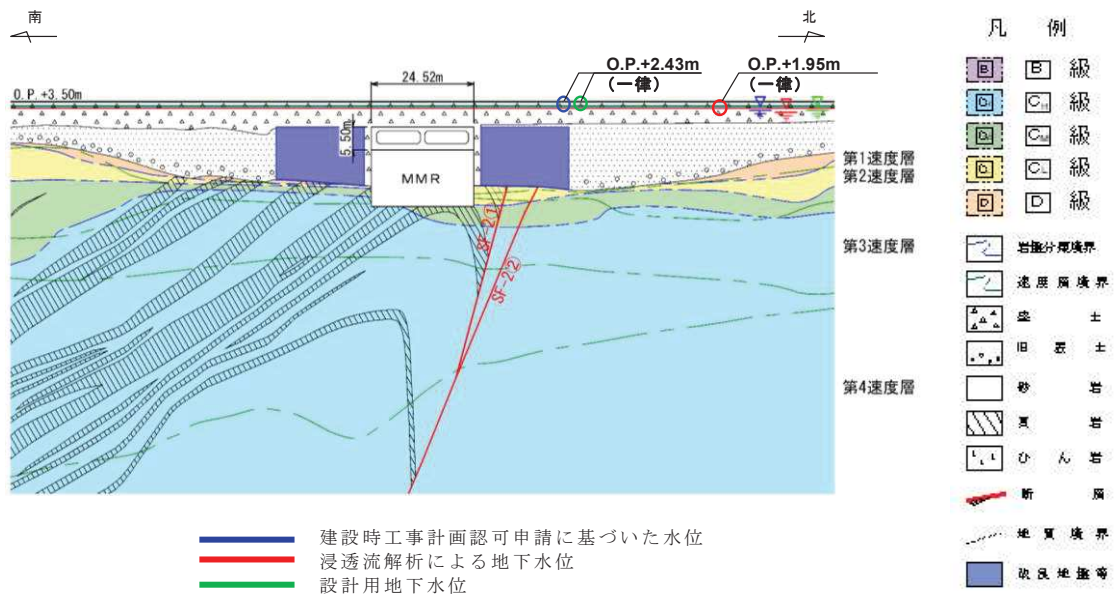


図 3.3-33(2) 取水口（漸縮部）の設計用地下水位（南北）

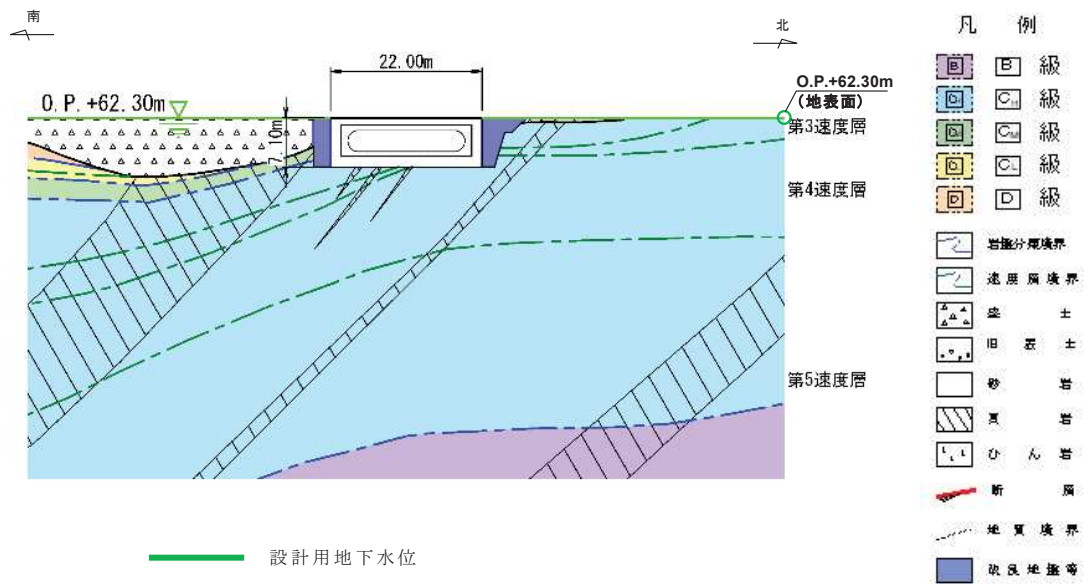
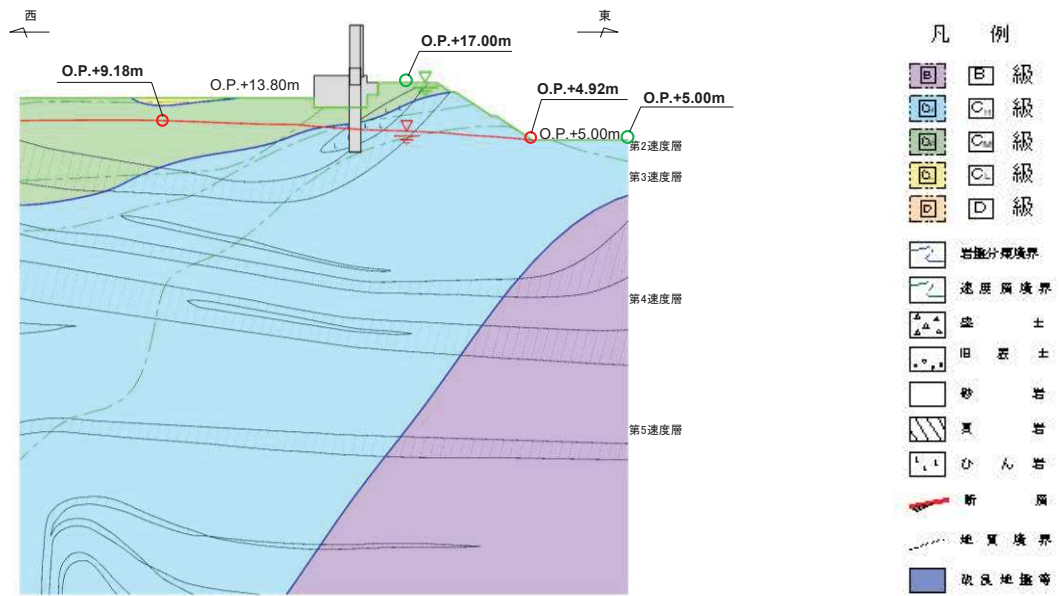


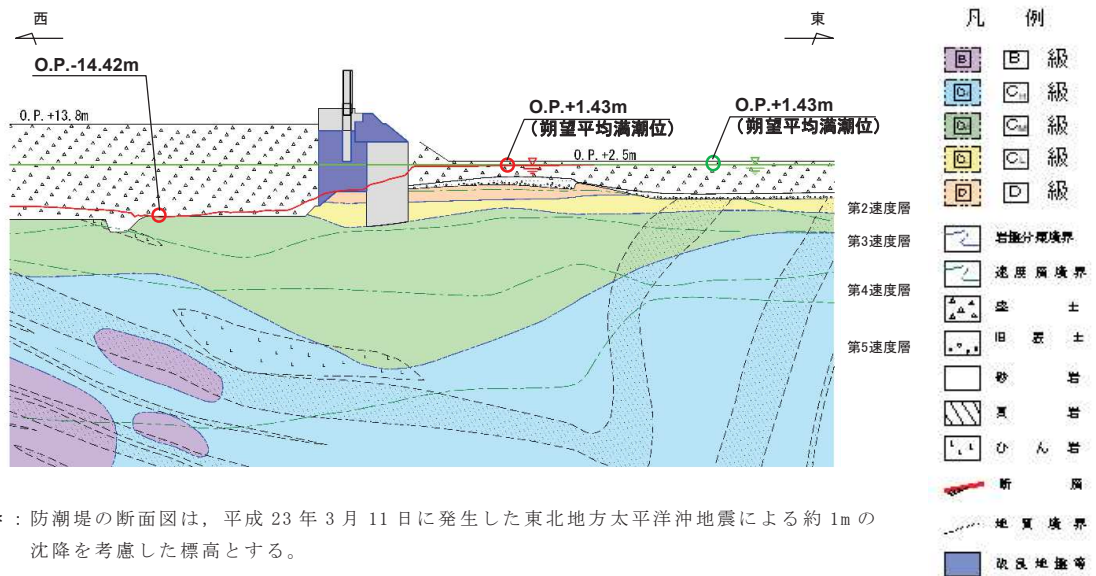
図 3.3-33(1) ガスタービン発電設備軽油タンク室の設計用地下水位（南北）



*：防潮堤の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

浸透流解析による地下水位
 設計用地下水位
 (防潮堤における地下水位は、設置変更許可段階の検討(浸透流解析実施前)を踏まえ、岩盤部では保守的に岩盤表面とする。)

図 3.3-35(2) 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の設計用地下水位(岩盤部②)



*：防潮堤の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

浸透流解析による地下水位
 設計用地下水位
 (防潮堤における地下水位は、設置変更許可段階の検討(浸透流解析実施前)を踏まえ、一般部では保守的に期望平均満潮位とする。)

図 3.3-35(3) 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の設計用地下水位(一般部①)

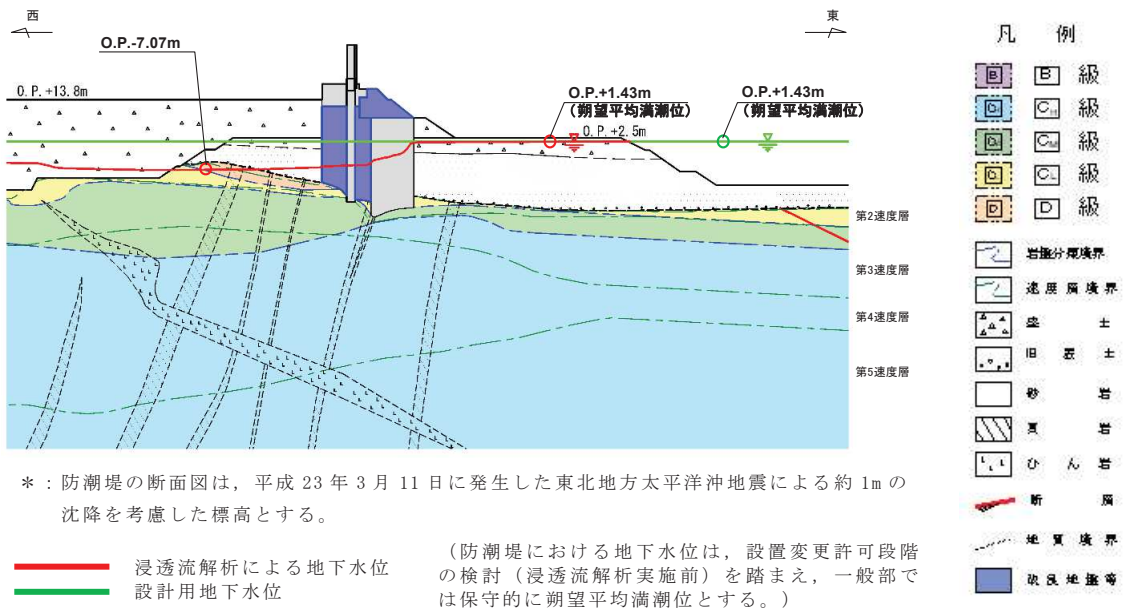


図 3.3-34(4) 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の設計用地下水位(一般部②)

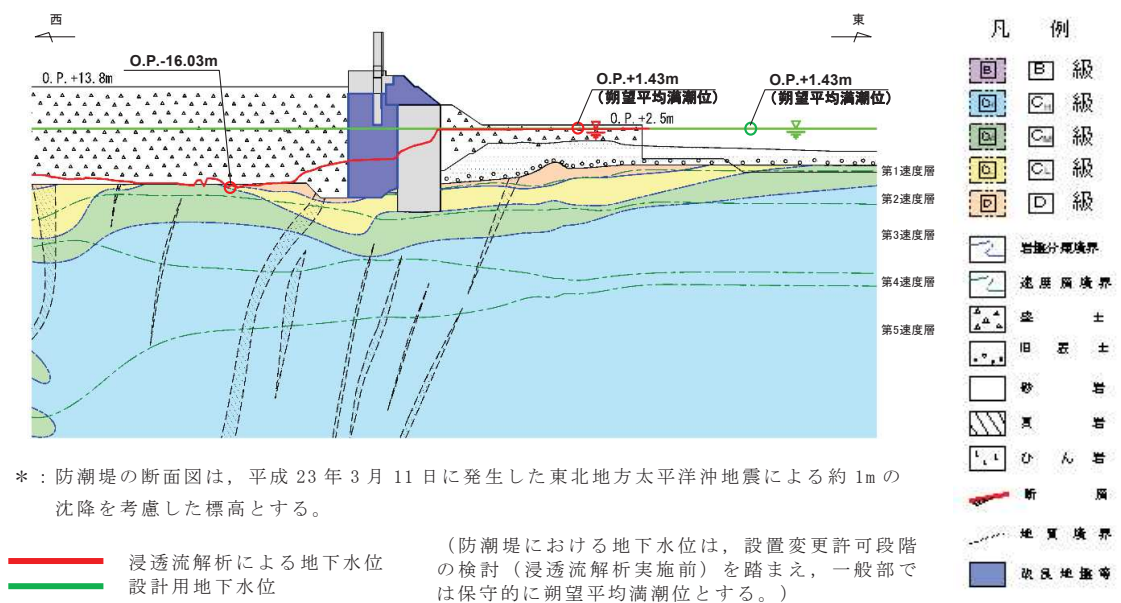


図 3.3-34(5) 防潮堤(鋼管式鉛直壁)の設計用地下水位(一般部③)

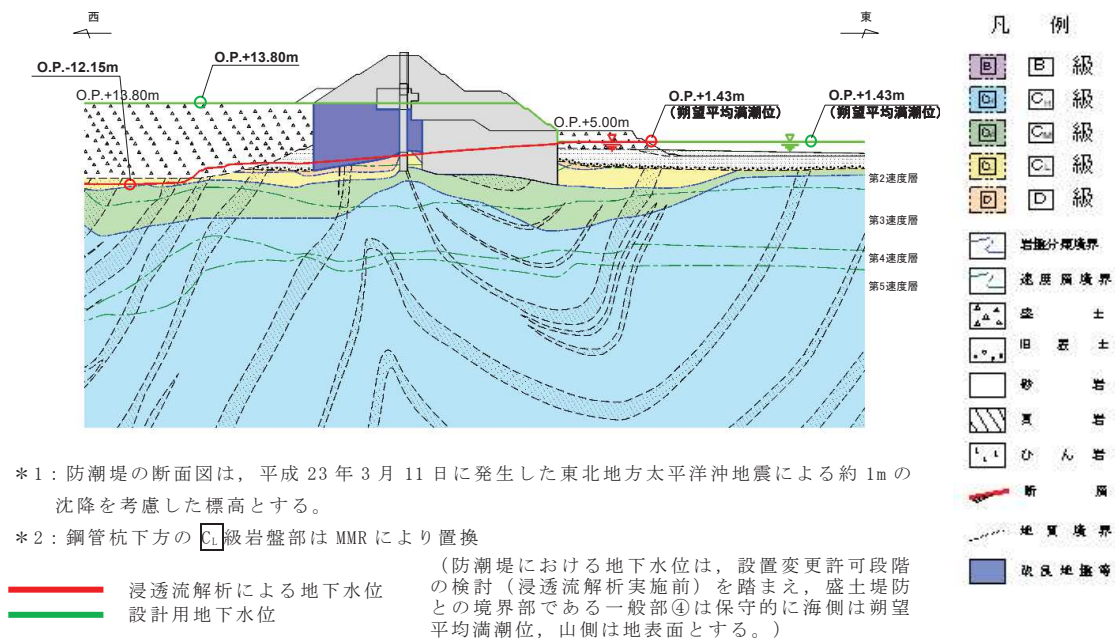


図 3.3-34(6) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の設計用地下水位（一般部④）

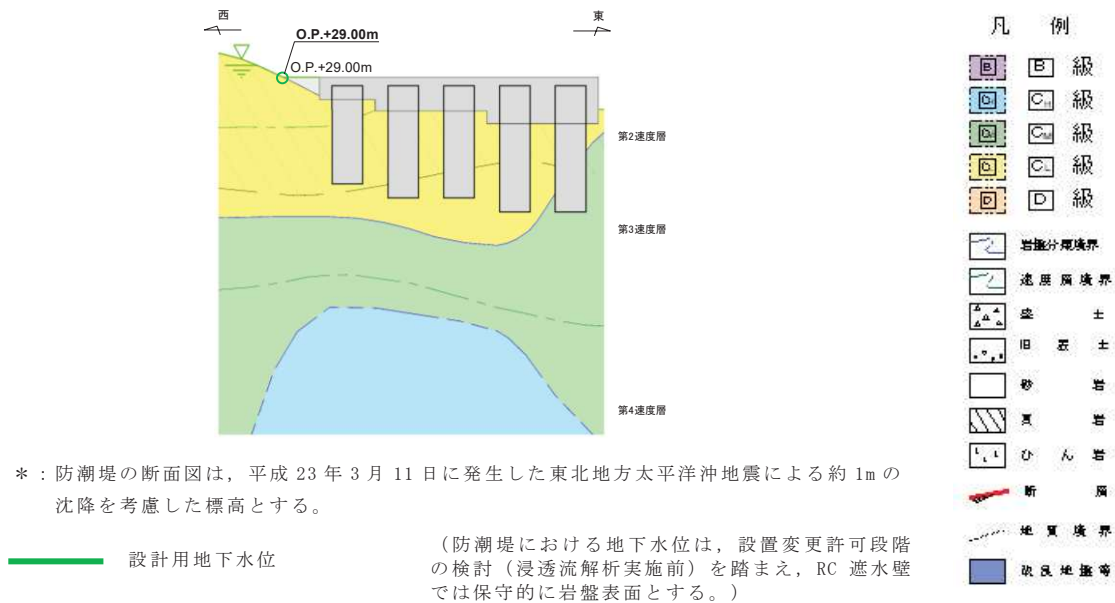
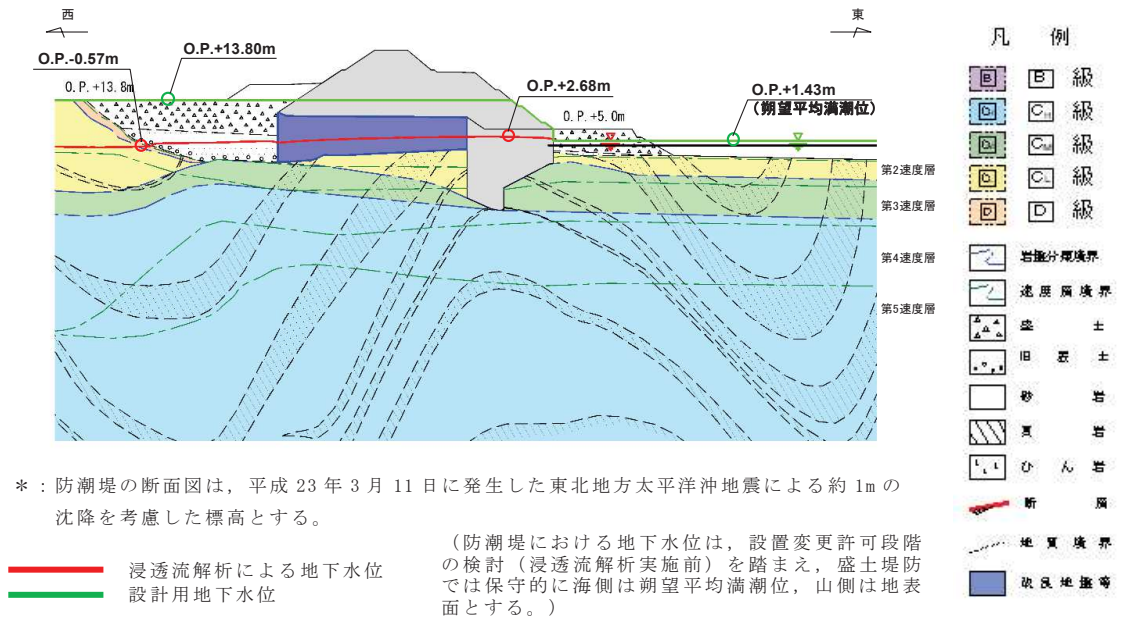
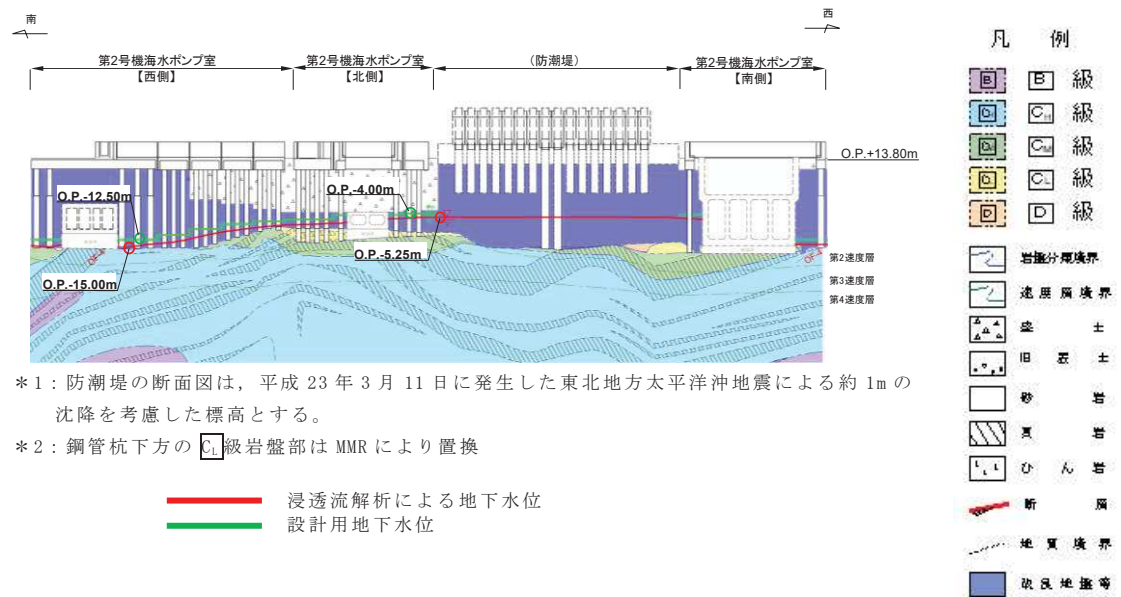


図 3.3-34(7) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の設計用地下水位（RC遮水壁）



*：防潮堤の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

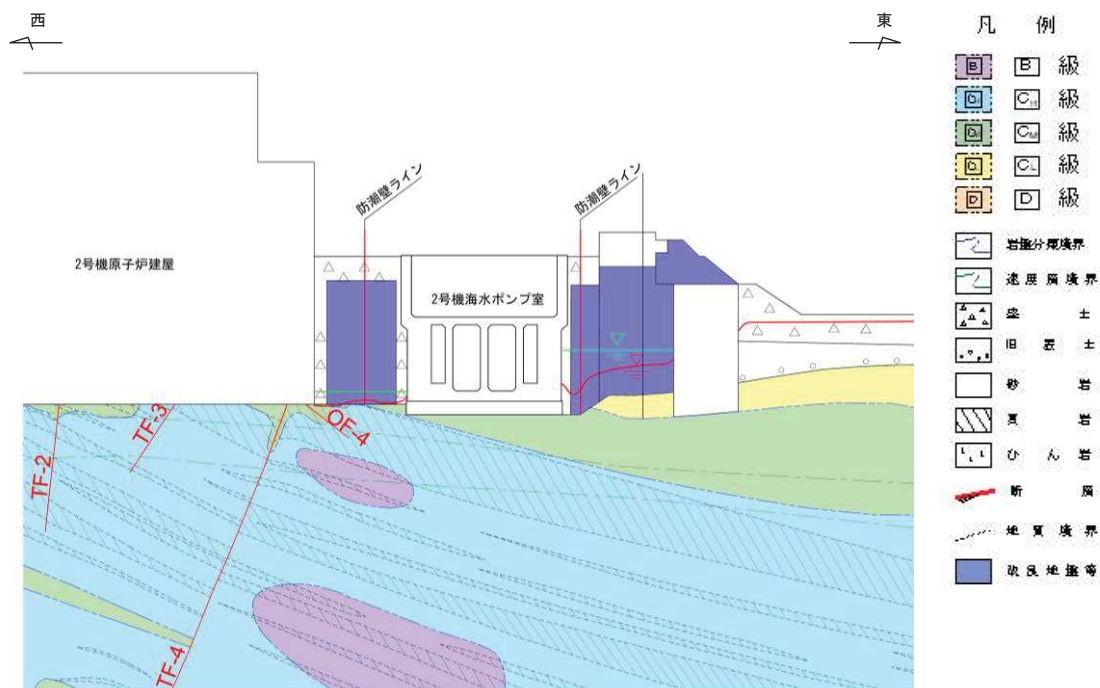
図 3.3-34(8) 防潮堤（盛土堤防）の設計用地下水位（横断①）



*1：防潮堤の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

*2：鋼管杭下方のC₁級岩盤部はMMRにより置換

図 3.3-35(1) 防潮壁の設計用地下水位
(2号機海水ポンプ室) (1/3)

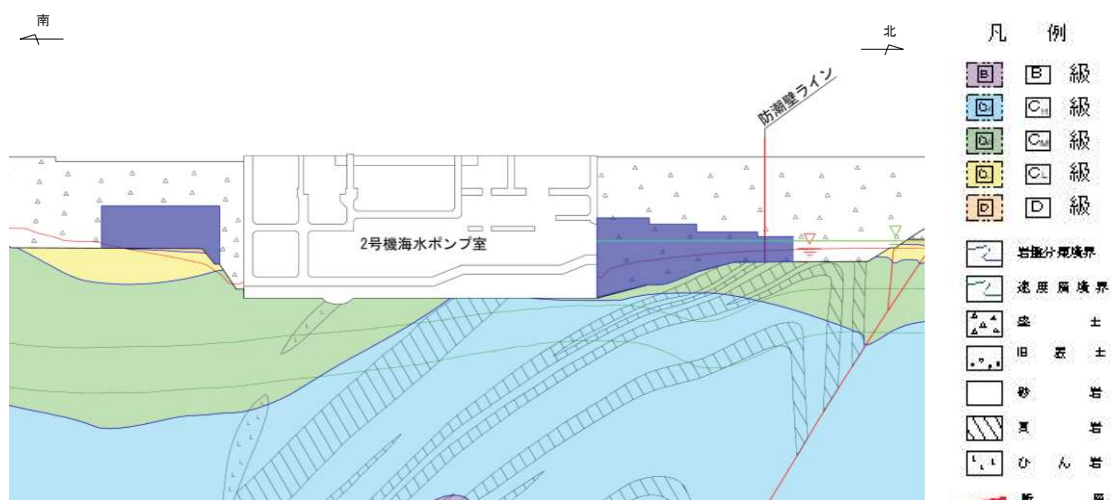


*1: 防潮堤の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

*2: 鋼管杭下方のC₂級岩盤部はMMRにより置換

— 浸透流解析による地下水位
— 設計用地下水位

図 3.3-19(1) 防潮壁の設計用地下水位 (2号機海水ポンプ室)
(2号機海水ポンプ室横断方向の地下水位分布 (東西)) (2/3)

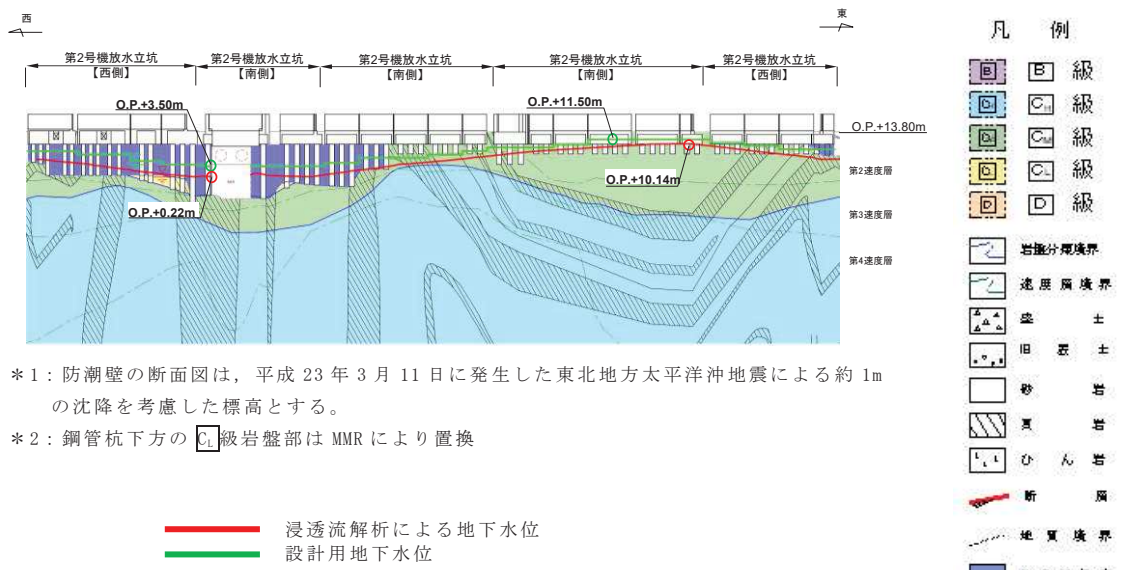


*1: 防潮堤の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

*2: 鋼管杭下方のC₂級岩盤部はMMRにより置換

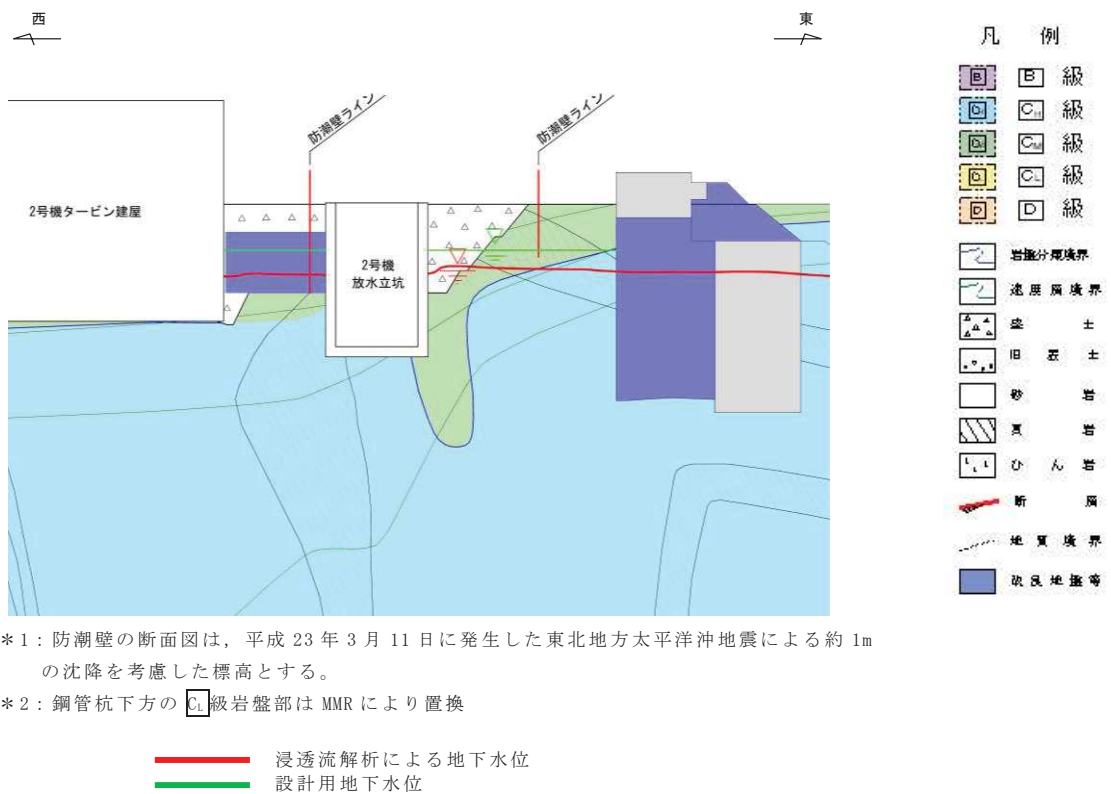
— 浸透流解析による地下水位
— 設計用地下水位

図 3.3-19(1) 防潮壁の設計用地下水位 (2号機海水ポンプ室)
(2号機海水ポンプ室横断方向の地下水位分布 (南北)) (3/3)



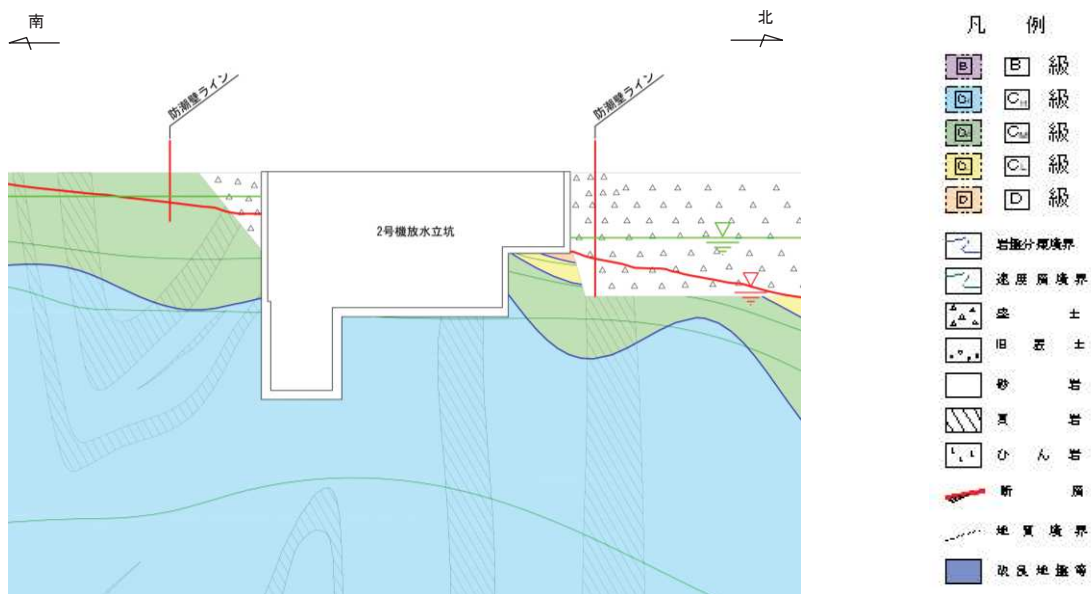
- *1: 防潮壁の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方のC₁級岩盤部はMMRにより置換

図 3.3-35(2) 防潮壁の設計用地下水位
(2号機放水立坑) (1/3)



- *1: 防潮壁の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方のC₁級岩盤部はMMRにより置換

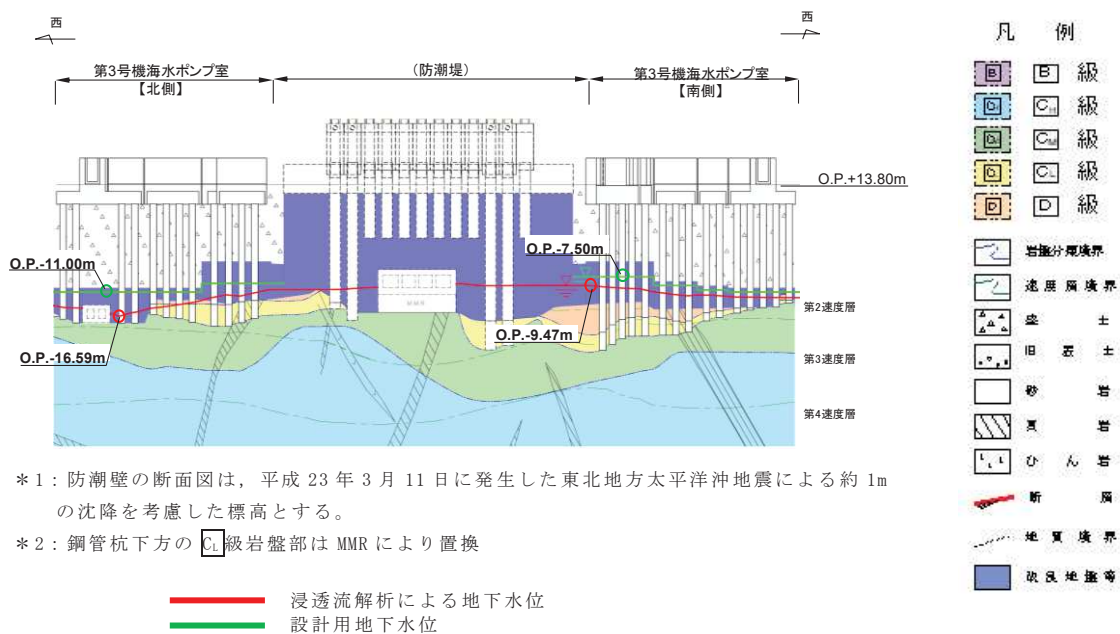
図 3.3-35(2) 防潮壁の設計用地下水位 (2号機放水立坑)
(2号機放水立坑横断方向の地下水位分布 (東西)) (2/3)



- *1: 防潮壁の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方のC₁級岩盤部はMMRにより置換

—— 浸透流解析による地下水位
—— 設計用地下水位

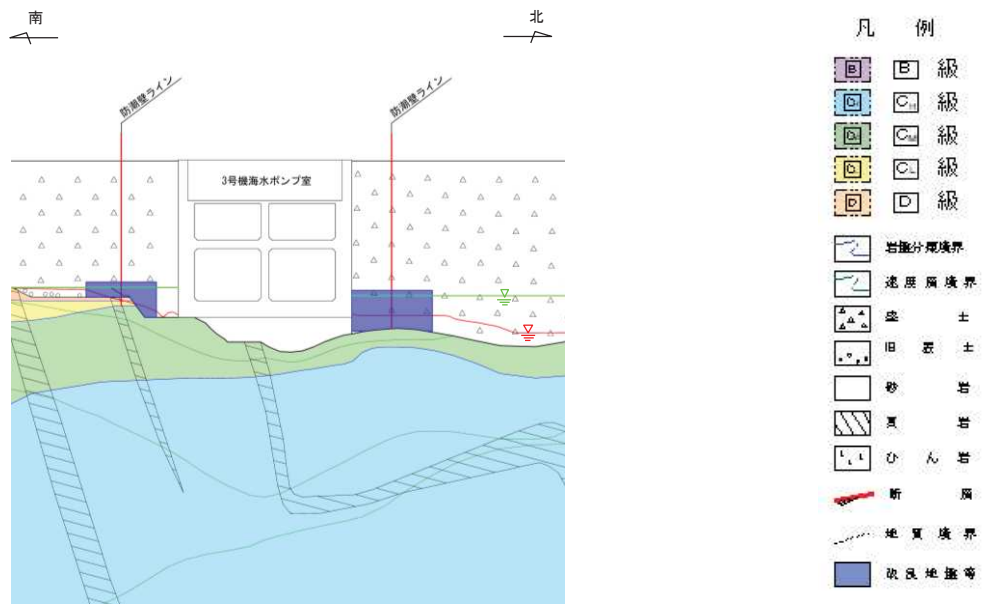
図 3.3-35(2) 防潮壁の設計用地下水位 (2号機放水立坑)
 (2号機放水立坑横断方向の地下水位分布(南北)) (3/3)



- *1: 防潮壁の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方のC₁級岩盤部はMMRにより置換

—— 浸透流解析による地下水位
—— 設計用地下水位

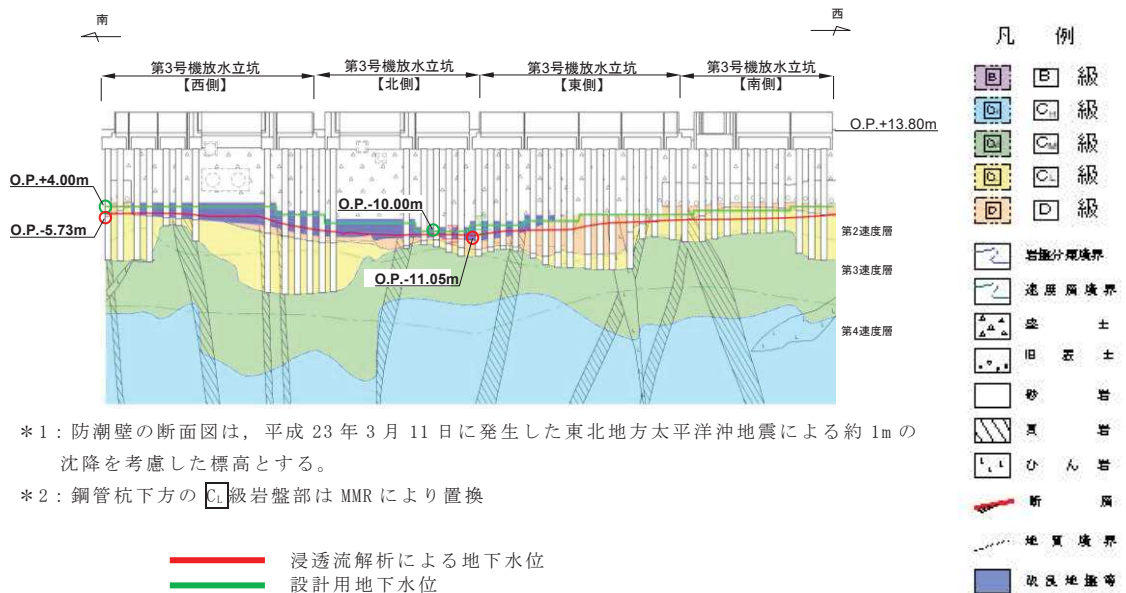
図 3.3-35(3) 防潮壁の設計用地下水位
 (3号機海水ポンプ室) (1/2)



- *1: 防潮壁の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方のC₁級岩盤部はMMRにより置換

— 浸透流解析による地下水位
— 設計用地下水位

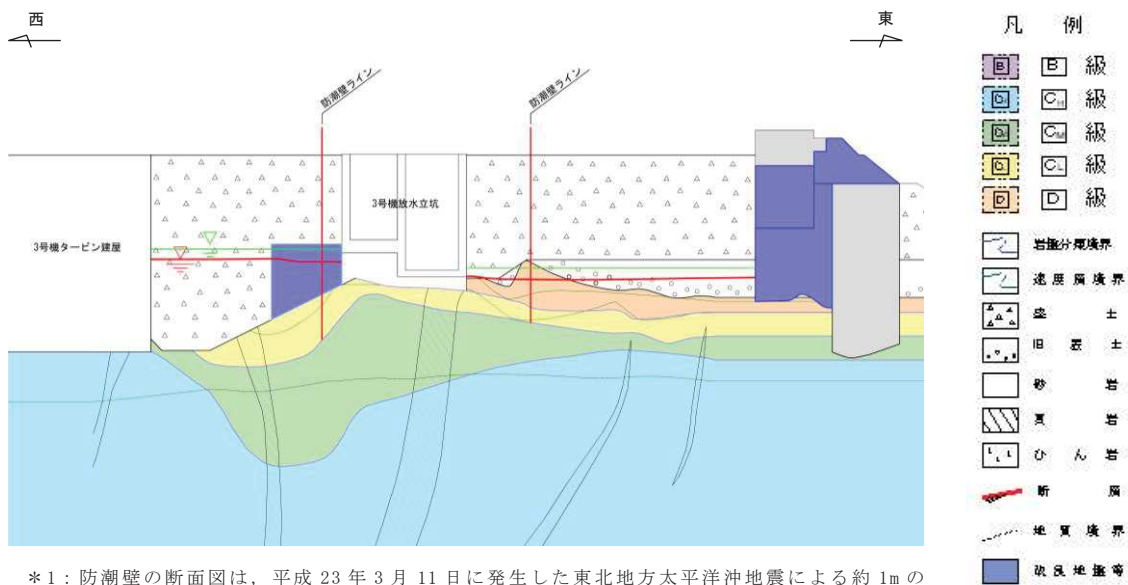
図 3.3-35(3) 防潮壁の設計用地下水位 (3号機海水ポンプ室)
 (3号機海水ポンプ室横断方向の地下水位分布(南北)) (2/2)



- *1: 防潮壁の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方のC₁級岩盤部はMMRにより置換

— 浸透流解析による地下水位
— 設計用地下水位

図 3.3-35(4) 防潮壁の設計用地下水位
 (3号機放水立坑) (1/3)

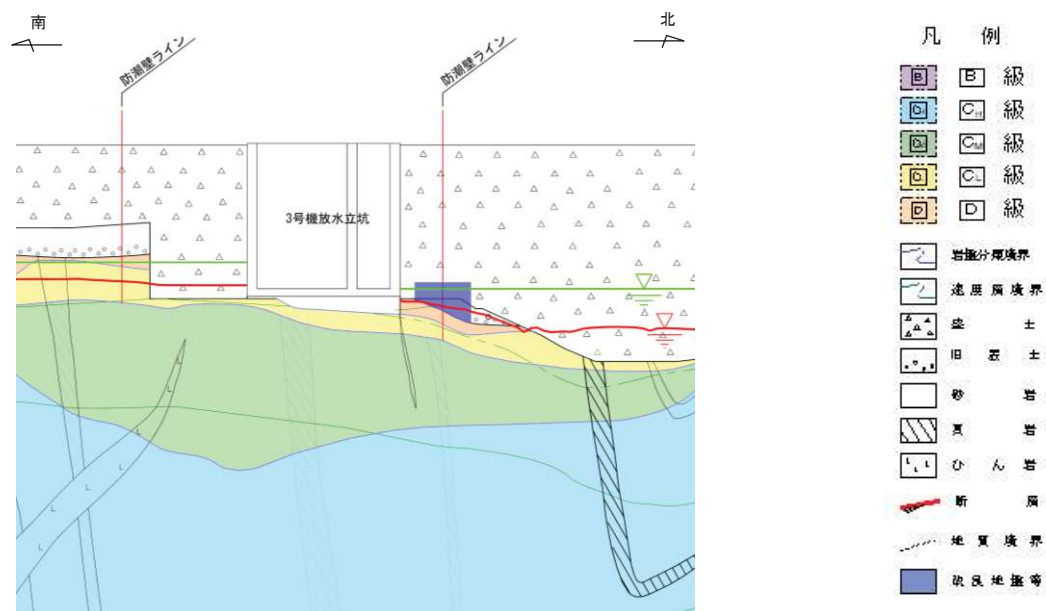


*1: 防潮壁の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

*2: 鋼管杭下方の C₃ 級岩盤部は MMR により置換

— 浸透流解析による地下水位
— 設計用地下水位

図 3.3-35(4) 防潮壁の設計用地下水位 (3号機放水立坑)
(3号機放水立坑横断方向の地下水位分布(東西)) (2/3)

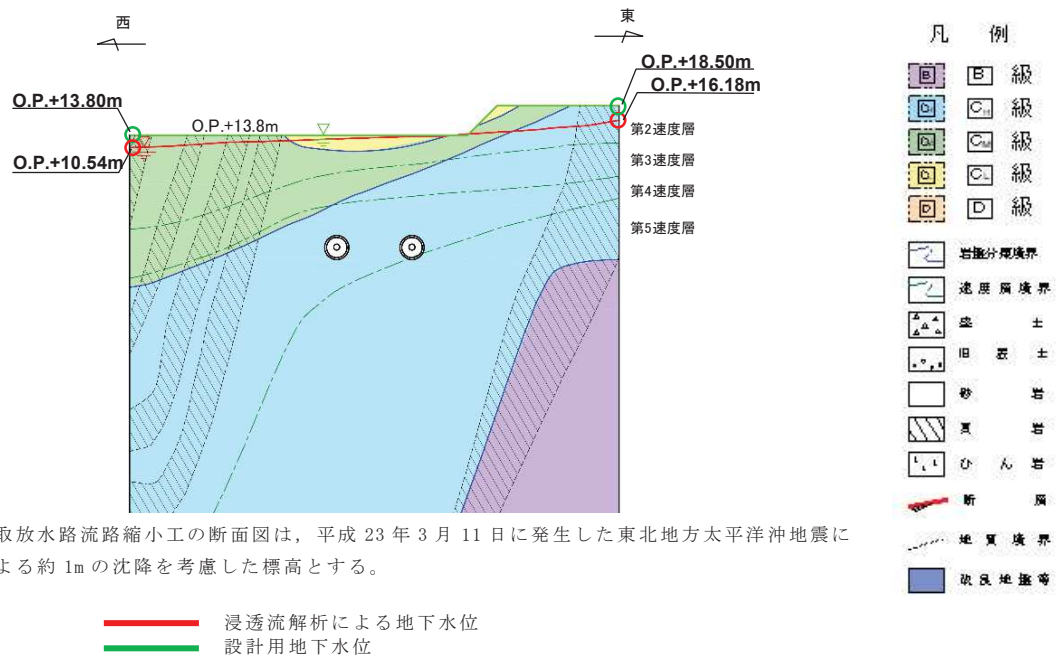


*1: 防潮壁の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

*2: 鋼管杭下方の C₃ 級岩盤部は MMR により置換

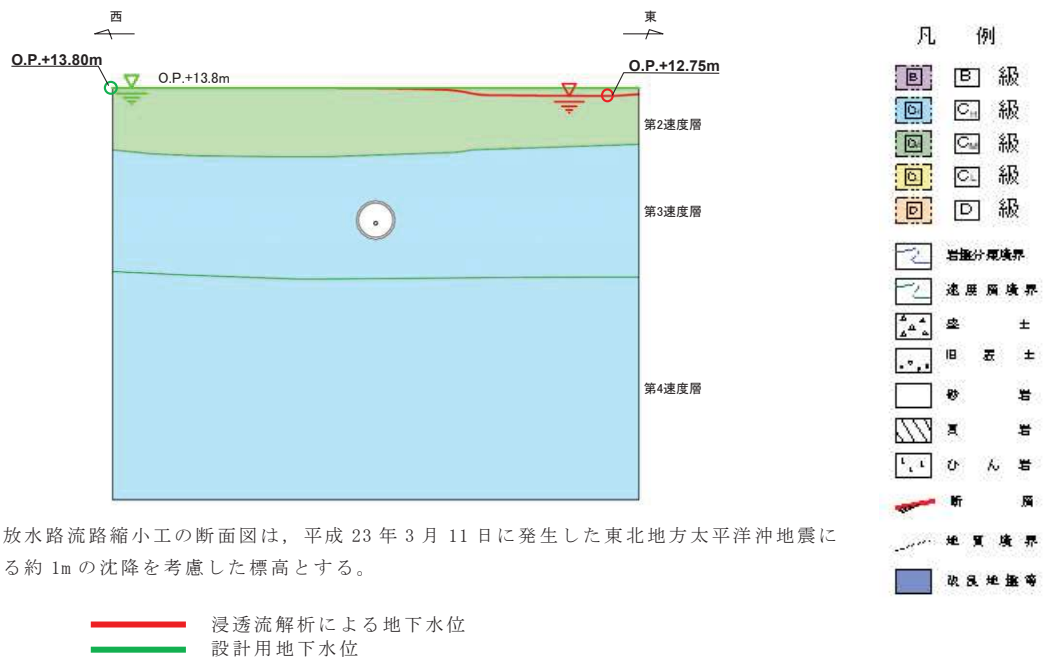
— 浸透流解析による地下水位
— 設計用地下水位

図 3.3-35(4) 防潮壁の設計用地下水位 (3号機放水立坑)
(3号機放水立坑横断方向の地下水位分布(南北)) (3/3)



*：取放水路流路縮小工の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 3.3-36(1) 取放水路流路縮小工の設計用地下水位
(1号機取水路)



*：取放水路流路縮小工の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 3.3-36(2) 取放水路流路縮小工の設計用地下水位
(1号機放水路)

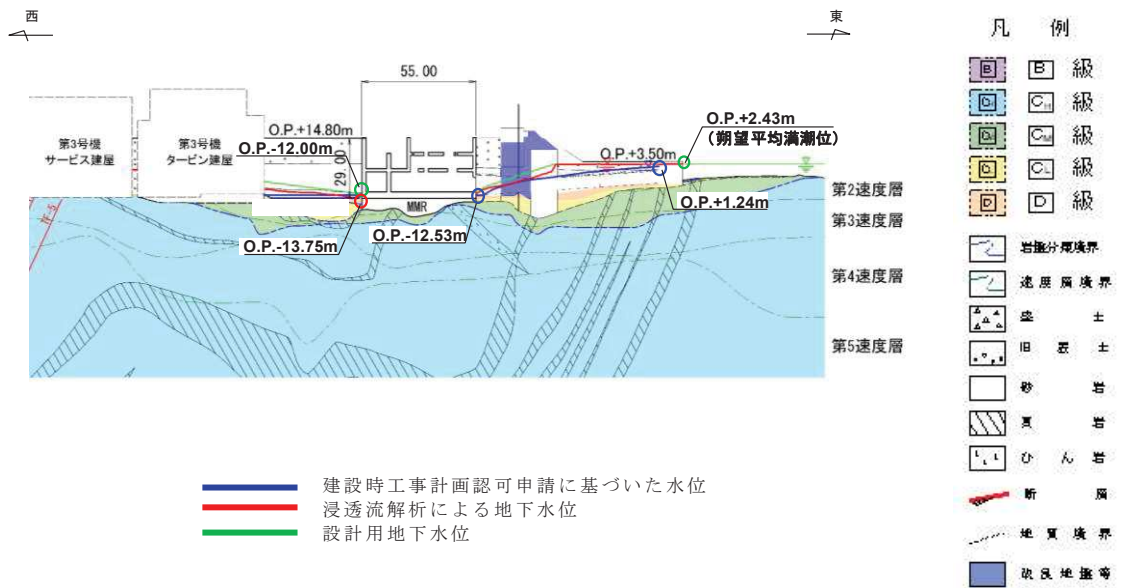


図 3.3-37(1) 第3号機海水ポンプ室の設計用地下水位（縦断）

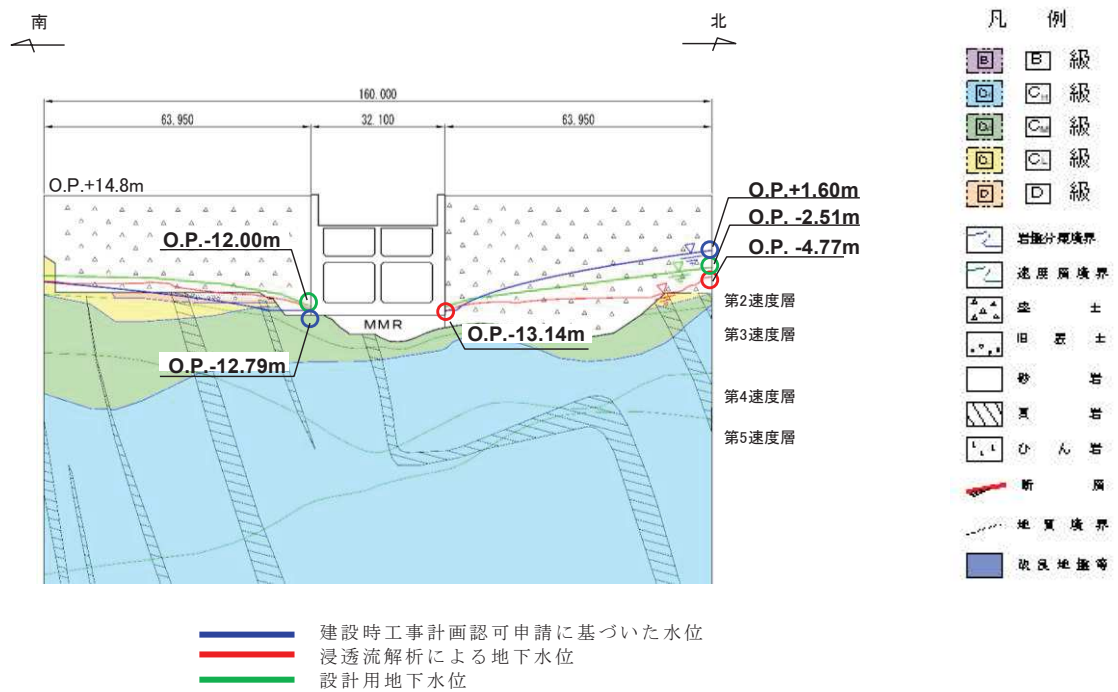
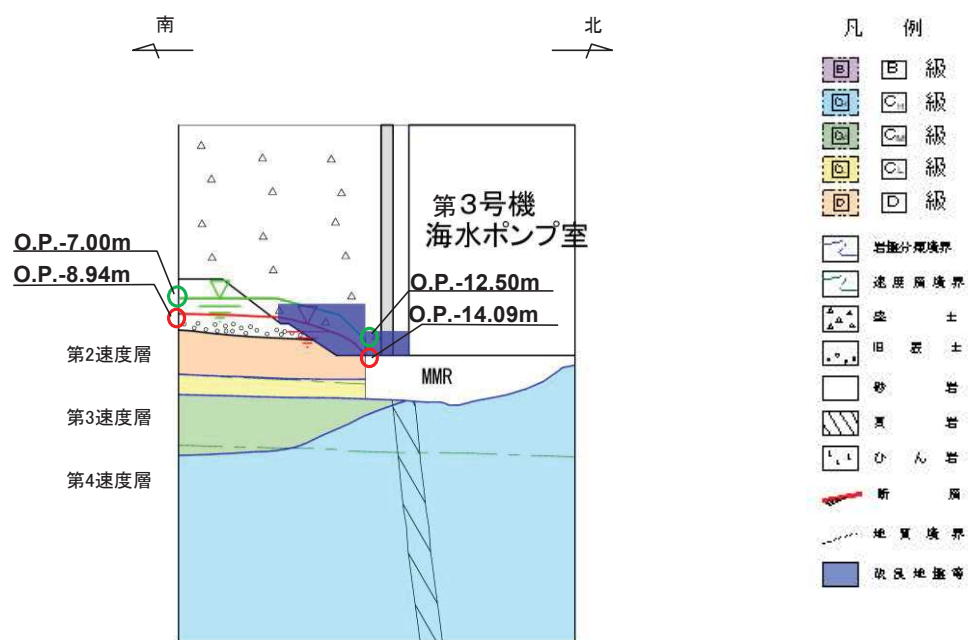


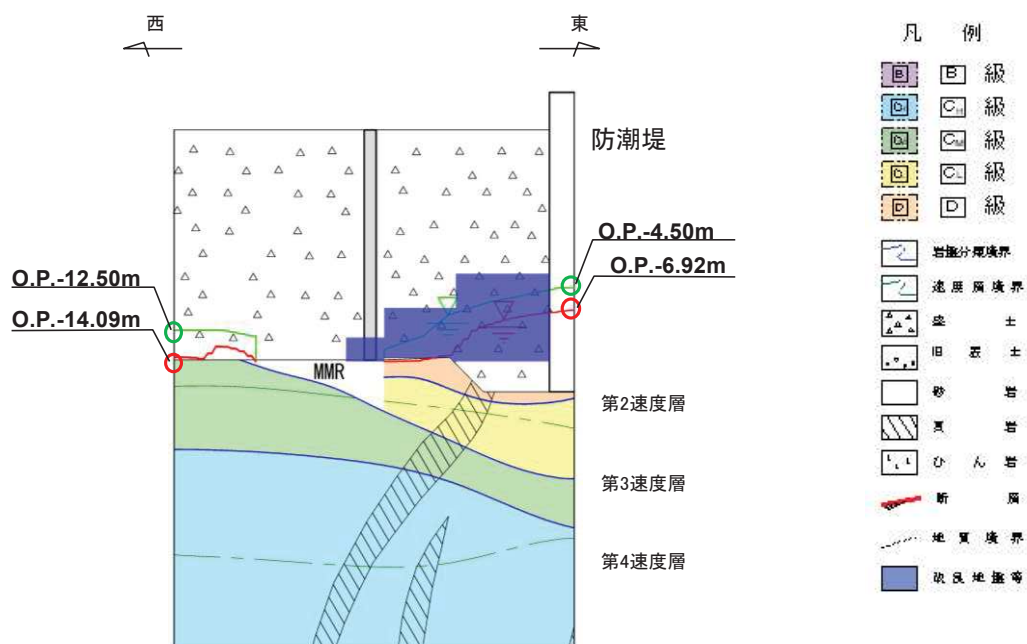
図 3.3-37(2) 第3号機海水ポンプ室の設計用地下水位（横断）



*：揚水井戸の断面図は，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

— 浸透流解析による地下水位
 — 設計用地下水位

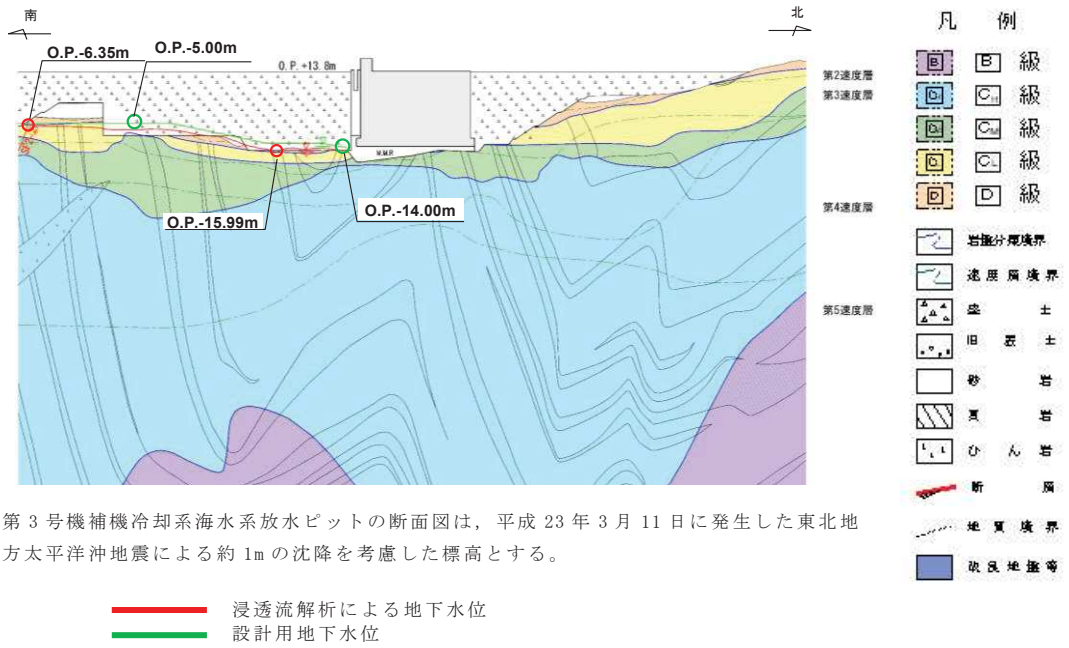
図 3.3-38(1) 揚水井戸の設計用地下水位 (南北)



*：揚水井戸の断面図は，平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

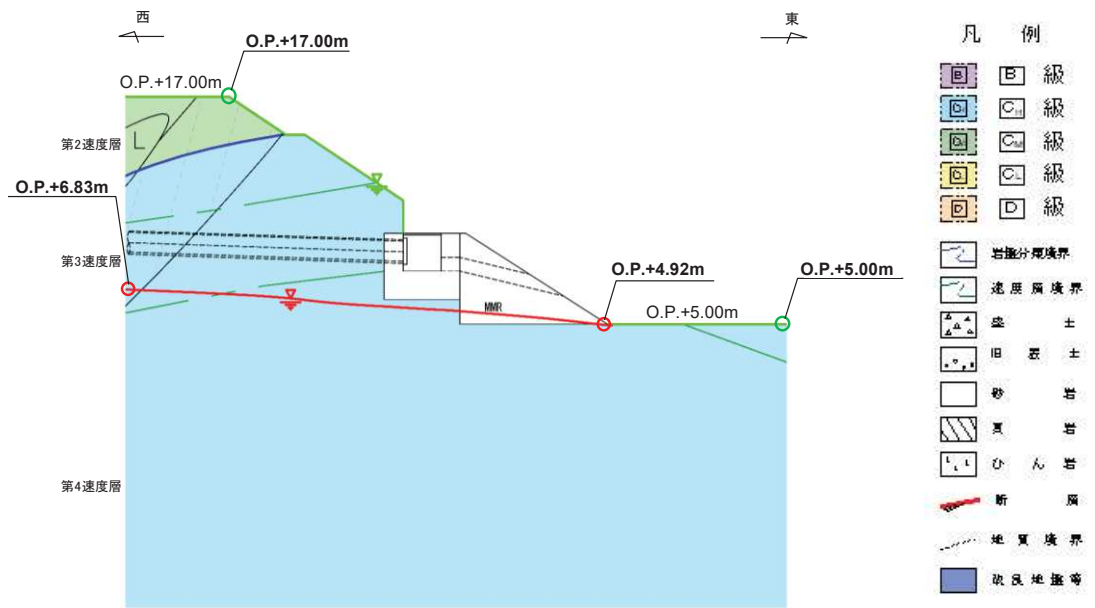
— 浸透流解析による地下水位
 — 設計用地下水位

図 3.3-38(2) 揚水井戸の設計用地下水位 (東西)



*：第3号機補機冷却系海水系放水ピットの断面図は，平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 3.3-39 第3号機補機冷却海水系放水ピットの設計用地下水位



*：逆流防止設備の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

— 浸透流解析による地下水位
 — 設計用地下水位

図 3.3-40 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の設計用地下水位

d. アクセスルートへの設計用地下水位

可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートの配置図を図3.3-7に、アクセスルートの評価において参照する地下水位分布（地下水位低下設備の機能喪失から2ヵ月後の水位上昇を考慮）を図3.3-41に示す。

なお、この地下水位分布を参照したアクセスルートの浮上り評価結果については、「VI-1-1-6-別添1 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」に示す。

*1：地下水位低下設備が機能喪失した場合を想定した地下水位に対して、地震時の液状化に伴う地下構造物の浮き上がりによるアクセスルートへの影響について評価し、アクセスルートの通行性を一定期間（2ヵ月程度を確保することを目安）確保する設計とする。

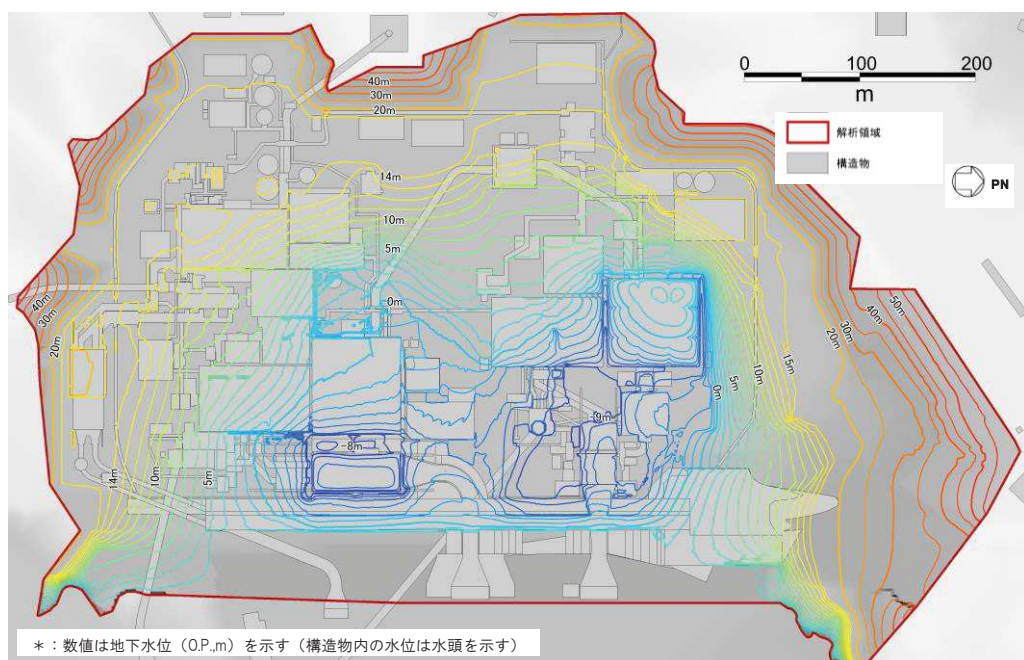


図 3.3-41 アクセスルートへの評価において参照する地下水位分布 (O.P., m)

e. 設計用地下水位の設定プロセスの妥当性と設計余裕について

3次元浸透流解析結果を参照して設計用地下水位を設定するにあたり、モデル化方針に基づき、再現解析モデルによる妥当性の確認を行い、予測解析を行った。

再現解析モデル作成・評価に係る各プロセスは、解析の目的に応じて適切に実施しており、観測水位と解析水位が良好に対応することからもモデルの妥当性が確保されていると考えられる。

予測解析においては、妥当な設計余裕を確保するために、透水係数や境界条件、ドレーン有効範囲等について、解析目的に対し保守的な条件設定を行っている（参考資料6-1）。

また、設計用地下水位は、解析境界の法肩において地表面に水位固定した定常解析結果を参照しているが、降雨に対しても一定の設計余裕を有していることを確認した（参考資料6-2）。

以上

(参考資料1-1) 既設の地下水位低下設備の概要

1. 既設の地下水位低下設備の配置

設計用地下水位の算定（浸透流解析）に用いるドレーンの有効範囲は、参考資料2-5に示す検討フローに従い、既設ドレーンのうち信頼性が確保された範囲を期待する方針としている。

既設ドレーンは、原子炉建屋、制御建屋、タービン建屋及び排気筒、海水ポンプ室等の各号機の主要施設下部周辺に設置しており、ドレーンにより集水した地下水は揚水井戸内に設置した揚水ポンプ（2台/1箇所）・配管により構内排水路へ排水される。

また、既設ドレーンは、有孔塩ビ管<φ100mm, 200mmの2種類>及び有孔ヒューム管<φ500mm, 800mm, 1050mmの3種類>で構成され、ドレーンの分岐部、曲がり部の一部に鉄筋コンクリート造の接続桝を設けている（図1-1-1）。

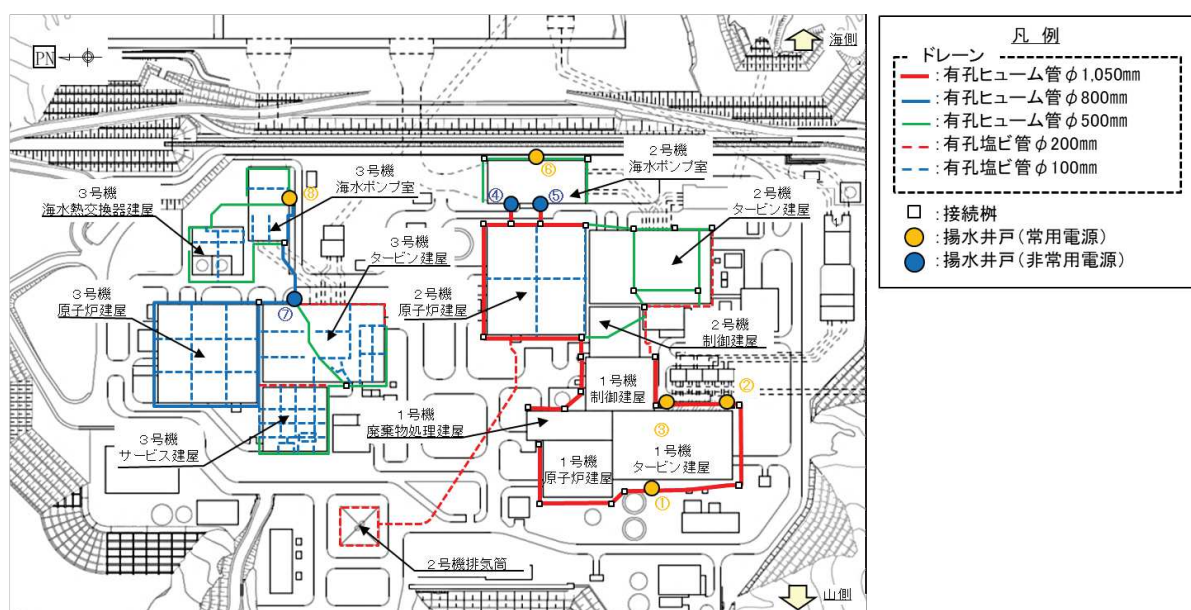


図1-1-1 地下水水位低下設備（既設）の配置

2. 既設ドレーン・接続桝の概要

2.1 既設ドレーン（有孔ヒューム管）

有孔ヒューム管は、建屋外周または建屋直下部等の掘削した岩盤内に敷設し、土砂等の流入により有孔部に目詰まりが生じないように、管を連続長繊維不織布（タフネルシート）で巻き、管周辺を連続した高透水性材料（砕石）で充填している。また、管底部は基礎コンクリートにより固定している。建屋外周の有孔ヒューム管の概要を図1-1-2、設置状況を図1-1-3に、ドレーン関連部材の役割を表1-1-1に示す。

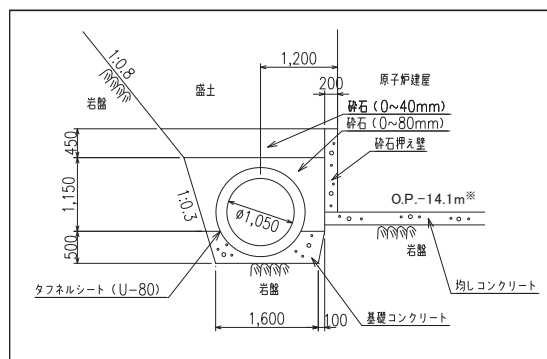


図 1-1-2 建屋外周の有孔ヒューム管概要
(φ1050 mm有孔ヒューム管の例)

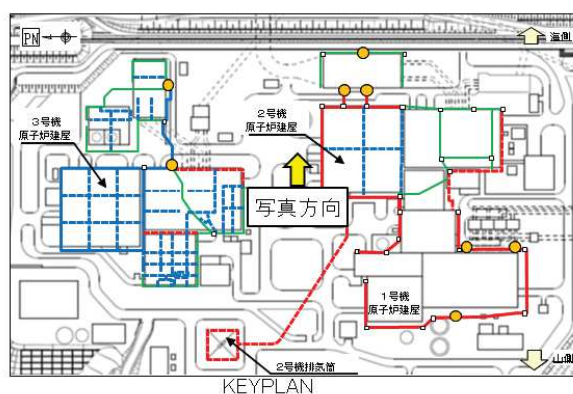


図 1-1-3 (1) 建屋外周のヒューム管設置状況

(原子炉建屋北側 φ1,050 mmの有孔ヒューム管の例)

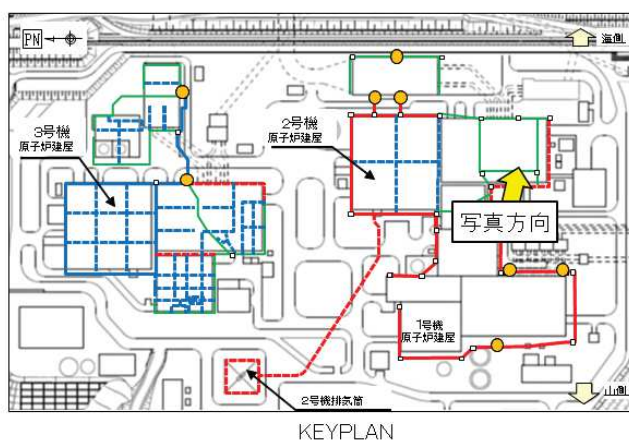


図 1-1-3 (2) 建屋等の直下のヒューム管設置状況

(タービン建屋直下のφ500有孔ヒューム管の例)

(参考) 1-1-2

表 1-1-1 ドレーン関連部材の役割

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



2.2 既設ドレーン (有孔塩ビ管)

建屋直下, 建屋間並びに建屋外周部にはφ100mm, φ200mmの有孔塩ビ管を敷設している。有孔塩ビ管の概要を図1-1-4に示す。

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

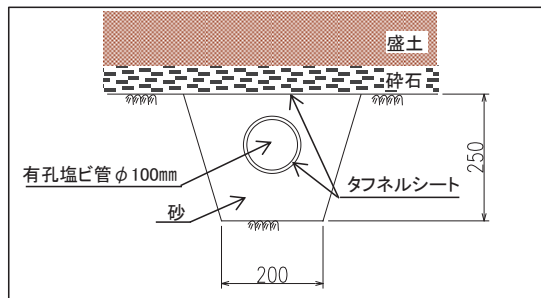


図 1-1-4 ドレーン (有孔塩ビ管) 概要 (建屋間の施工例)

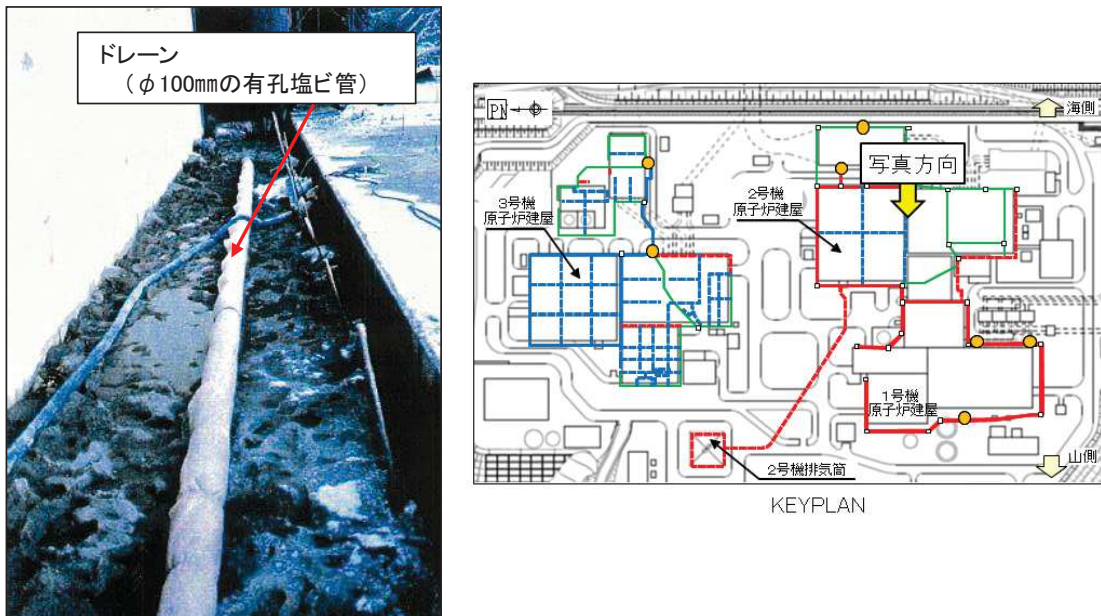


図 1-1-5 2号機原子炉建屋・タービン建屋間の有孔塩ビ管設置状況

(参考) 1-1-3

(φ100 mmの有孔塩ビ管)

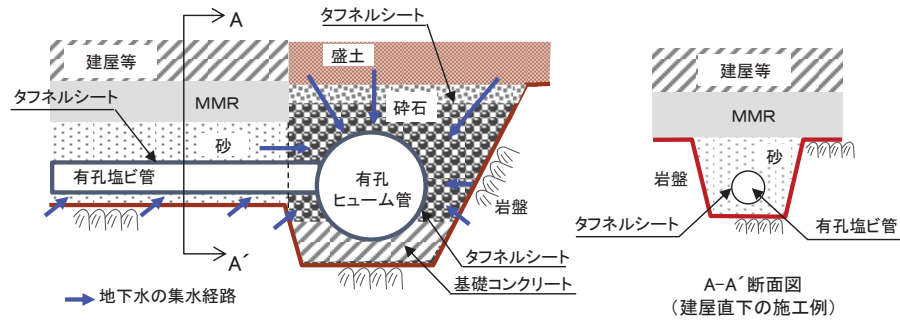


図 1-1-6 有孔塩ビ管と有孔ヒューム管の接続概念

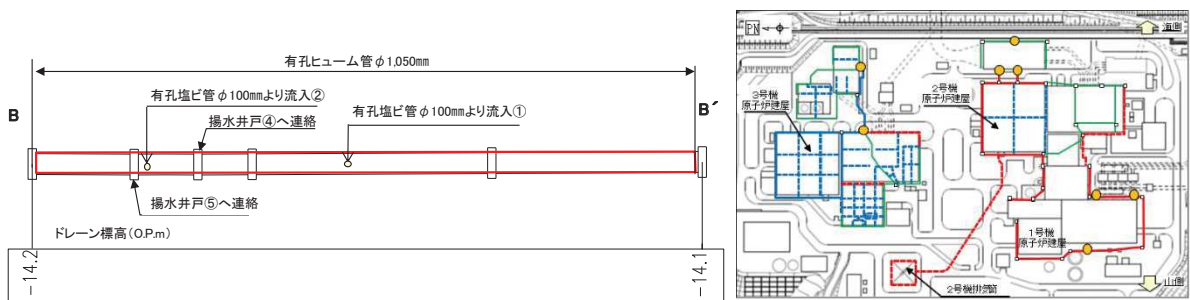


図 1-1-7 原子炉建屋周辺 ドレーン縦断 (B-B'断面)

2.3 既設接続枳

ドレーンの分岐部，曲がり部の一部に鉄筋コンクリート造の接続枳を設置している。接続枳についてもドレーンと同様に岩盤を掘り込んで設置されている。

原子炉建屋周囲の接続枳の設置状況を図1-1-8，接続枳の概要を図1-1-9に示す。

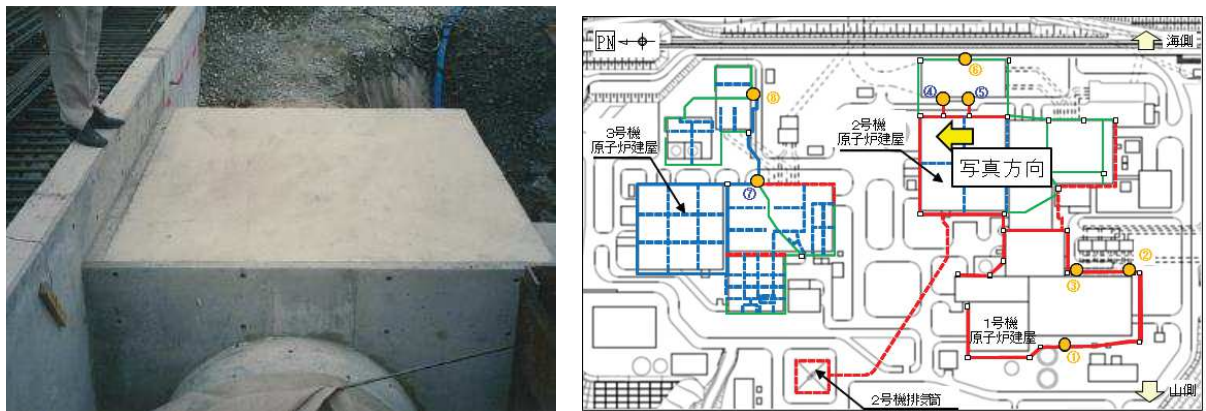


図 1-1-8 原子炉建屋周囲の接続枳の設置状況

(参考) 1-1-4

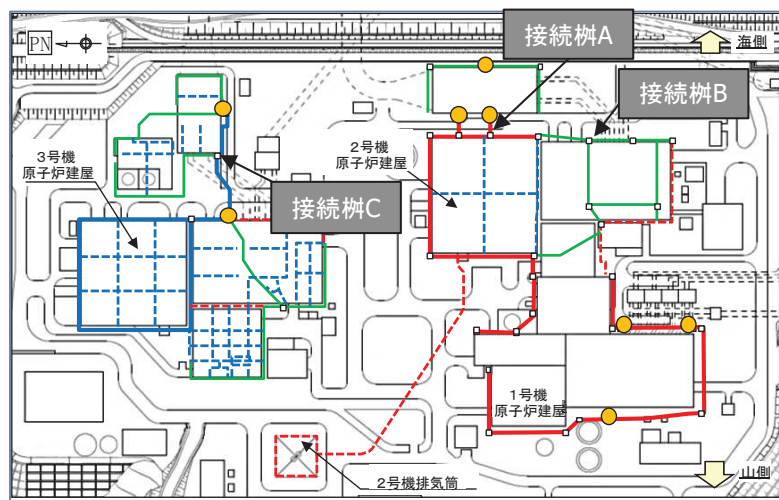
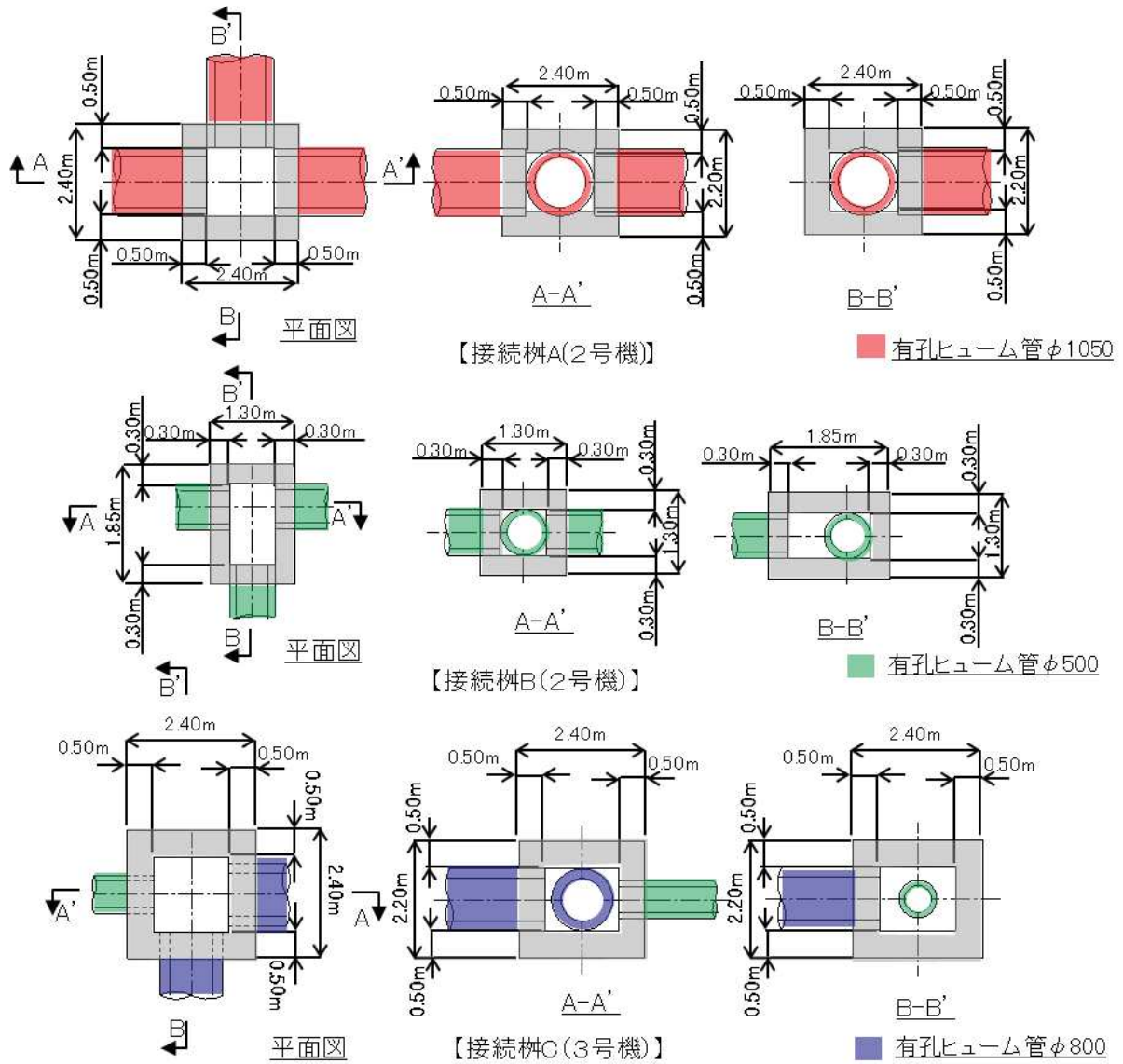


図 1-1-9 接続樹の概要

(参考) 1-1-5

2.4 既設揚水井戸・配管

揚水井戸は、1号機用に3箇所、2号機用に3箇所、3号機用に2箇所設置している。揚水井戸位置を図1-1-10に示す。

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

また、2号機揚水井戸は2号機海水ポンプ室及び2号機原子炉機器冷却海水配管ダクトと一体となって設置している。2号機揚水井戸の設置例を図1-1-11に、平面図及び断面図を図1-1-12及び図1-1-13に示す。

3号機揚水井戸は上部を鋼製シャフトにより、下部は鉄筋コンクリート製の集水ピットにより構築している。3号機揚水井戸の設置例を図1-1-14に、平面図及び断面図を図1-1-14及び図1-1-14に示す。

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

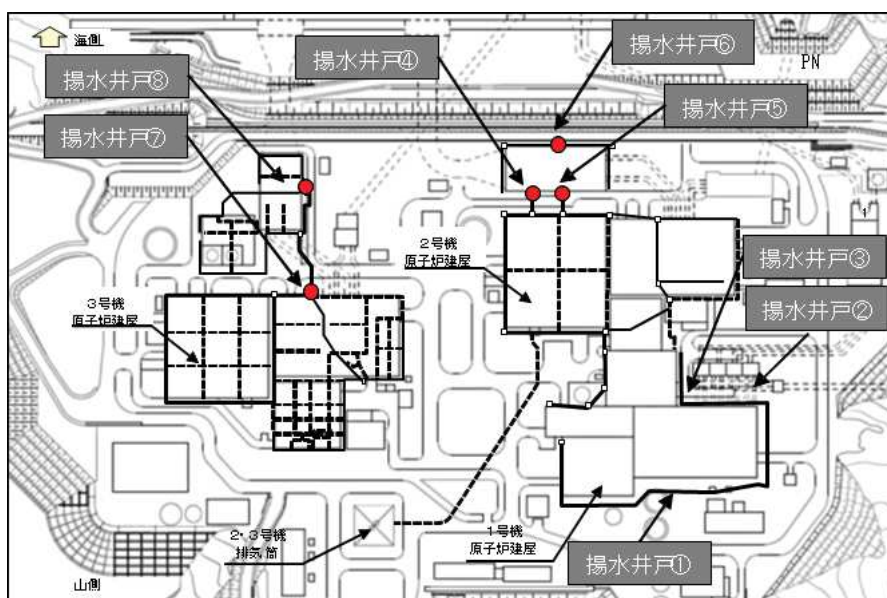
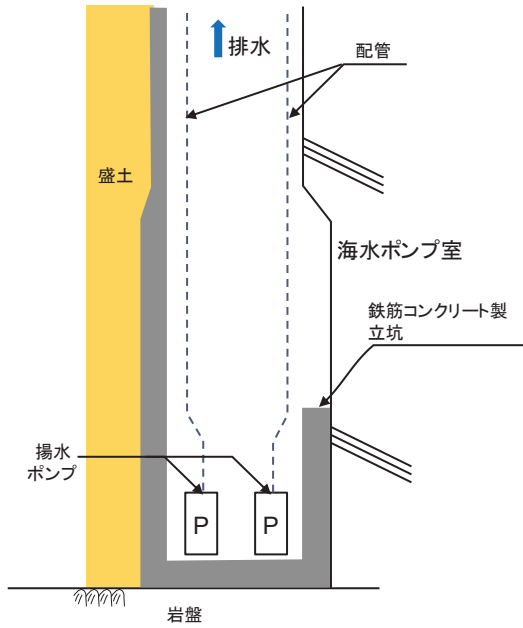


図1-1-10 既設揚水井戸位置



配管の写真

図 1-1-11 2号機揚水井戸の設置例 (揚水井戸④)

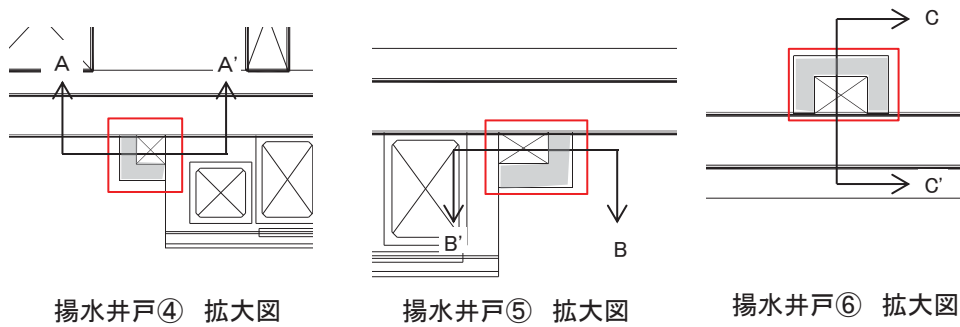
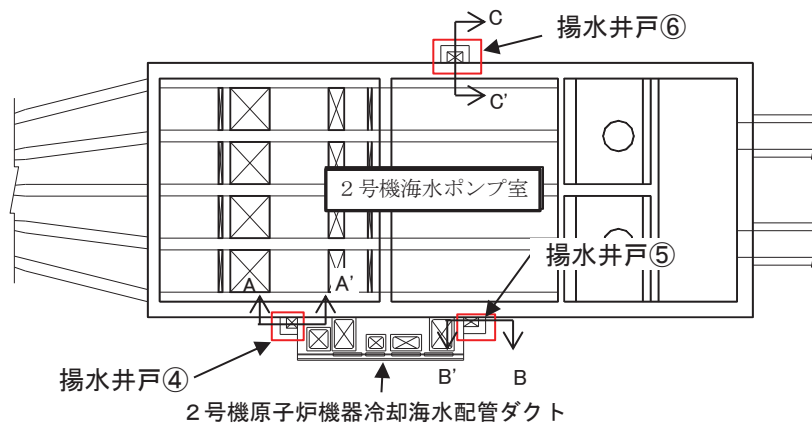


図 1-1-12 2号機揚水井戸平面図

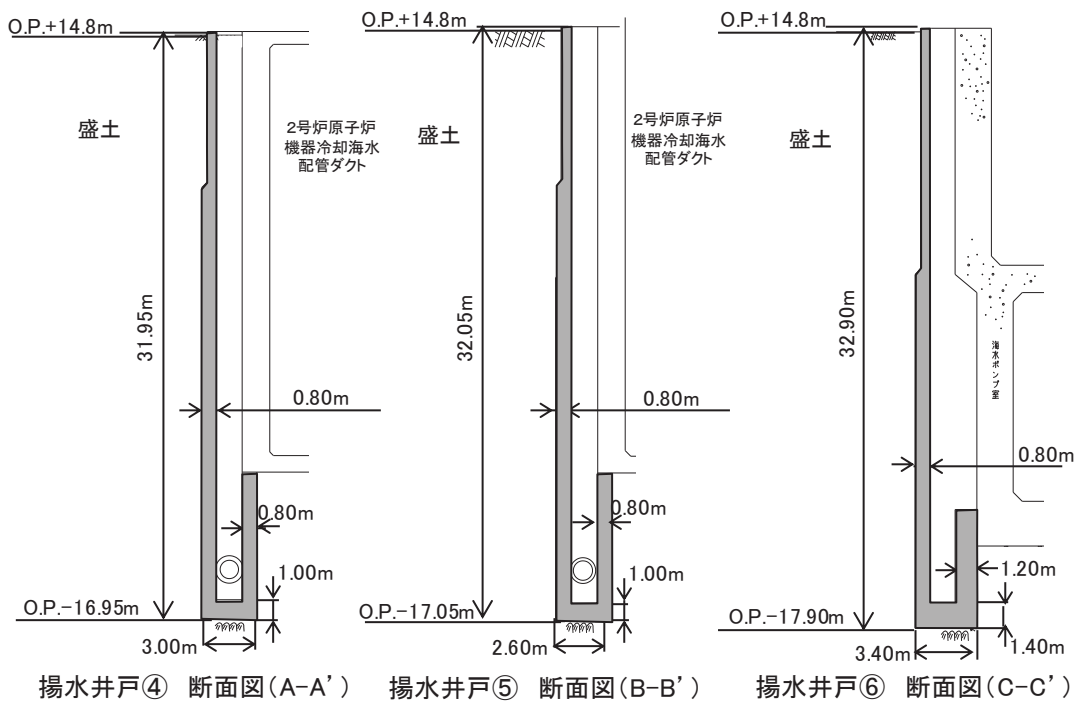


図 1-1-13 2号機揚水井戸断面図

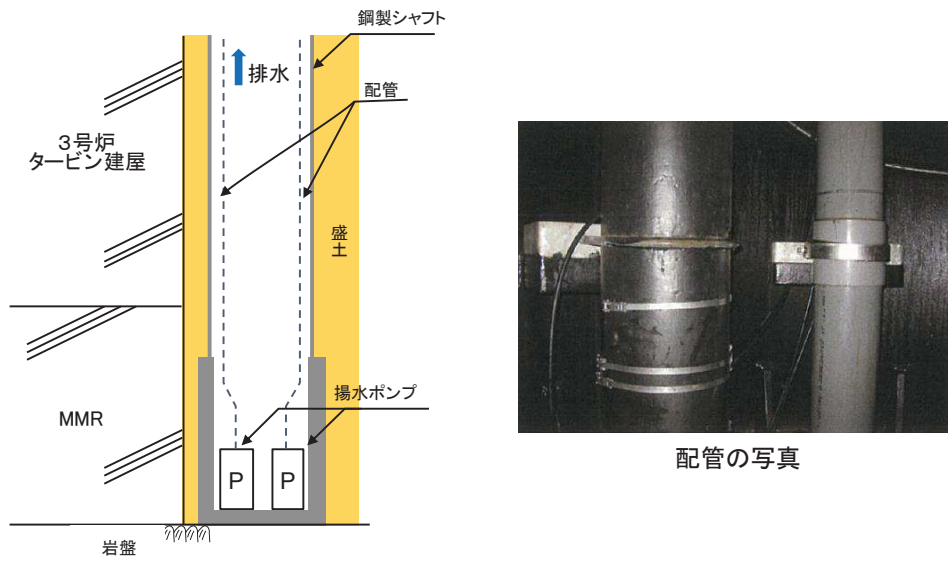


図 1-1-14 3号機揚水井戸の設置例 (揚水井戸⑦)

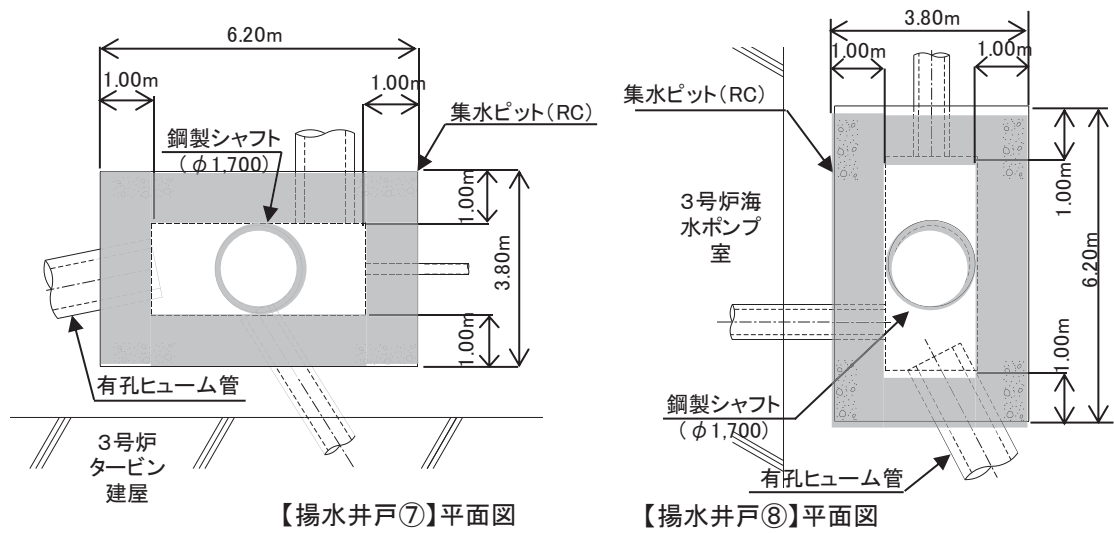


図 1-1-15 3号機揚水井戸平面図

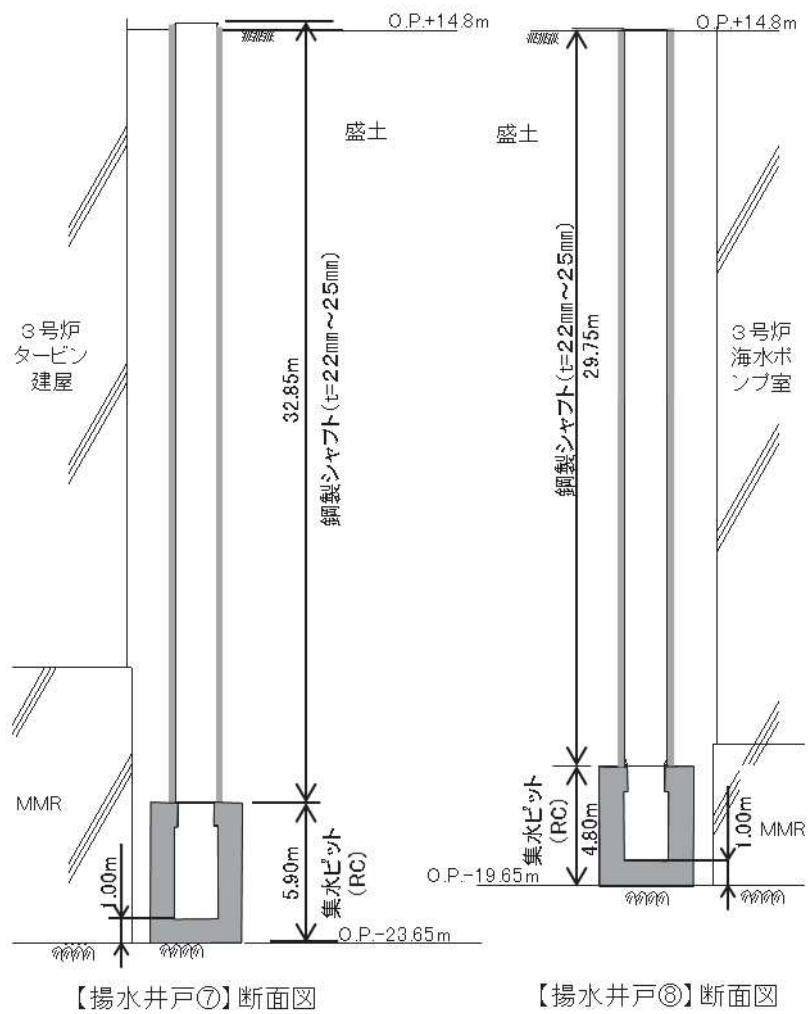


図 1-1-16 3号機揚水井戸断面図

2.5 既設揚水ポンプ・水位計

揚水ポンプは、各揚水井戸内に2台設置（うち1台は予備の揚水ポンプ）し、揚水井戸に支持される配管を通じて O.P. +14.8m 盤の構内排水路に接続している。設置位置を図 1-1-17 に示す。

水位計は、各揚水井戸内に1台設置されており、形式は全て圧力式である。概要を図 1-1-18 に示す。

揚水ポンプの容量は、ポンプ稼働実績に対して十分な余裕を有している。各揚水ポンプの諸元を表 1-1-2 に、ポンプ容量と稼働実績の関係を図 1-1-19 に示す。

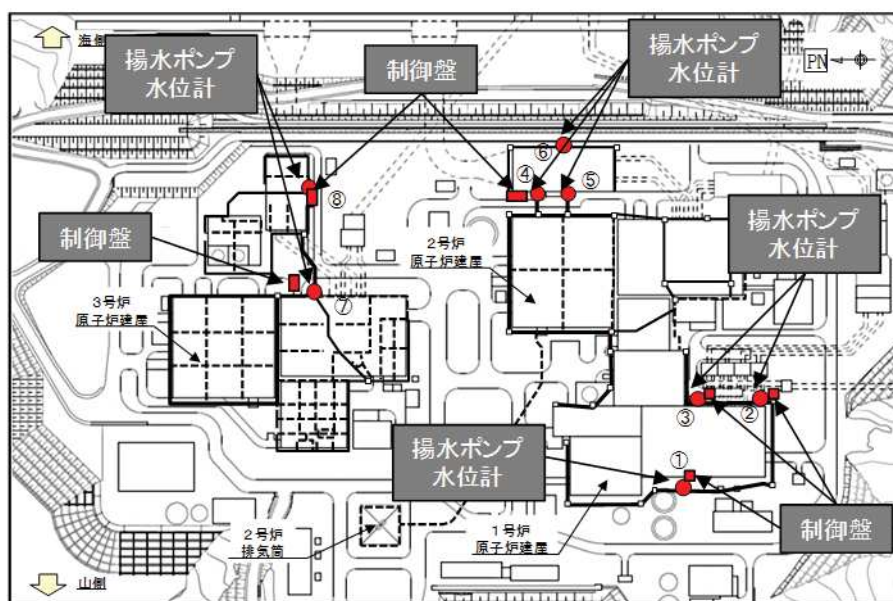


図 1-1-17 既設揚水ポンプ・水位計位置図



2号機揚水ポンプの例（揚水井戸⑥）



3号機水位計の例（揚水井戸⑦）

図 1-1-18 既設揚水ポンプ・水位計の概要

表 1-1-2 既設揚水ポンプの諸元

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

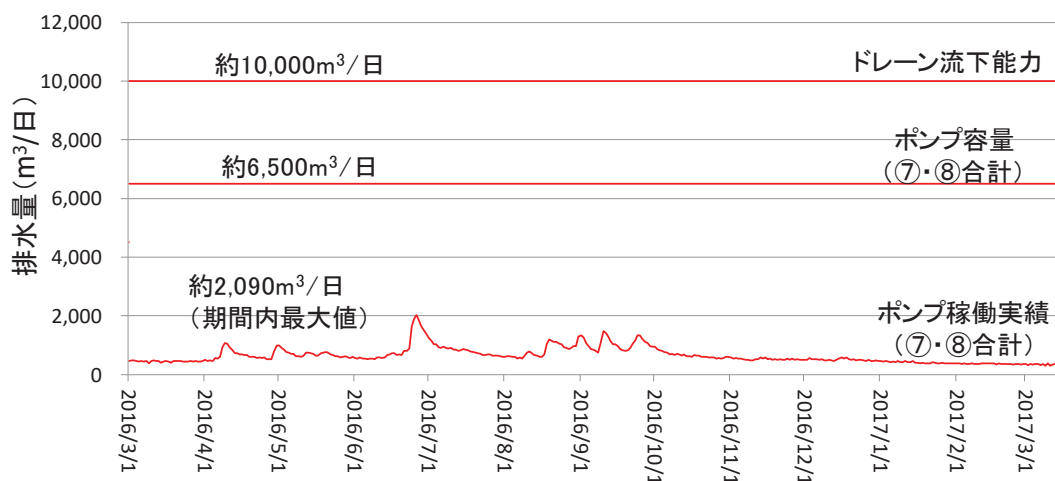


図 1-1-19 ポンプ容量と稼働実績の関係(3号機側地下水位低下設備の例)
(2016年3月～2017年3月)

3. 既設ドレーンの耐久性について

ドレーン関連部材の耐久性等について表1-1-3に、ドレーン関連部材のうち連続長繊維腐食布（タフネルシート）の耐久性について図1-1-20に示す。

有孔ヒューム管の一般的な耐用年数は50年とされている（一般的なコンクリート構造物）。建設当時の使用前検査では湧水が腐食環境下にあるか確認するために水質調査を実施している（表1-1-4）。これによると、地下水はやや海水成分を有しているが、腐食環境下でないことを確認している。

接続桝については、鉄筋かぶりは50～70mmで、水セメント比は55%で施工されている。湧水の塩素イオン濃度の最大値（表1-1-4）により、コンクリート標準示方書の塩害の照査を実施すると50年以上と評価される。

表 1-1-3 ドレーン関連部材の耐久性等

構成部位	部材	材質等	設置環境	主な機能	耐久性
ドレーン	高透水性材料	砂, 碎石	・管(有孔ヒューム管・有孔塩ビ管)の周囲	・岩盤および盛土中の地下水を管へ導水(高透水性材料自体も、透水性に応じた流下能力を有する)	・一般的な土質材料としての耐久性を有する。
	連続長繊維不織布(タフネルシート)	ポリプロピレン	・管外面および碎石と盛土材の間	・土粒子の管内への流入抑制(集水機能を直接担う部材ではない)	・化学的安定性と高い強度を有する。*1 ・地下埋設のため材料(ポリプロピレン)の主な劣化要因である紫外線が作用しないことから、今後の供用期間において劣化は急速に進展しないと考えられる。
	有孔ヒューム管・接続桝	鉄筋コンクリート	・対象施設周囲の岩盤上	・対象施設周辺地盤の地下水位低下	・耐用年数: 50年程度(有孔ヒューム管)*2 50年以上(接続桝)*3 ・これまでの点検において異常は確認されておらず、供用環境(土壌、気温・湿度等)は今後も変わらず安定的な状況が維持されると想定されるが、今後適切に保守管理することで機能確保を図ることとする。
	有孔塩ビ管	硬質ポリ塩化ビニル	・対象施設直下の岩盤内 ・対象施設周囲の岩盤上	・対象施設の揚圧力低減 ・対象施設周辺地盤の地下水位低下	・耐用年数は50年程度*4 ・耐食性に優れた材料*5

*1: タフネルEX 製品パンフレット(三井化学(株)) (<https://www.tokyoink.co.jp/products/pdf/tough-EX.pdf>)

*2: 全国ヒューム管協会 (<https://www.hume-pipe.org/data/data07.pdf>)

*3: コンクリート標準示方書 設計編(2012)を参照した塩害評価による

*4: 塩化ビニル管・継手協会 (https://www.ppfa.gr.jp/products/product_a04.php)

*5: 水道施設設計指針・解説(日本水道協会)



1.2 開発された吸い出し防止シート

1.2.1 製品の概要

原料：ポリプロピレン
 製造法：スパンボンド法（ニードルパンチ成形）
 重量：300g/㎡目付品である。（ほぼ30kg/本になる）
 形状：2.0m幅×50m巻のロール状（内径7.9mmの紙管巻）
 但し、幅については特注により4.0mまで製造可能

1.2.2 製品の特徴

本製品の特徴は、以下のとおりである。

- ①化学的安定性に優れている。
- ②高い引張り強度を有している。
- ③縦横強度の異方性は小さい。

3.4 耐久性

3.4.1 化学的安定性

申請者による「特殊条件下」における試験により、化学的安定性を有していると認められる。
 ・JIS K 7114 に準拠した試験により、 $pH \leq 4$ 、 $pH \geq 10$ の特殊な条件において強度保持率の低下が少ないことを確認した。

表3.7 化学的安定性試験結果

評価基準	強度保持率が十分なこと				
製品名 タフネル EX-60S 基本強度 1.92tf/m	(平均強度保持率%) $pH=5\sim 9$				
	<一般条件B>	250	500	750	1000hr
	イ)蒸留水				
	ロ)NaCl 3%				
	ハ)Ca(OH) ₂ 0.1%				
	ニ)NaOH 0.1%				
	ヘ)H ₂ SO ₄ 0.1%				
	ホ)HCl 0.1%				
	(平均強度保持率%) $pH \leq 4$ 、 $pH \geq 10$				
	<特殊条件>	250	500	750	1000hr
	イ)蒸留水	98	101	103	103
	ロ)NaCl 3%	106	103	103	102
	ハ)Ca(OH) ₂ 飽和	102	98	97	102
	ニ)NaOH 10%	98	101	106	99
ヘ)H ₂ SO ₄ 10%	99	102	107	102	
ホ)HCl 10%	102	103	100	100	

※なお、一般条件Bの試験は、特殊条件を満足しているので実施していない。

3.4.2 耐候性

申請者による試験により耐候性を有していると認められる。
 ・JIS A 1415 を準拠した促進暴露試験より強度保持率の低下が少ないことを確認した。

表3.8 耐候性試験結果

評価基準 製品名	強度保持率が十分なこと					
	暴露時間hr	100	200	400	1000	2000
タフネル EX-60S	強度保持率%	97	101	87	53	32

図 1-1-20 連続長繊維腐食布（タフネルシート）の耐久性（EX-60S 評価書*1 より引用）

*1：タフネル EX-60S 評価書より耐久性に係る記載を抜粋。女川では EX-80 を使用しているが、いずれも同じ材料・製造過程であることから、EX-60 の評価書にて同品質も保証するとしていた。なお、現在は「JIS-L1913」および「JIS-L1908」に基づき品質試験を実施し、性能証明として材料品質規格書を発行している。

表 1-1-4 湧水の水質試験結果 (第 2 号機使用前検査資料抜粋)

採水位置 分析項目	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	水道水の 水質基準
p H	8.1	7.2	6.9	7.2	5.8 ~ 8.6
M 7Hカリ度 (mg/ℓ)	224	237	90.8	77.9	—
カルシウム硬度 (mg/ℓ)	355	285	153	365	300以下
全 硬 度 (mg/ℓ)	770	546	224	744	* 500以下
蒸発残留物 (mg/ℓ)	2,430	1,660	498	1,790	500以下
導 電 率 (μ S/cm)	4,110	2,800	785	2,680	—
塩素イオン (mg/ℓ)	1,030	618	57.1	495	200以下
採 水 月 日	3.1.10	3.1.10	3.1.10	3.1.10	—

4. 既設の地下水位低下設備の運用状況

揚水井戸ごとに、原子炉建屋等に生じる揚圧力を設計値以下に抑えるために、運用上の制限水位を設け、制限水位以下を維持するよう常時は自動運転としており、揚水井戸内の地下水位は水位計により検知している。既設の揚水ポンプの運用例を図 1-1-21 に示す。

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

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

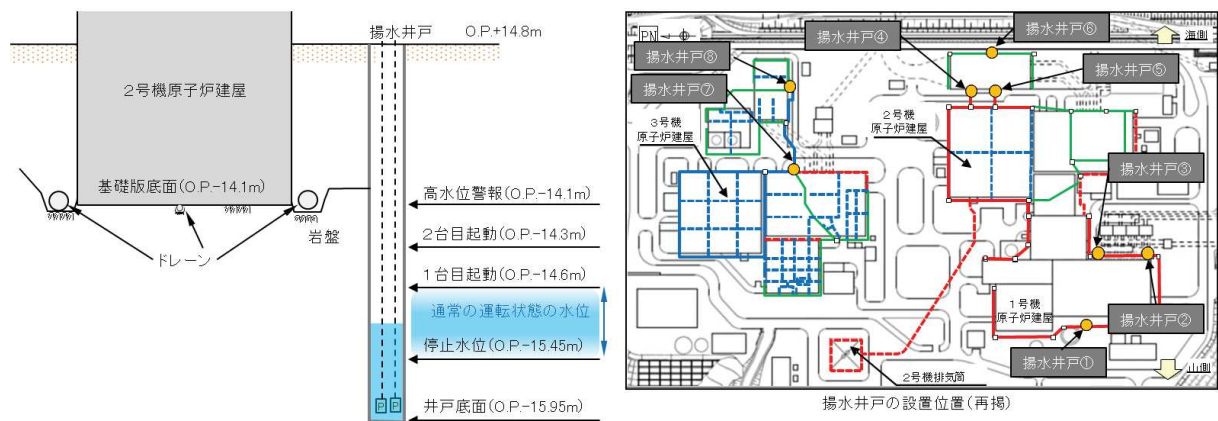


図 1-1-21 既設の揚水ポンプの運用（揚水井戸④の例）

5. 既設の地下水位低下設備の保守管理の状況

5.1 保守管理内容

既設の地下水位低下設備は、原子炉施設保安規定に基づく保全計画において点検項目・点検頻度を定め、定期的に巡視・点検を行っている他、地震後は速やかに設備点検し、状況を確認することとしている。保守管理内容を表 1-1-5 に示す。

また、揚水ポンプ、水位計、制御盤については、計画的に取替を実施している。

表 1-1-5 既設の地下水位低下設備の保守管理内容

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

※ 分解点検は3年に1回、それ以外の点検・試験は1年に1回実施

5.2 至近に実施した目視確認結果

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震直後及びその後に実施した主要な設備の目視確認結果のうち、第 2 号機揚水井戸（揚水井戸⑤）及び周辺のドレーンの状況を図 1-1-22 に、第 3 号機揚水井戸（揚水井戸⑦）及び周辺のドレーンの状況を図 1-1-23 に示す。

ドレーンは事後保全対象であるため、設備供用開始*¹以降、ドレーン内部の土砂排除等の手入れは実施していないが、目視確認の範囲では土砂等の有意な堆積は認められず、また有孔部の状況から有孔部の閉塞も生じていないことが確認できる。

また、設備の著しい損傷等は認められず、ドレーン及び揚水井戸の集水及び排水機能は維持されている。

注記* 1：第 2 号機の供用開始は 1995 年 7 月であり、目視確認時点で約 23 年が経過。

第 3 号機の供用開始は 2002 年 1 月であり、目視確認時点で約 16 年が経過。



写真A ドレーン(有孔ヒューム管Φ1,050mm)
2018/9/18撮影



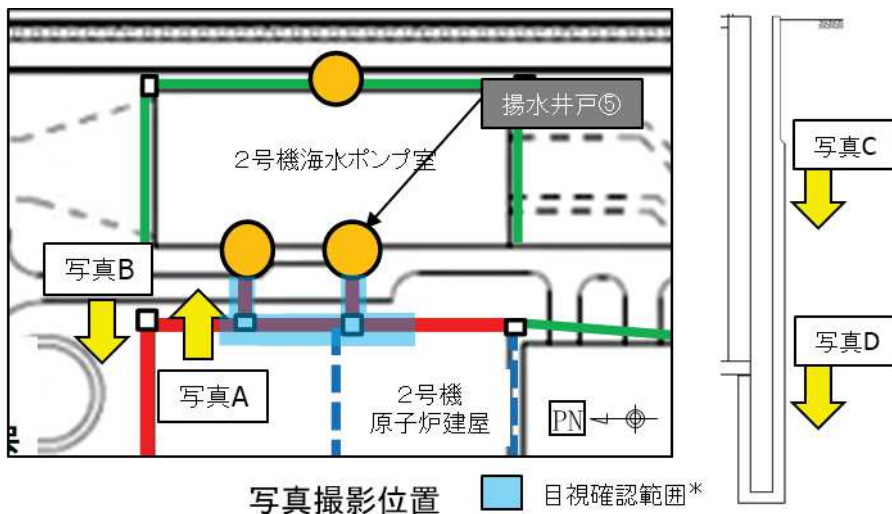
写真B ドレーン(有孔ヒューム管Φ1,050mm)
2018/9/18撮影



写真C 揚水井戸⑤(中段部)
2017/3/17撮影



写真D 揚水井戸⑤(下段部)
2017/3/17撮影



写真撮影位置 目視確認範囲*

*:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後に実施した目視確認の範囲

図 1-1-22 2号機揚水井戸(揚水井戸⑤)及び周辺ドレーンの状況



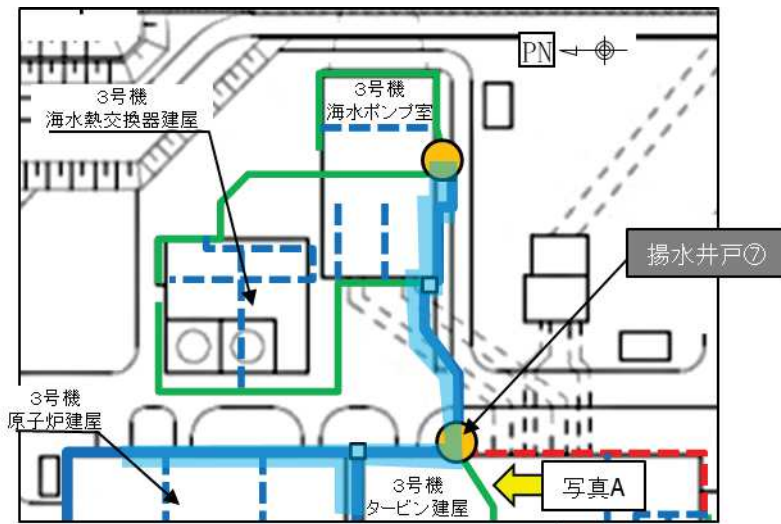
写真A ドレーン(有孔ヒューム管φ800mm)
2018/9/18撮影



写真B 揚水井戸⑦(中間部)
2017/3/16撮影



写真C 揚水井戸⑦(下段部)
2017/3/16撮影



写真撮影位置 目視確認範囲*

*:平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後に実施した目視確認の範囲

図 1-1-23 3号機揚水井戸(揚水井戸⑦)及び周辺ドレーンの状況

(参考資料 1 - 2) 構内排水路について

1. 集水エリアと幹線排水路の配置

発電所敷地内の構内排水路は北側と南側に大別し、図 1-2-1 に示すとおり幹線排水路を設置している。降雨の際の表面水は構内排水路（幹線排水路及び支線排水路）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。

表 1-2-1 に示す幹線排水路の排水能力は、石巻特別地域気象観測所における既往最大 1 時間雨量の 91.0mm/h を考慮しても十分排水可能となるよう設定している。

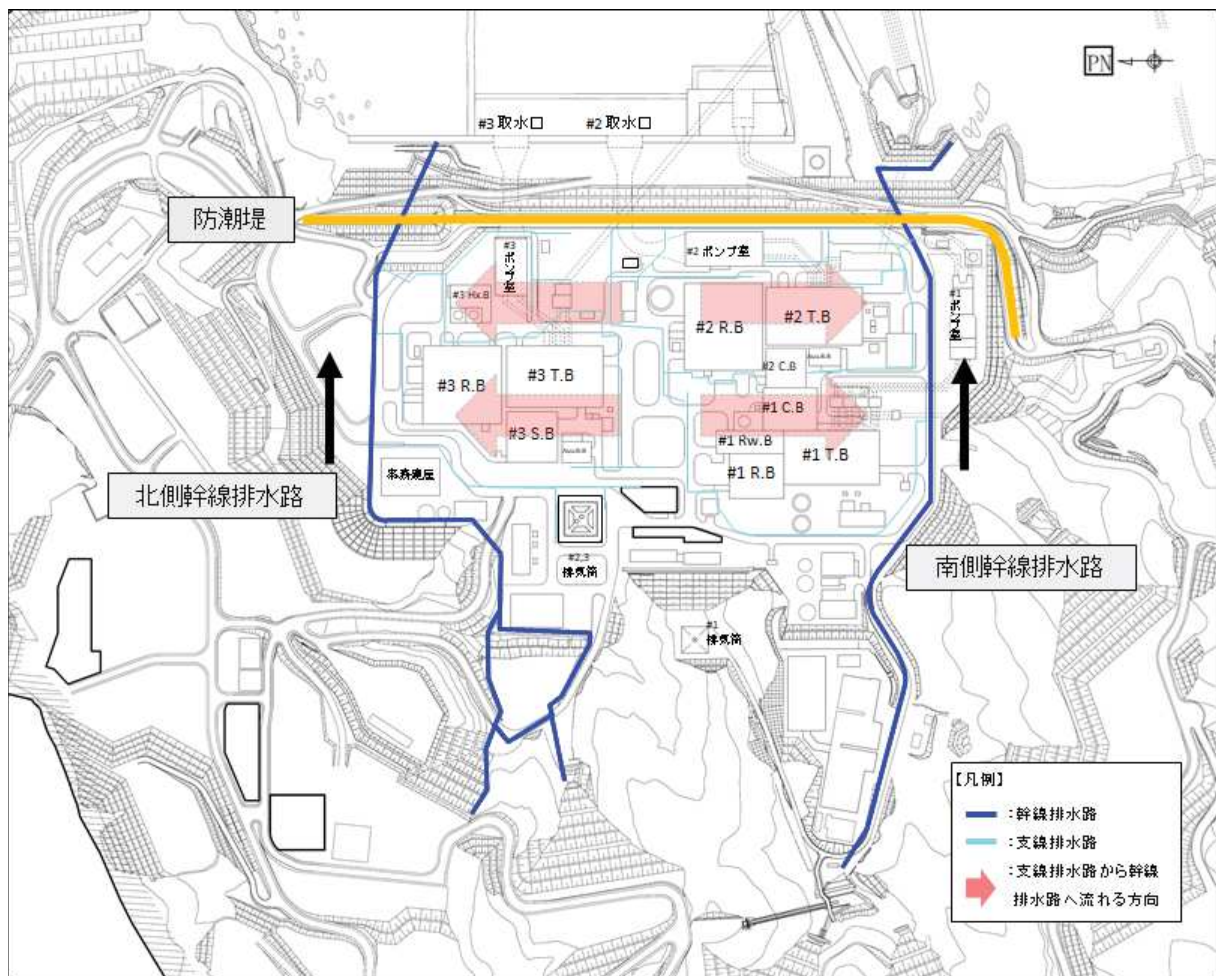


図 1-2-1 発電所敷地内の排水路配置概要図*

注記*：幹線排水路は林地開発許可申請書（2020年3月）を参照。

支線排水路は 2019 年 10 月段階の配置であり、今後の安全対策工事等によって変更となる可能性があるため参考情報として示す。

表 1-2-1 幹線排水路の仕様と排水能力*

排水路名	仕様	91.0 mm/h 降水時の 雨水流入量 [m ³ /s]	排水可能流量 [m ³ /s]
北側幹線排水路	ボックスカルバート B3500, H2500	12.0	51.1
南側幹線排水路	ダブルプレスト管 φ 1000×3	9.4	16.2

注記*：林地開発許可申請書（2020年3月）より抜粋，加筆

2. 構内排水路の機能喪失時の措置

構内排水路のうち支線幹線路はGL付近に設置され，その多くの区間が盛土上に構築されるため，地震時の不等沈下等により排水機能に影響が生じる可能性がある。

一方，幹線排水路のうち最深部となる防潮堤横断部においては，北側排水路はS s 機能維持，南側排水路は岩盤内に構築していること，また，幹線排水路の海側の出口にはそれぞれSクラスの逆流防止設備を設置することから，地震後においても幹線排水路の下流側は健全性を保持し，確実に海域へ排水できると考えられる。それより上流側のO.P. +14.8m 盤の北側及び南側排水路については，耐震設計を行う断面ではないが，内空断面が大きく，岩盤又は改良地盤等に支持されていることから，地震後においても内空断面が完全に閉塞されるような大規模な損壊が生じる可能性は低く，段差や不陸等が生じにくい構造となっており，下流側への動水勾配が確保され，排水機能は維持されるものと考えられる。幹線排水路の縦断面概要図を図1-2-2に示す。

以上により，幹線排水路は地震後においても排水機能を維持されるが，支線排水路の一部が損傷し揚水ポンプからの排水によって敷地内が部分的に滞水する可能性を踏まえて，揚水井戸内の配管上部に設置する分岐管に仮設ホースを接続可能な設計とし，支線排水路の状況を確認した上で，仮設ホースにて構内排水路の健全部分へ地下水を流す運用とする。分岐管の概要図を図1-2-3に示す。

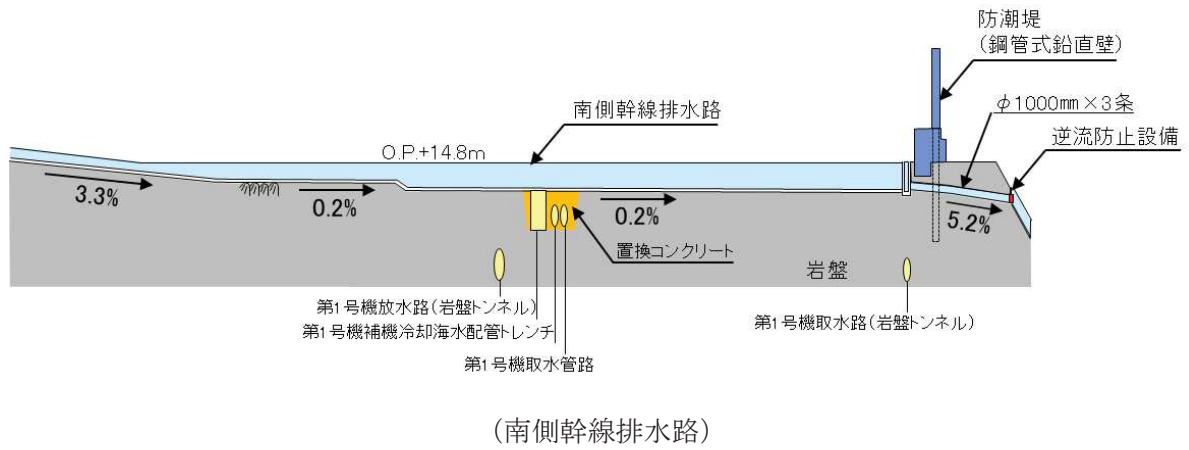
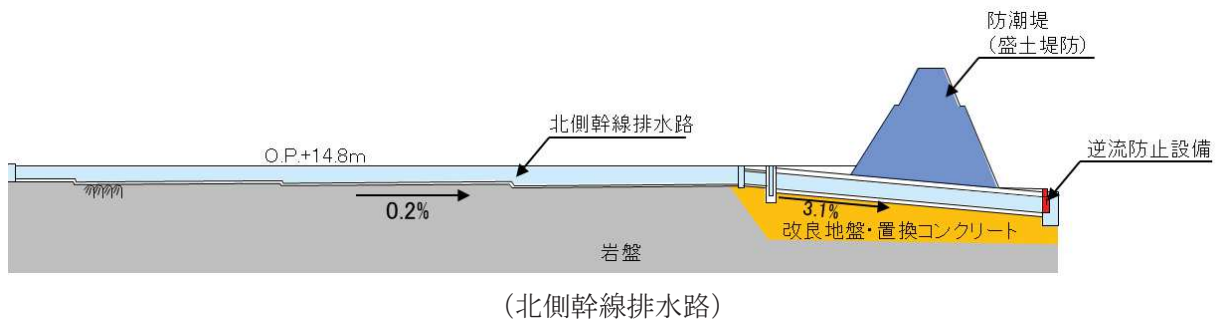
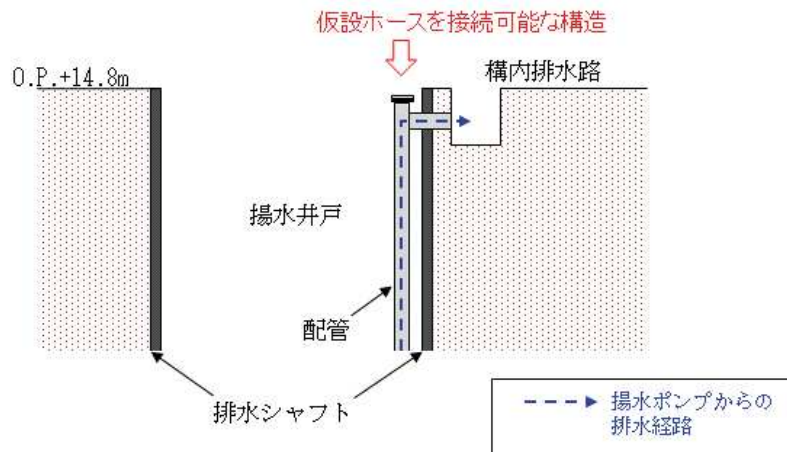
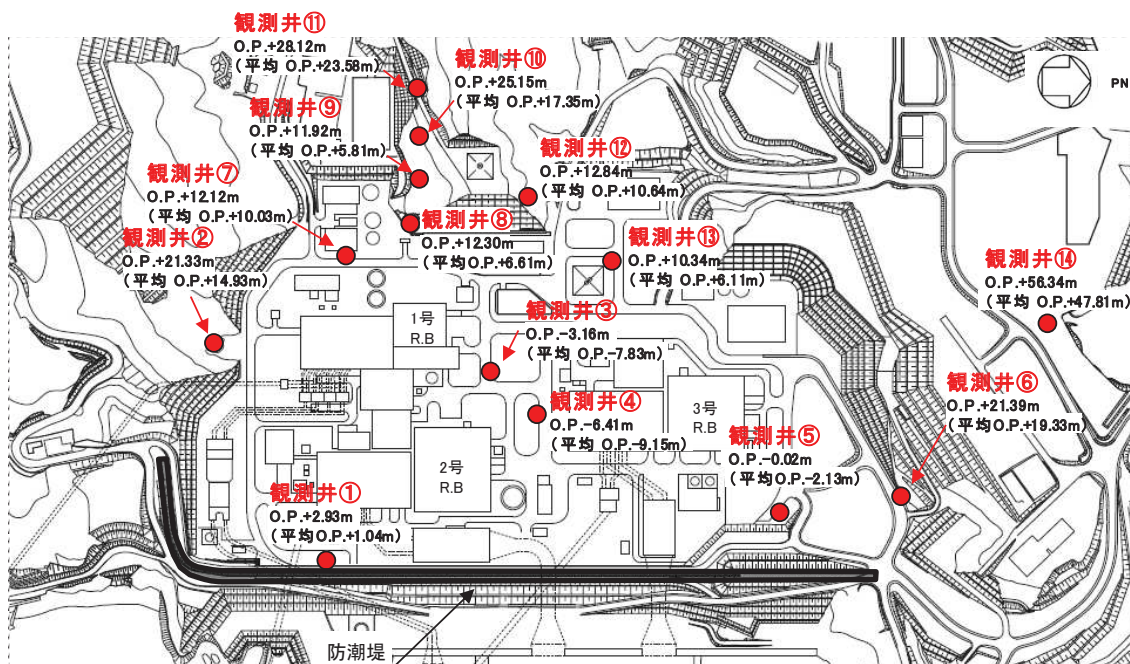


図 1-2-2 幹線排水路縦断面概要図



(参考資料 1 - 3) 地下水位の観測データ

敷地内の地下水観測井位置図を図 1-3-1 に、地下水位観測記録と降水量データを図 1-3-2 に示す。



* : 数値は観測最高地下水水位, ()は平均地下水水位を示す

図 1-3-1 観測井の平面位置図と観測水位

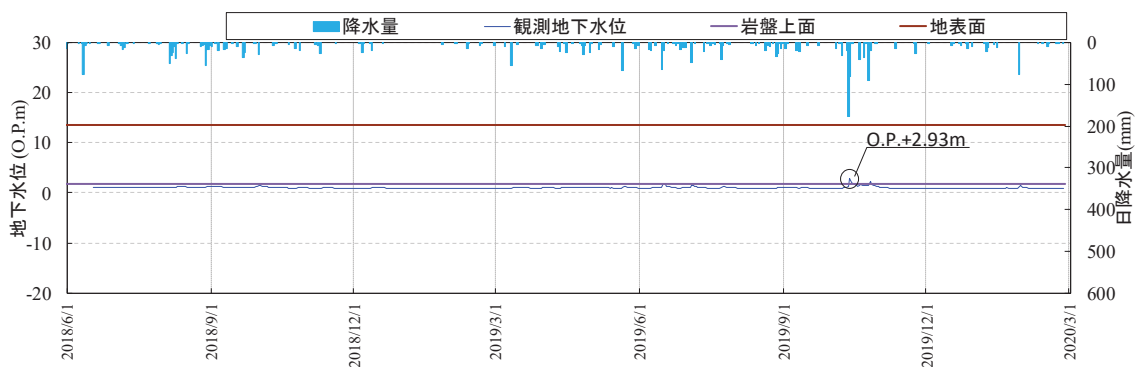


図 1-3-2 (1) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井①)

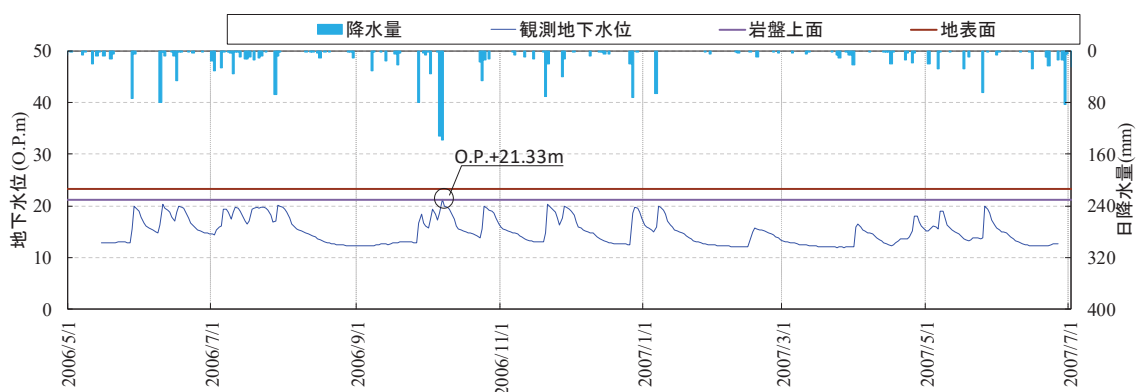


図 1-3-2 (2) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井②)

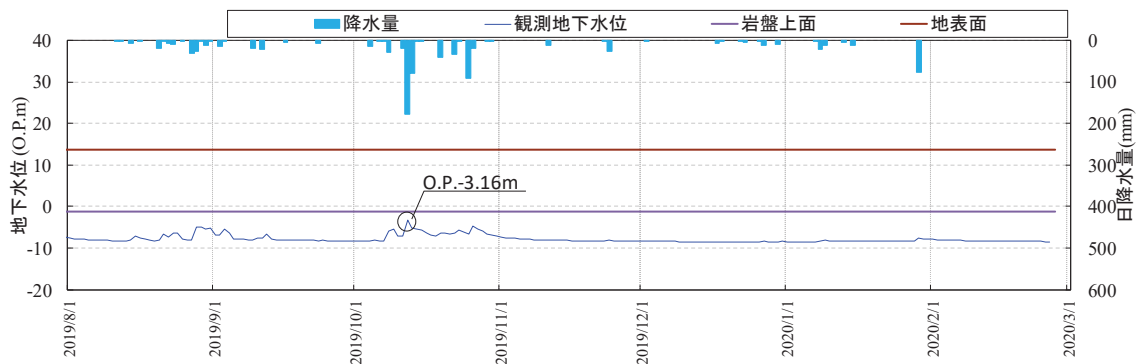


図 1-3-2 (3) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井③)

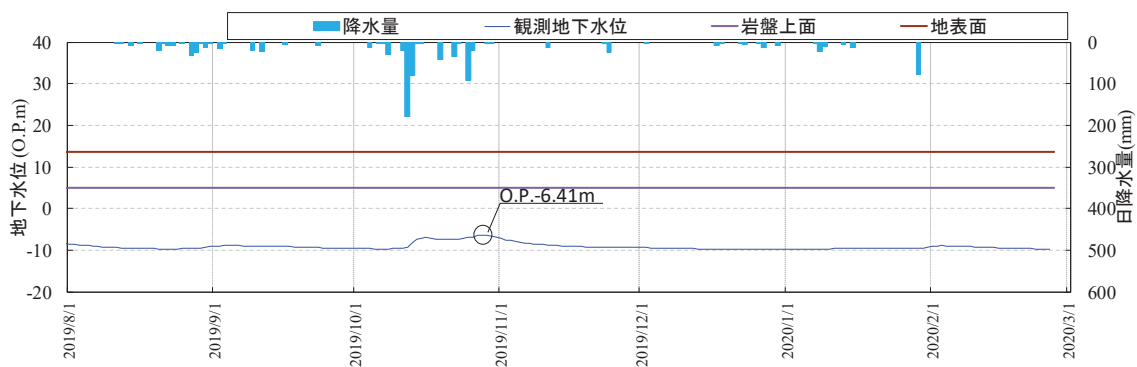


図 1-3-2 (4) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井④)

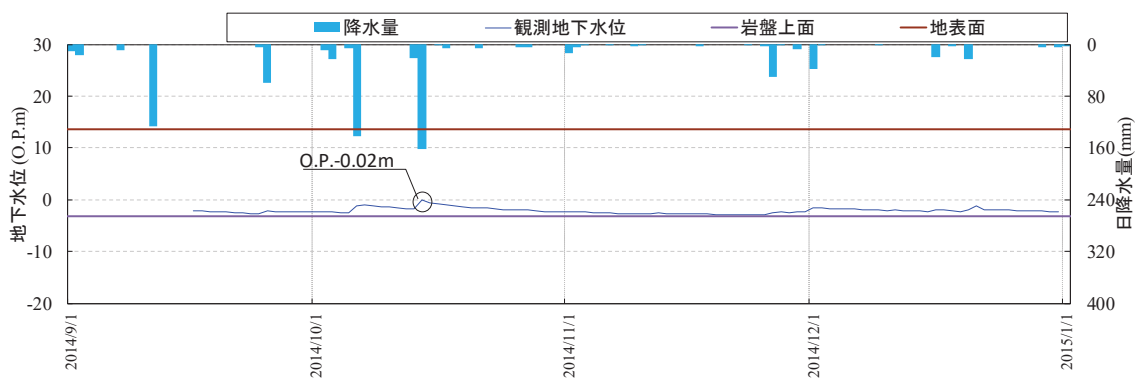


図 1-3-2 (5) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑤)

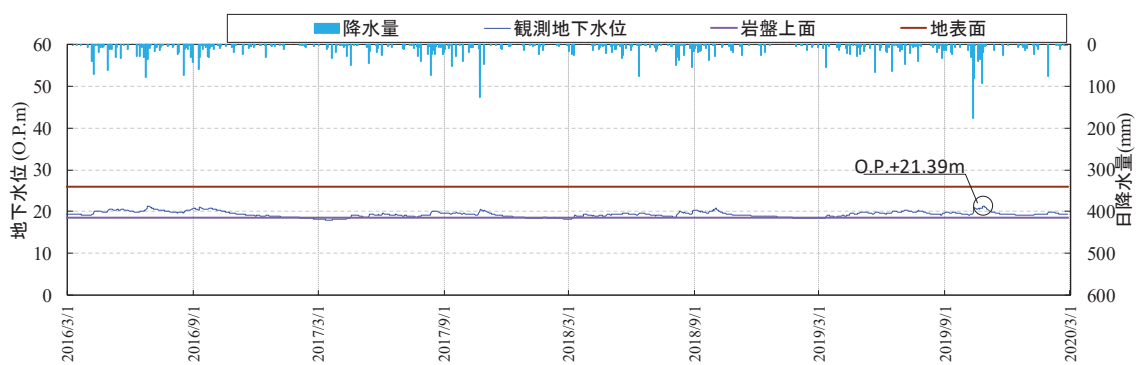


図 1-3-2 (6) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑥)

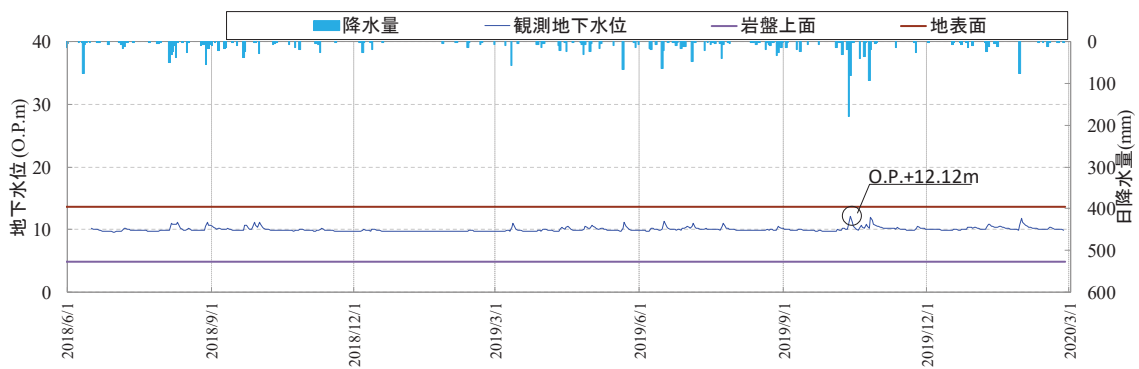


図 1-3-2 (7) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑦)

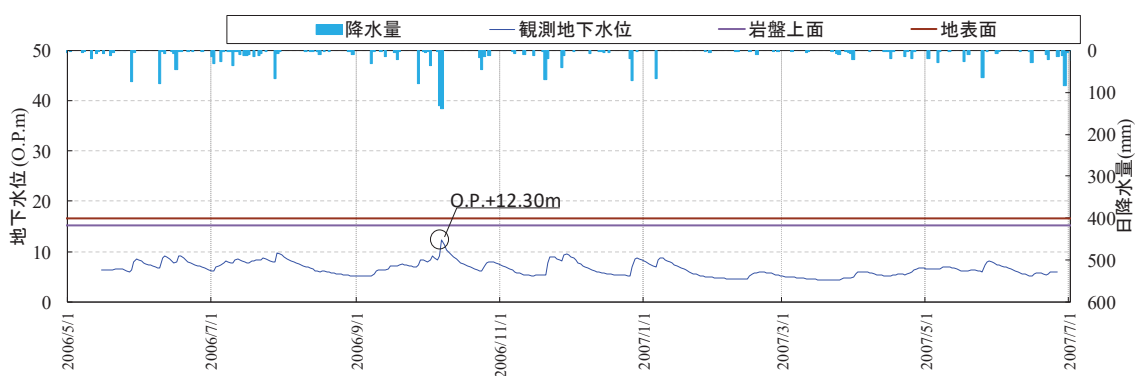


図 1-3-2 (8) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑧)

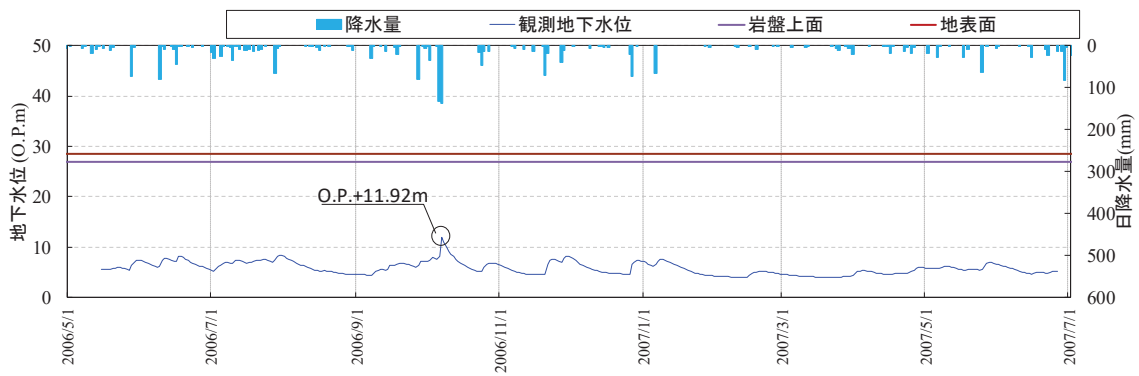


図 1-3-2 (9) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑨)

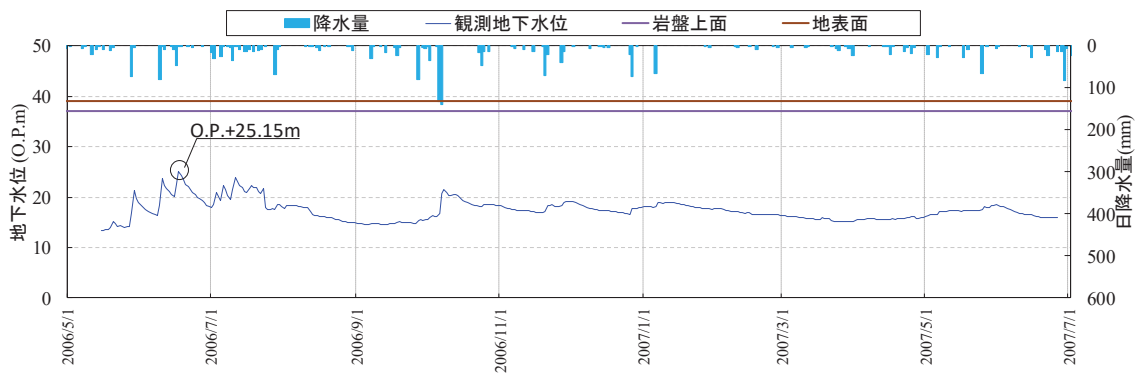


図 1-3-2 (10) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑩)

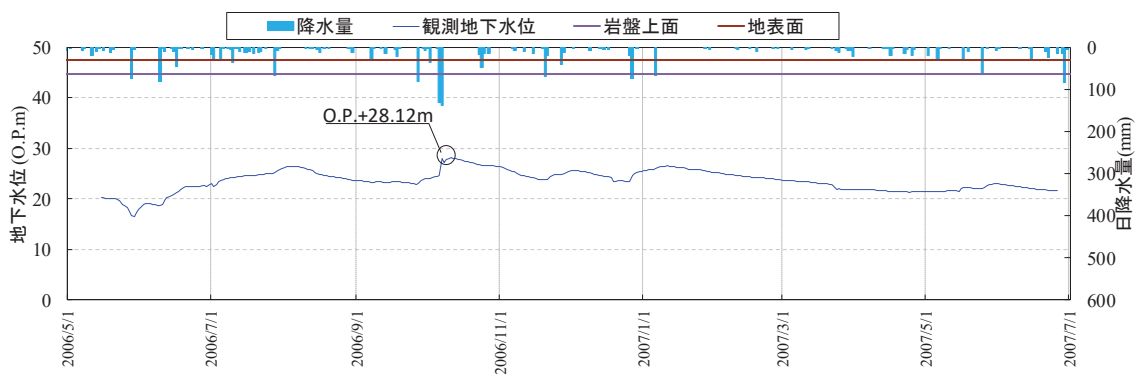


図 1-3-2 (11) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑪)

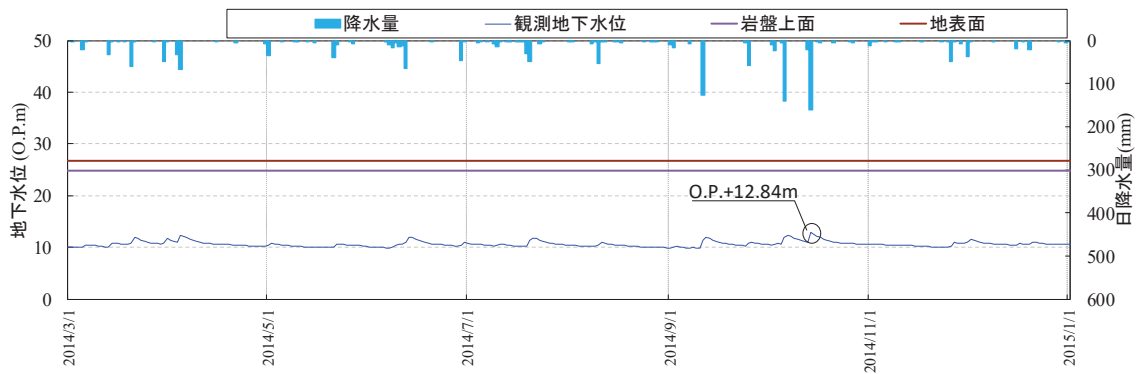


図 1-3-2 (12) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑫)

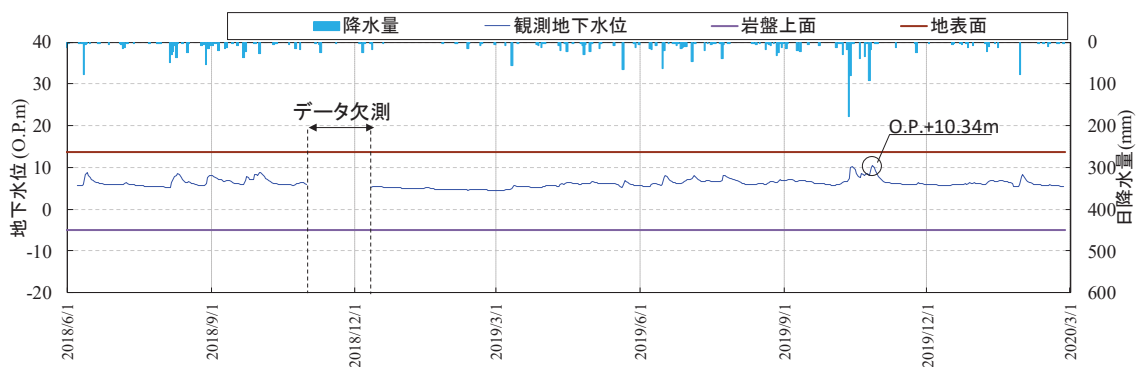


図 1-3-2 (13) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑬)

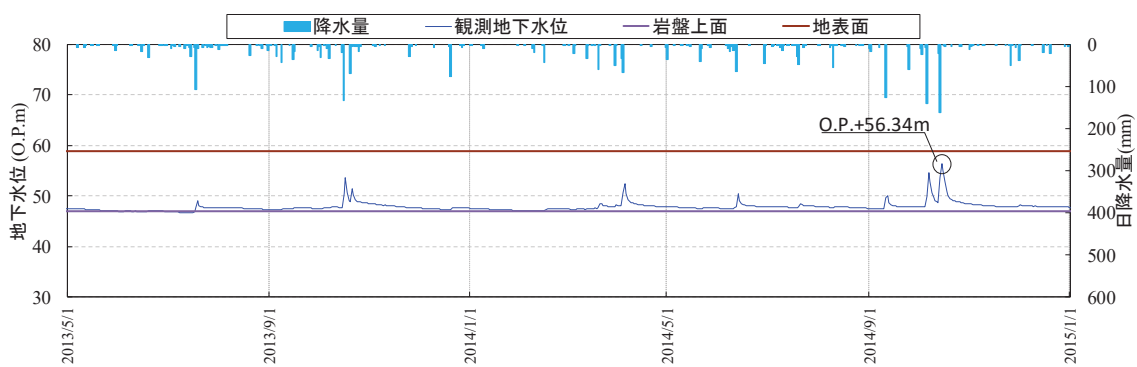


図 1-3-2 (14) 地下水位観測記録と降水量データ (観測井⑭)

1. はじめに

地下水位低下設備を考慮した設計用地下水位の設定においては、将来的な地形・施設構成における地下水位の面的な分布を精度よく予測するため、3次元浸透流解析による評価を参照している。

新規規制基準への適合性審査において、この評価手法等を具体的に基準等で定めたものはないが、ガイドライン等の整備に係る調査状況や、同種評価事例なども参考に評価フローを設定することで、評価の客観性・妥当性の確保に努めた。

以下、3次元浸透流解析を用いた水位評価において参考とした文献等について整理する。

2. 参考とした文献等

- ・ 浸透流解析において流動場を再現し妥当性を確認する評価プロセス（設計用地下水位の設定フロー）を設定するにあたり、以下(a), (b)を参考とした。
 - (a) 地下水流動解析のガイドラインに関する調査（長谷川琢磨，地下水学会誌第 48 巻第 2 号 75～86（2006））
 - (b) 余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行評価パラメータ設定の考え方（社団法人土木学会，2008 年 6 月）
- ・ 本評価と同様の解析コード（GETFLOWS）を用いた検討事例として、以下(c)～(e)を参考とした。
 - (c) 流域スケールにおける反応性窒素移動過程のモデル化と実流域への適用性検討（森康二ほか，地下水学会誌第 58 巻第 1 号 63～86（2016））
 - (d) 水循環解析におけるモデルの設定および再現性の検証事例の報告－福井県大野盆地における事例－（西村宗倫ほか，地下水学会誌第 59 巻第 2 号 125～158（2017））
 - (e) 流域モデリングの水循環解析への適用とその実際（田原ほか（2014），日本地下水学会 2014 年度秋季講演会講演予稿，158-163）
- ・ 地表面での浸透・湧出の取扱いについて、以下(f)を参考とした。
 - (f) Mori, K., Tada, K., Tawara, Y., Ohno, K., Asami, M., Kosaka, K., and Tosaka, H., 2015.
Integrated watershed modeling for simulation of spatiotemporal redistribution of post-fallout radionuclides: Application in radiocesium fate and transport processes derived from the Fukushima accidents, *Environmental Modelling & Software*, 72, 126-146.

(参考資料 2-2) 地下水位の上昇により生じる施設等への影響評価結果

1. 概要

設置変更許可段階において、地下水位低下設備の位置付けを整理することを目的に、地下水位の上昇により各施設に与える影響の評価を実施している。

詳細設計の状況を踏まえ、設置変更許可段階にて行った影響評価結果を一部変更する。

(設置変更許可段階からの変更点)

設計用地下水位の設定方法について、詳細設計段階の検討を踏まえ、表 2-2-1 のとおり変更している。

表 2-2-1 設計用地下水位の設定方法 (設置変更許可段階からの変更)

施設	設計用地下水位の設定方法	
	設置変更許可段階	詳細設計段階
排気筒	地下水位低下設備の機能を考慮	地表面
緊急時対策建屋	自然水位*1より保守的に設定した水位又は地表面	地表面
緊急用電気品建屋		
ガスタービン発電設備 軽油タンク室		

*1：自然水位とは、地下水位低下設備等の人為的な措置の影響が含まれない地下水位を指す。

0. P. +14. 8m 盤は浸透流解析の境界条件として地下水位低下設備の機能を考慮している一方、0. P. +60m 盤の地下水位は地下水位低下設備の影響が含まれない。

2. 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

防潮堤の沈下対策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、基礎地盤・周辺斜面の他、O.P. +14.8m 盤及び O.P. +62m 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）、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について図 2-2-1 及び表 2-2-2 に示す。

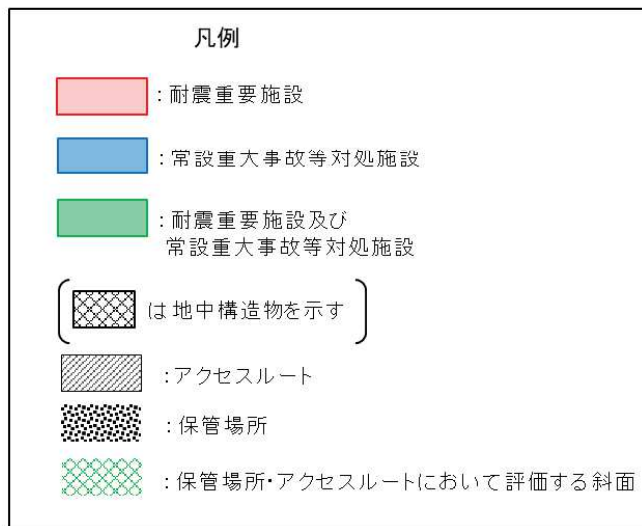
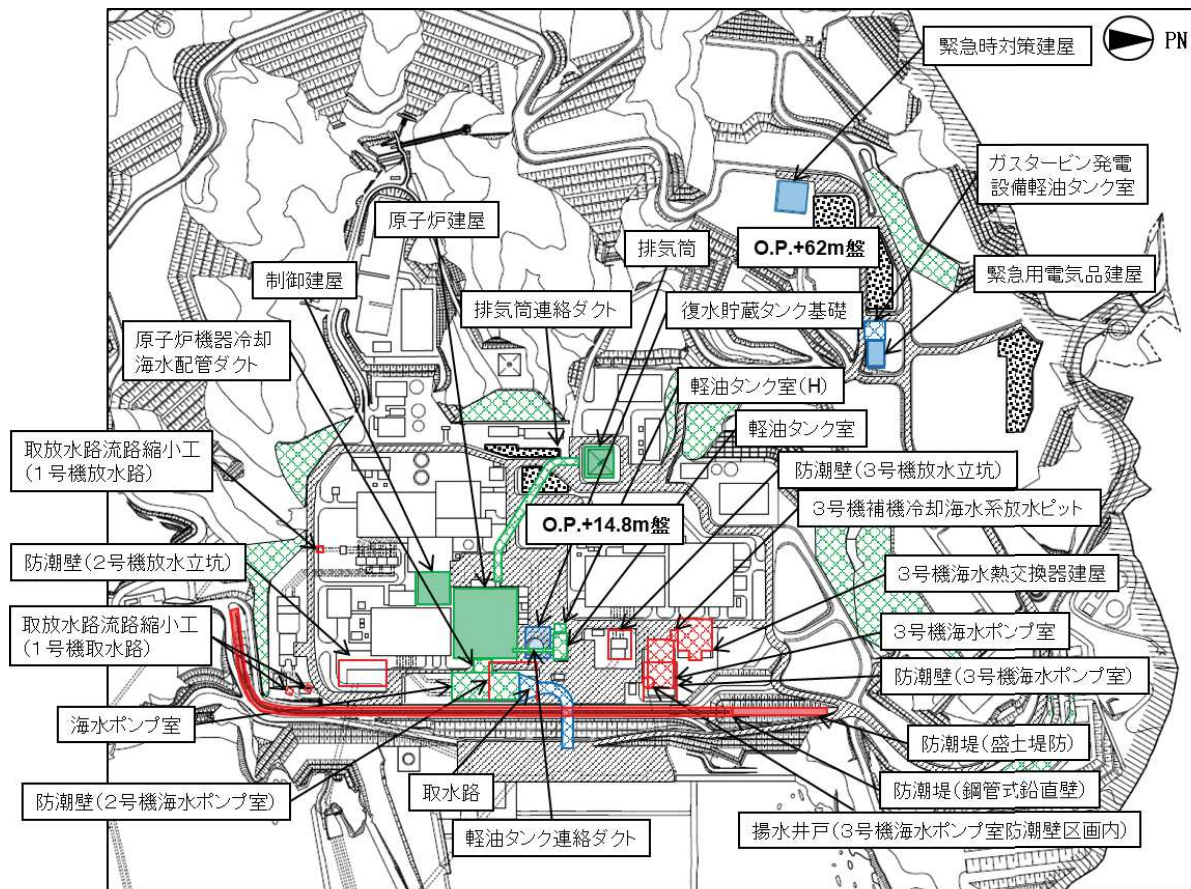


図 2-2-1 耐震評価において地下水位の影響を受ける可能性のある施設等

表 2-2-2 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

施設等		備考
基礎地盤・周辺斜面	基礎地盤	
	周辺斜面	対象となる周辺斜面なし
建物・構築物*1	原子炉建屋	
	制御建屋	
	第3号機海水熱交換器建屋	
	排気筒	
	緊急時対策建屋	0. P. +62m 盤
	緊急用電気品建屋	0. P. +62m 盤
土木構造物・ 津波防護施設・ 浸水防止設備	防潮堤	
	防潮壁	
	海水ポンプ室	
	原子炉機器冷却海水配管ダクト	
	取水路	
	軽油タンク室	
	軽油タンク室 (H)	
	復水貯蔵タンク基礎	
	軽油タンク連絡ダクト	
	排気筒連絡ダクト	
	第3号機海水ポンプ室	
	取放水路流路縮小工	
	ガスタービン発電設備軽油タンク室	0. P. +62m 盤
	第3号機補機冷却海水系放水ピット	
揚水井戸 (第3号機海水ポンプ室防潮壁区内)	浸水防止蓋の間接支持構造物	
保管場所・ アクセスルート	保管場所	0. P. +14. 8m 盤
	アクセスルート	0. P. +14. 8m 盤
	保管場所・アクセスルート	0. P. +62m 盤
	保管場所・アクセスルートにおいて評価する斜面	

*1 土木構造物を除く

3. 地下水位の上昇による影響と対応方針

図 2-2-1 及び表 2-2-1 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。

3.1 地下水位低下設備が機能しない場合の影響

水位評価用モデルを用いた浸透流解析により、地下水位低下設備が機能しない状態が長期間継続した場合を仮定し、定常的な地下水位分布（防潮堤の沈下対策を考慮）を評価した。

境界条件は水位評価用モデルと同様とし、透水係数は水位設定用（参考資料 2-4）と同条件とした。

この結果、防潮堤の沈下対策により地下水が敷地内に滞留し、地下水位が地表面付近まで上昇する。評価結果を図 2-2-2 に示す。

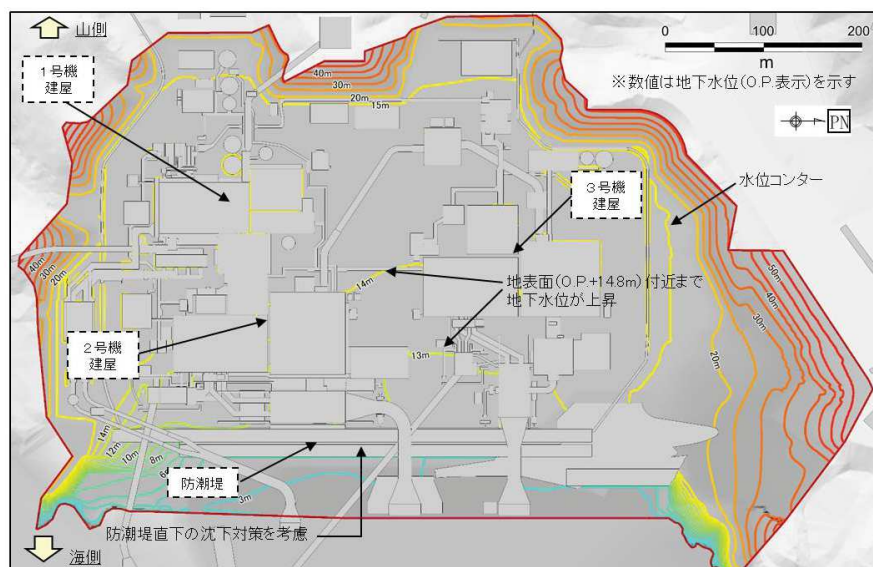


図 2-2-2 地下水位低下設備が機能しない場合の地下水位分布算定結果*1

*1： 解析境界の地表面に水位固定した定常解析により得られた地下水位分布であり、解析開始（地下水位低下設備が機能喪失）から数年程度で地下水位が地表面近くに到達する。

3.2 地下水位の影響を踏まえた評価と対応

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、地下水位の影響を踏まえた評価と対応を表 2-2-3 のとおり整理した。

表 2-2-3 (1) 地下水位の影響を踏まえた評価と対応 (1/3)

地下水位の影響を受ける施設等		地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策		
基礎地盤 ・周辺斜面	・基礎地盤	評価結果	影響なし (原子炉建屋の地下水位は基礎版中央に設定しているが、地下水位の設定は基礎地盤の評価結果に影響しない。なお、その他は周辺地盤を含め地表面に設定。)	
		対策	地下水位低下設備	—
			各施設等(耐震補強)	—
建物・構築物	・原子炉建屋 ・制御建屋 ・3号機海水熱交換器建屋	評価結果	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】 ○：地下水位低下設備の設置 【液状化対策】 △：(設計用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。
	・排気筒 ・緊急時対策建屋 ・緊急用電気品建屋	評価結果	影響なし (地表面に設計用地下水位を設定)	
		対策	地下水位低下設備	—
			各施設等(耐震補強)	—

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

表 2-2-3 (2) 地下水位の影響を踏まえた評価と対応 (2/3)

地下水位の影響を受ける施設等		地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策		
土木構造物・ 津波防護施設・ 浸水防止設備	・防潮堤 ・防潮壁 ・海水ポンプ室 ・原子炉機器冷却海水配管ダクト ・取水路 ・軽油タンク室 ・軽油タンク室(H) ・復水貯蔵タンク基礎 ・軽油タンク連絡ダクト ・排気筒連絡ダクト ・3号機海水ポンプ室 ・3号機補機冷却海水系放水ビッド ・揚水井戸 (3号機海水ポンプ室防潮壁区画内)	評価結果	影響あり (揚圧力影響、液状化影響)	
		対策	地下水位低下設備	△：(設計用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。
	・取放水路流路縮小工 ・ガスタービン発電設備軽油タンク室	評価結果	影響なし (地下水位低下設備に期待せず設計用地下水位を設定)	
		対策	地下水位低下設備	—
			各施設等(耐震補強)	—

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

表 2-2-3 (3) 地下水位の影響を踏まえた評価と対応 (3/3)

地下水位の影響を受ける施設等		地下水位の上昇による影響を踏まえた評価と対策		
保管場所・ アクセスルート	・保管場所 (O.P.+14.8m盤)	評価結果	影響なし (地下水位低下設備により一定の範囲に保持される地下水位を前提として設計用地下水位を設定しているが、保管場所(O.P.+14.8m盤)は、岩盤、MMR上に設置されるため、地下水位の設定は評価結果に影響しない)	
		対策	地下水位低下設備	—
			各施設等(耐震補強)	—
	・アクセスルート (O.P.+14.8m盤)	評価結果	影響あり (液状化影響)	
		対策	地下水位低下設備	△:(地下水位低下設備の機能喪失を仮定し、地震時の液状化に伴う地下構造物の浮上り評価を行う)
			各施設等(耐震補強)	△:評価結果は「VI-1-1-6-別添1 可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」に示す
	・保管場所, アクセスルート (O.P.+62m盤)	評価結果	影響なし (地下水位を地表面に設定し評価)	
		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 において評価する斜面	評価結果	影響なし (地下水位を自然水位より保守的に設定した水位又は地表面にて評価)	
		対策	地下水位低下設備	—
			各施設等(耐震補強)	—

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

3.3 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。

整理結果を表 2-2-4 に示す。

表 2-2-4 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技術基準規則における対応条文の整理

施設等	安全性確保における 地下水低下設備の位置付け*1			関連する条文 関係を示す(○は設計上必要、△は設計条件として前提とする。色分けは*4に示す各条文の包絡 関係を示す(■は 38条1項、38条2項、38条2項*4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 地下水低下を前提とする (必要時は対策)	(C) 不要	地盤 (設置許可基準規則の対応条文を記載)			地震			津波・余震重量			重大事故 等対処設 備			
				38条 1項	38条 2項 *4	38条 2項 *4	50条 *4	50条 *4	50条 *4	6条 *4	51条 *4	54条				
基礎地盤			○*2													
周辺斜面			—													対象斜面なし
建物・構築物	○					△	△	○*3								
	原子炉建屋					△	△	○*3								
	制御建屋					△	△	○*3								
	3号機海水熱交換器建屋					△	△	○*3								
	排気筒															
	緊急時対策建屋															
	緊急用電気品建屋															O.P.+62m盤
	防潮堤															O.P.+62m盤
	防潮壁															
	海水ポンプ室															
	原子炉機器冷却海水配管ダクト					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	取水路					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	軽油タンク室					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	軽油タンク室(H)					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	復水貯蔵タンク基礎					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	軽油タンク連絡ダクト					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	排気筒連絡ダクト					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	3号機海水ポンプ室					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	取放水路流路縮小工															
	ガスタービン発電設備軽油タンク室															O.P.+62m盤
	3号機補機冷却海水系放水ピット															
	揚水井戸(3号機海水ポンプ室防潮壁区画内)					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	保管場所(O.P.+14.8m盤)					△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	アクセルルート(O.P.+14.8m盤)															
	保管場所、アクセルルート(O.P.+62m盤)															△
	保管場所、アクセルルート															
	保管場所、アクセルルート															

*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た対策については、設計及び工事の計画における各施設の耐震計算書等による詳細を示す。
 *2：基礎地盤の評価に地下水位が影響しないため、条文適合上不要と整理した。なお、基礎地盤の安定性の評価条件の一つとして、地下水水位の低下を記載している。
 *3：技術基準規則第50条は同規則第5条と同様の要求であり、規則第5条への適合性を確認する。
 *4：地震時に対する要求を含む技術基準規則第6条・第51条及び第50条については、第5条への適合性をもって確認する。また、設置許可基準規則第3条2項及び第38条第2項、技術基準規則第5条及び第50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及び技術基準規則第5条への適合性を示すことにより確認する。
 *5：地下水水位を地表面に設定し評価している。
 *6：地下水水位を自然水位より保守的に設定した水位又は地表面として評価している。

(参考資料 2-3) 建設時工事計画認可段階に実施した浸透流解析について

1. 解析の目的

2号機及び3号機の建設時工事計画認可段階において、以下の内容を把握するため浸透流解析を実施している。

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

地下水は海山方向の流れが支配的であることから、海山方向（図 2-3-1 の上下方向）の断面を主とした有限要素法による2次元定常解析としている。

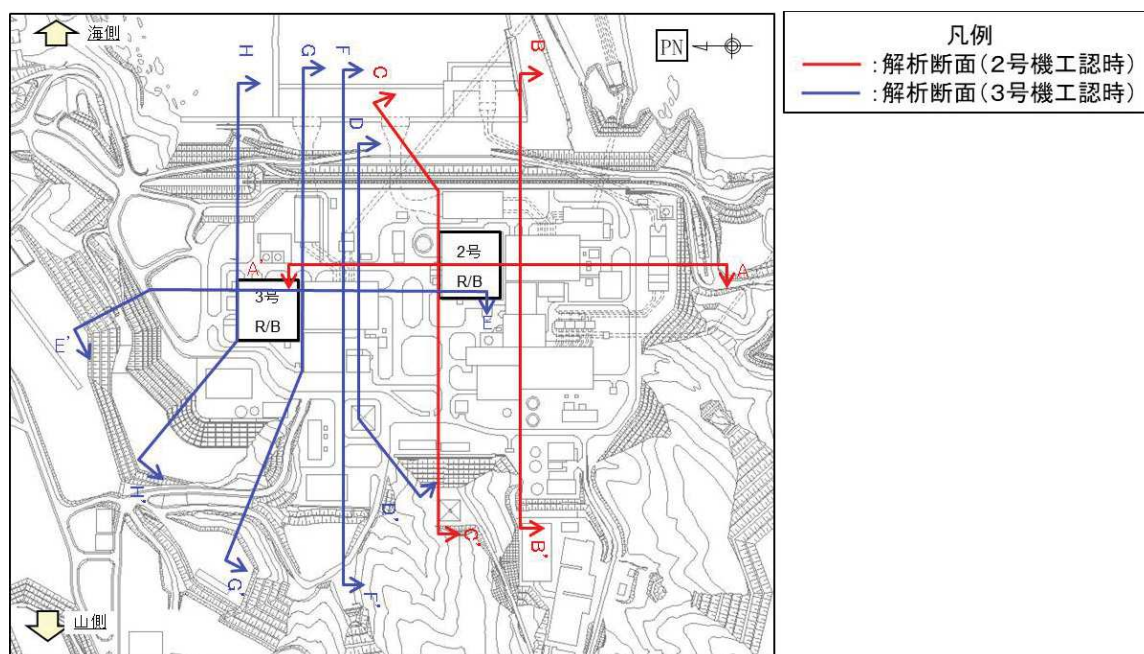


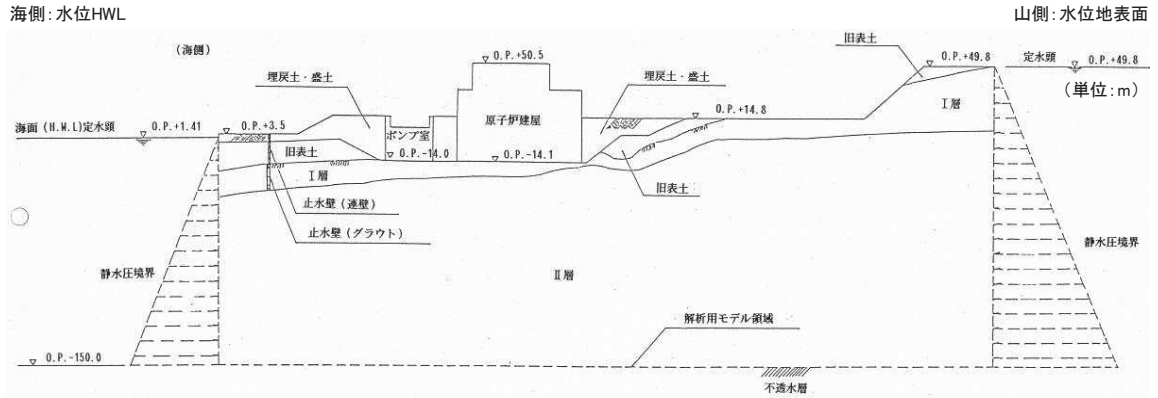
図 2-3-1 浸透流解析断面位置*

注記*：2号機及び3号機工認時の浸透流解析断面は当時の地形にてモデル化しており、現地形とは異なる。

2. 解析条件

(1) 境界条件

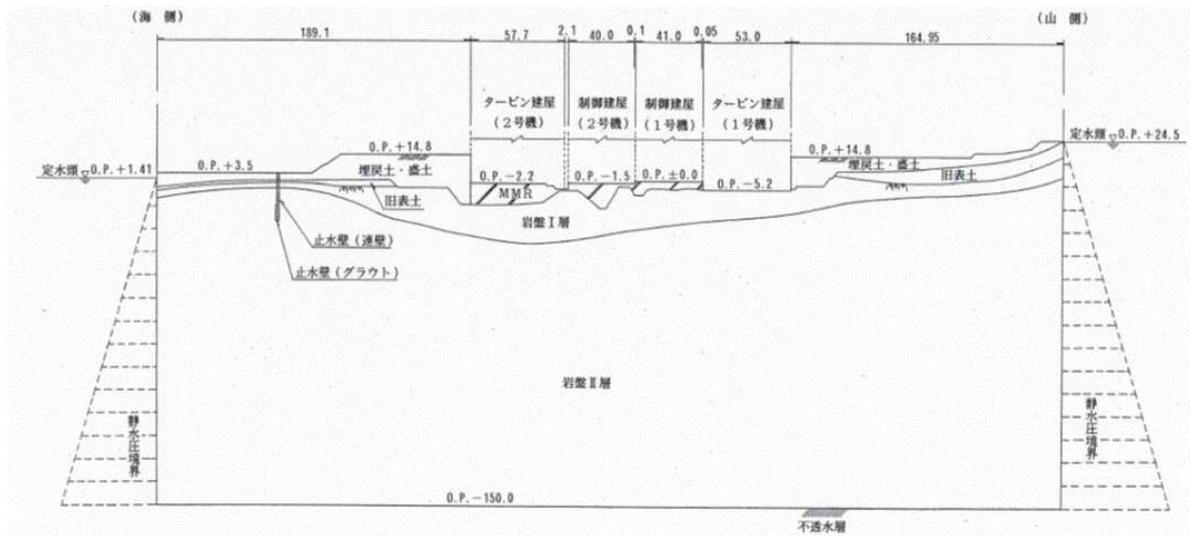
2号機及び3号機の建設時工事計画認可段階に実施した浸透流解析の境界条件として、海側境界はH.W.L.，山側境界は地表面に水位を固定し，モデル下端は不透水境界として扱い，側方境界には静水圧を作用させている（図 2-3-2）。なお，海側には建屋との間に地中連続壁が設置されており海水の流入を遮断する効果があるが，保守的に考慮していない。



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

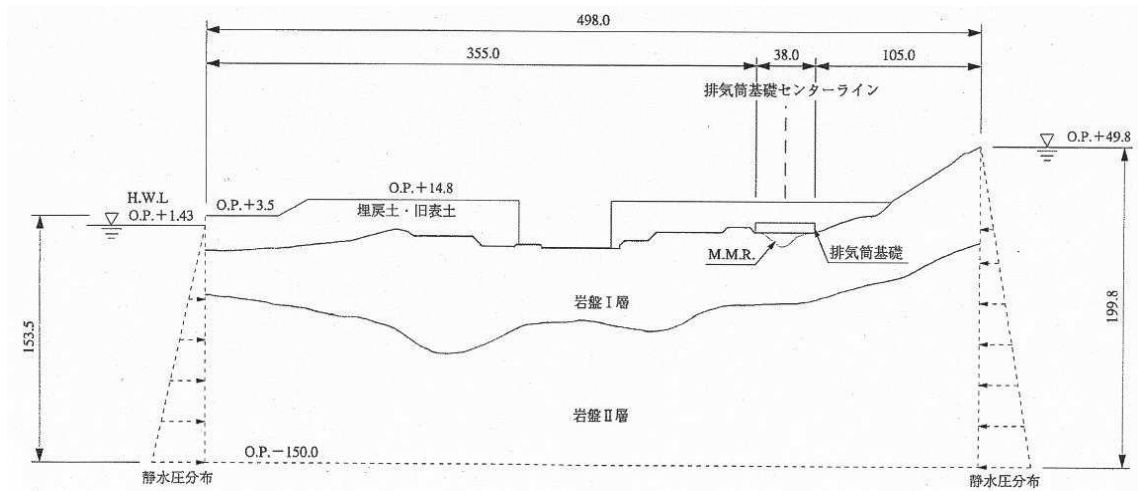
図 2-3-2 浸透流解析断面図 (C-C' 断面)

B-B' 断面近傍の観測孔①及びD-D' 断面近傍の観測孔②における地下水位観測結果をそれぞれの断面に図 2-3-3 及び図 2-3-4 のとおり図示するとともに、表 2-3-1 にその数値を示す。観測された水位は、いずれも浸透流解析の境界条件(初期水位)より低い水位となっており、境界条件が保守的であることを確認した。



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

図 2-3-3 浸透流解析断面図 (B-B' 断面)



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

図 2-3-4 浸透流解析断面図 (D-D' 断面)

表 2-3-1 観測孔①及び②の地下水位観測結果

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

※: 地殻変動による1mの沈降を考慮したものとなり、補正した水位を記載

(2) 透水係数

浸透流解析に用いた透水係数を表 2-3-2 及び表 2-3-3 に示す。

岩盤の透水係数は、2号機及び3号機の建設時工事計画認可段階に実施した透水試験により設定した。岩盤の透水試験位置を図 2-3-5 に示す。

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

表 2-3-2 解析用物性値（2号機周辺）

(単位:m/s)

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

注) A-A' 断面, B-B' 断面及び C-C' 断面に使用

表 2-3-3 解析用物性値（3号機周辺）

(単位:m/s)

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

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

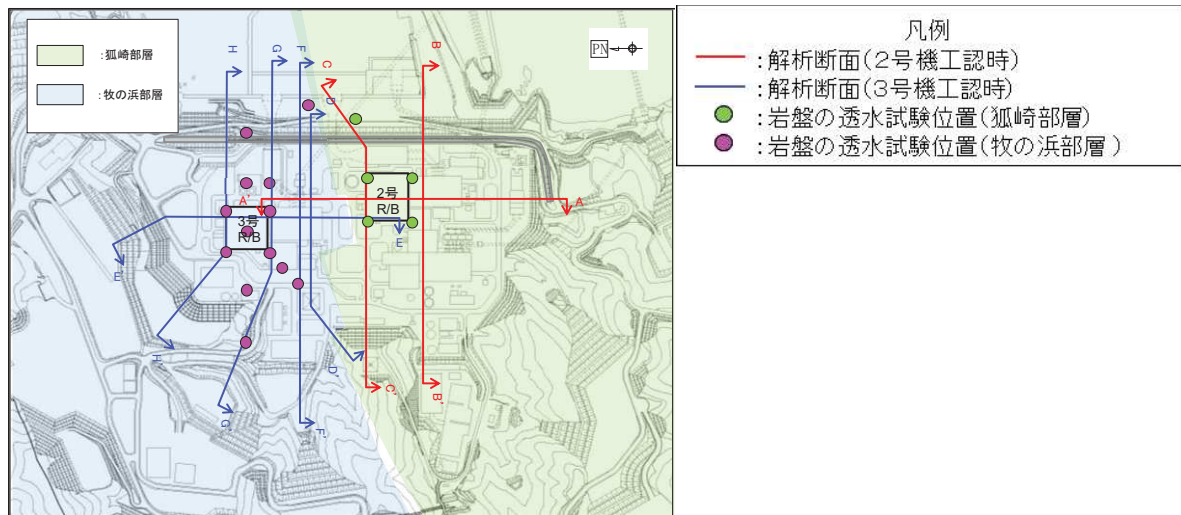


図 2-3-5 岩盤の透水試験位置

3. 解析結果

(1) 2号機主要建屋の揚圧力及び湧水量

図 2-3-6 に示す各ドレーン位置での湧水量は表 2-3-4 のとおりであり、これらの湧水量から揚水ポンプの仕様やドレーン径を設計している。

また、2号機原子炉建屋及び2号機タービン建屋にかかる揚圧力は、図 2-3-6 及び表 2-3-5 のとおりであり、いずれも設計値を下回っていることを確認している。

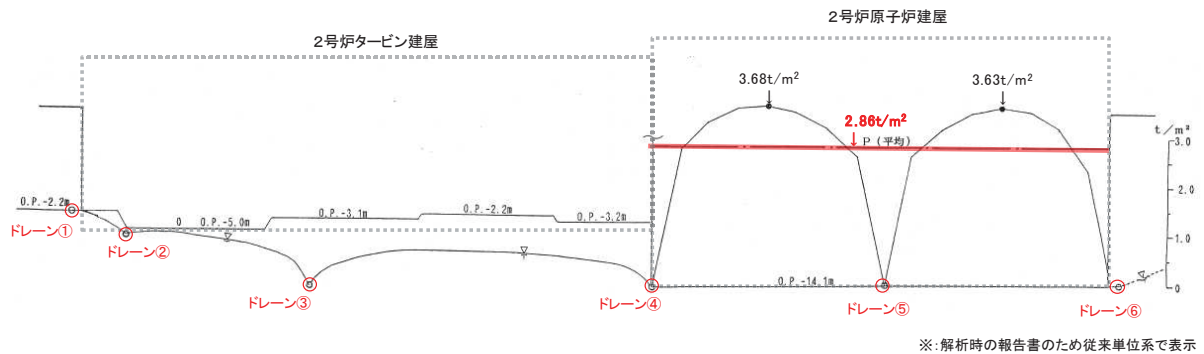


図 2-3-6 揚水圧分布図及び地下水面形 (A-A' 断面のうち建屋近傍)

表 2-3-4 各ドレーンの湧水量 (l/min/m)

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

表 2-3-5 2号機原子炉建屋及び2号機タービン建屋にかかる揚圧力
(設計値及び解析結果)

建屋名称	揚圧力(t/m ²)	
	設計値	解析結果
2号機原子炉建屋	3.0	2.86
2号機タービン建屋	0	0

(2) 2号機主要建屋の揚圧力

2号機主要建屋における揚圧力の解析結果を図2-3-7～図2-3-9に示す。

*：解析時報告書のため従来単位系で表示

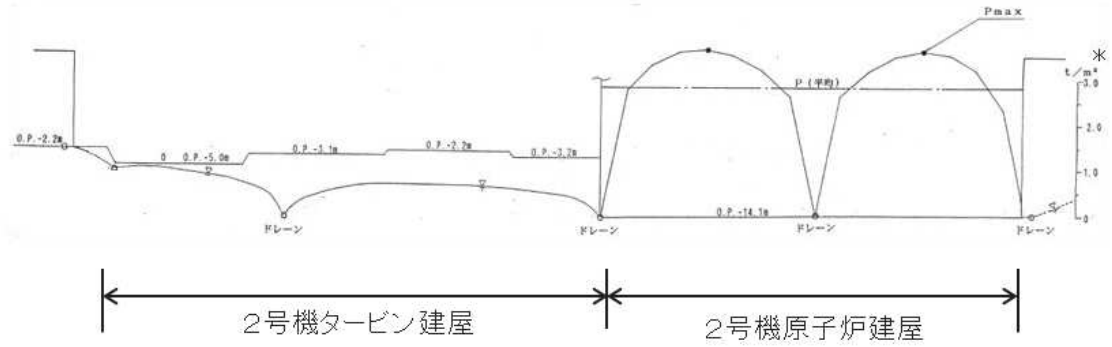


図2-3-7 揚圧力分布図及び地下水面形 (A-A' 断面)

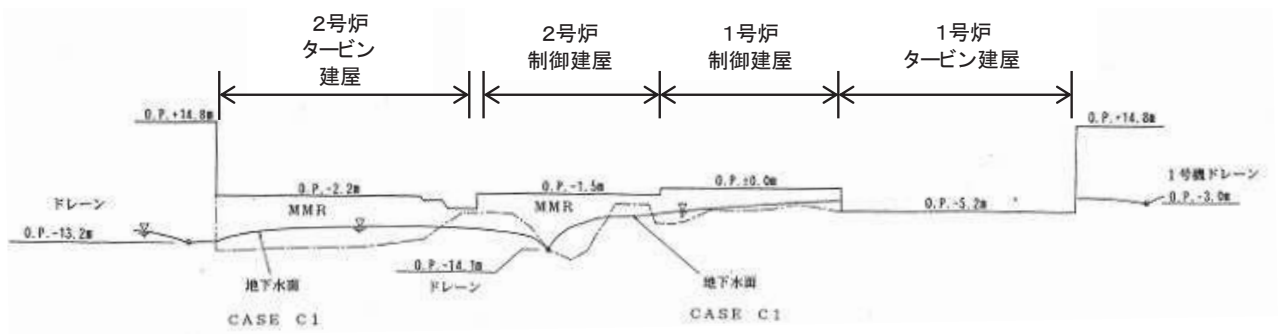


図2-3-8 揚圧力分布図及び地下水面形 (B-B' 断面)

*：解析時報告書のため従来単位系で表示

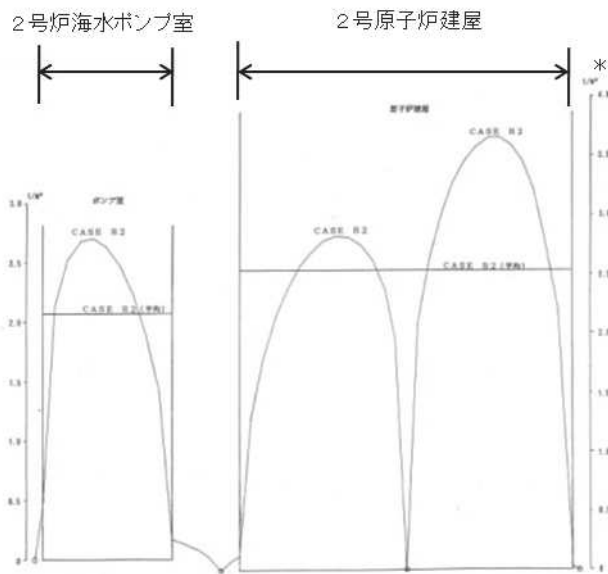


図2-3-9 揚圧力分布図及び地下水面形 (C-C' 断面)

(3) 2号機主要建屋の間隙水圧分布

A-A' 断面の浸透流解析断面図と間隙水圧分布を図 2-3-10 及び図 2-3-11 に示す。

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

また、B-B' 断面及び C-C' 断面の浸透流解析断面図と間隙水圧分布を図 2-3-12～図 2-3-15 に示す。

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

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

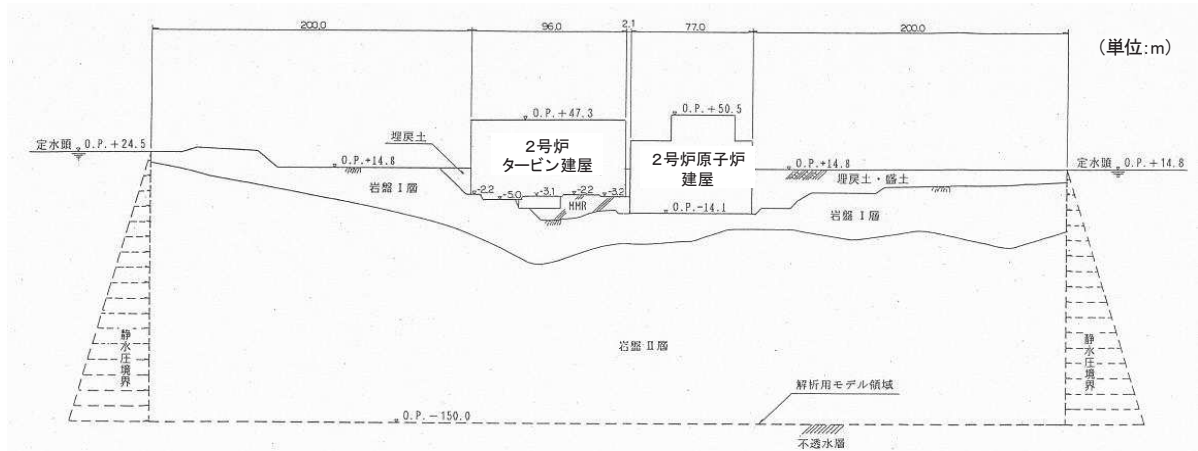


図 2-3-10 浸透流解析断面図 (A-A' 断面)

※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

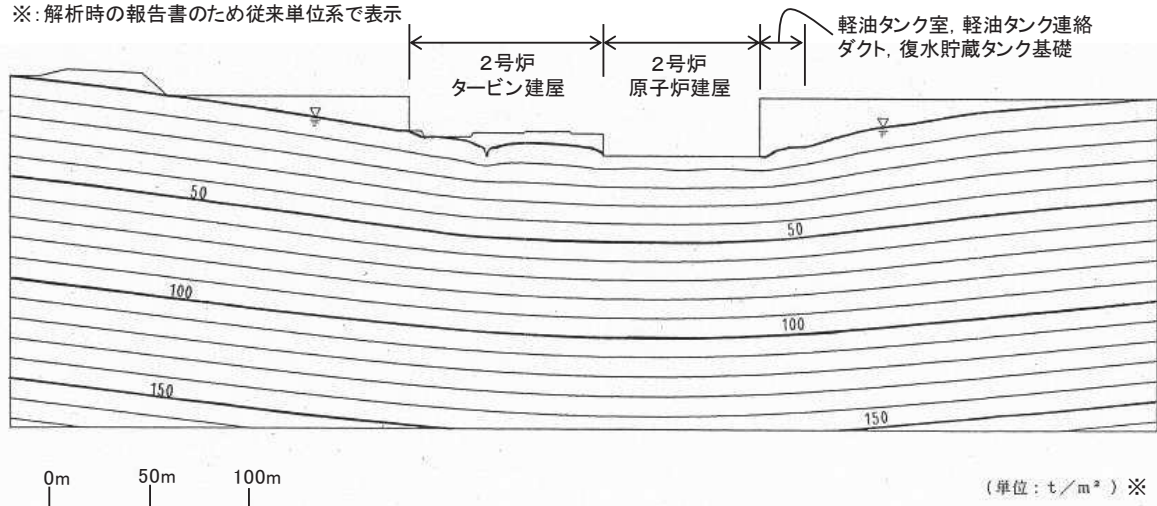


図 2-3-11 間隙水圧分布図 (A-A' 断面)

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

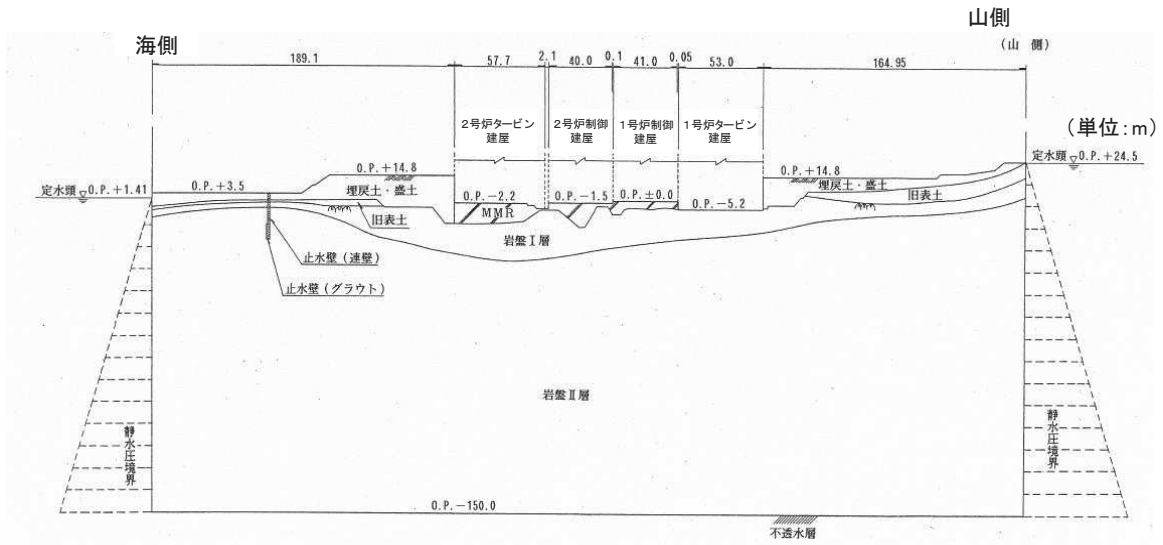


図 2-3-12 浸透流解析断面図 (B-B' 断面)

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

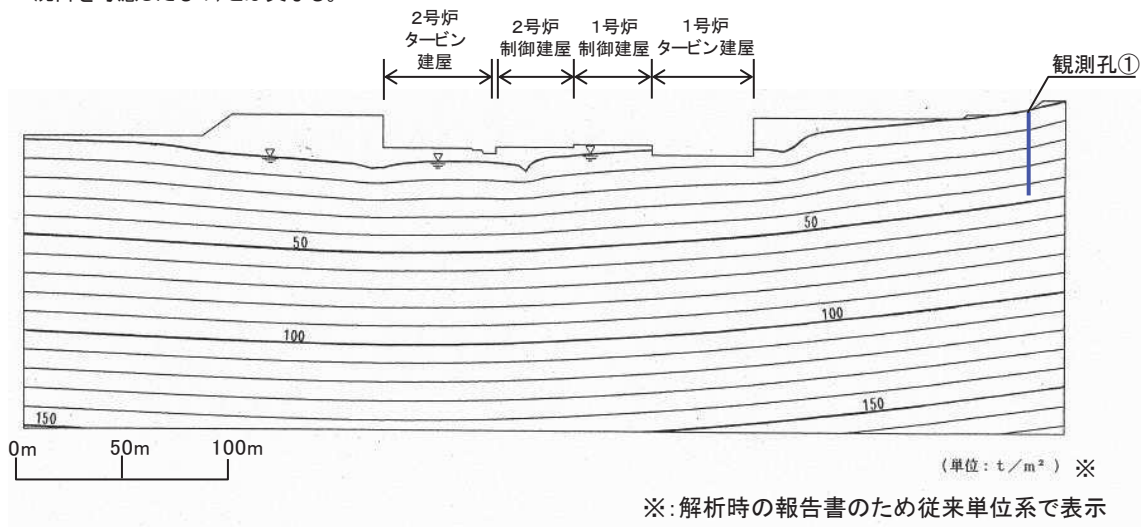


図 2-3-13 間隙水圧分布図 (B-B' 断面)

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

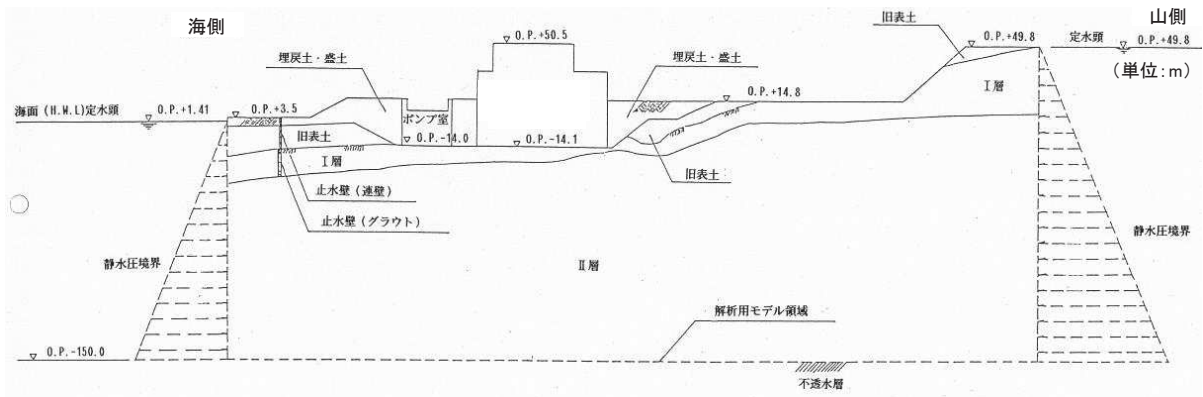


図 2-3-14 浸透流解析断面図 (C-C' 断面)

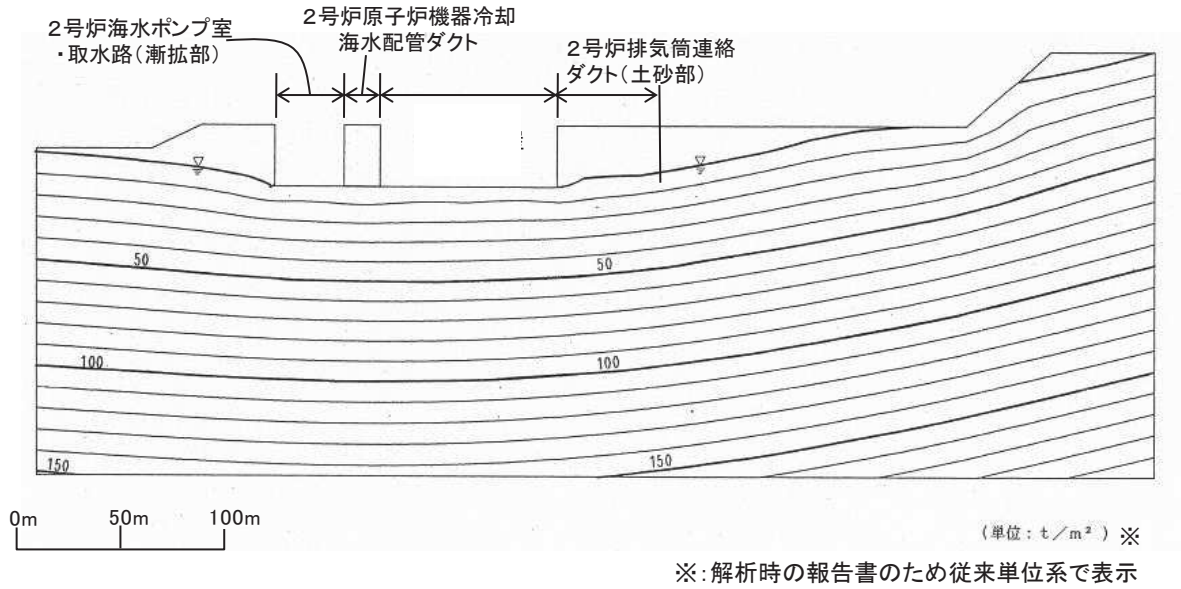


図 2-3-15 間隙水圧分布図 (C-C' 断面)

(4) 3号機主要建屋の揚圧力及び湧水量

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

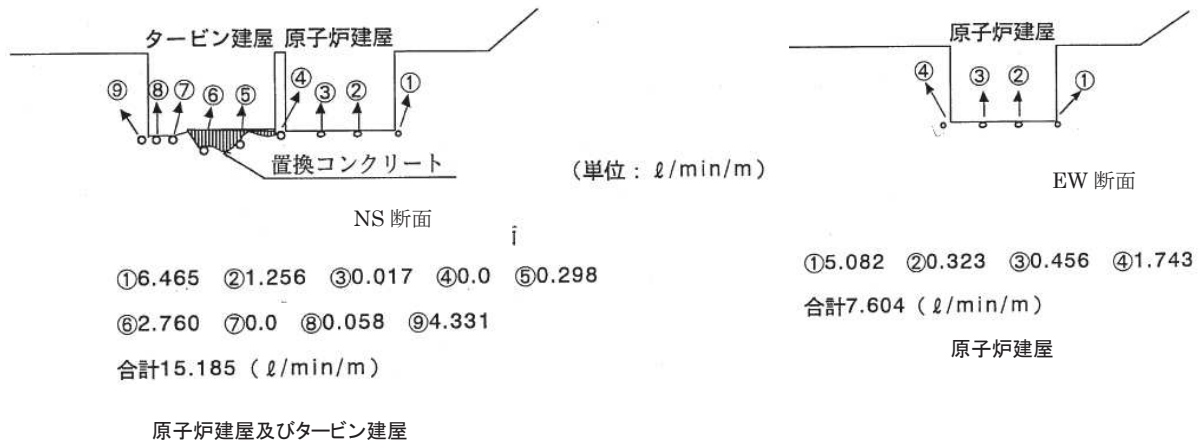


図2-3-16 3号機原子炉建屋他の湧水量解析結果

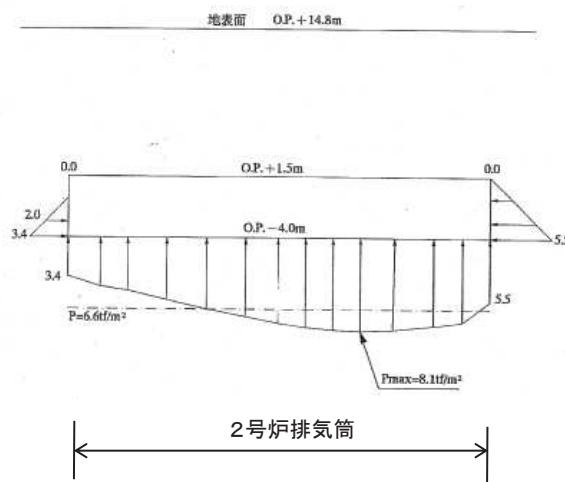


図2-3-17 揚圧力分布図及び地下水面形 (D-D' 断面) (2, 3号機排気筒)

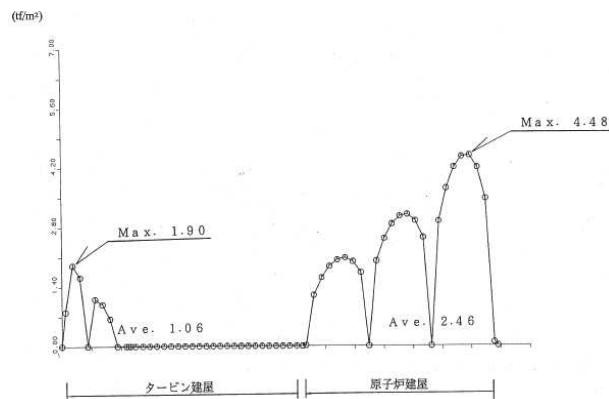


図2-3-18 揚圧力分布図及び地下水面形 (E-E' 断面) (3号機原子炉建屋)

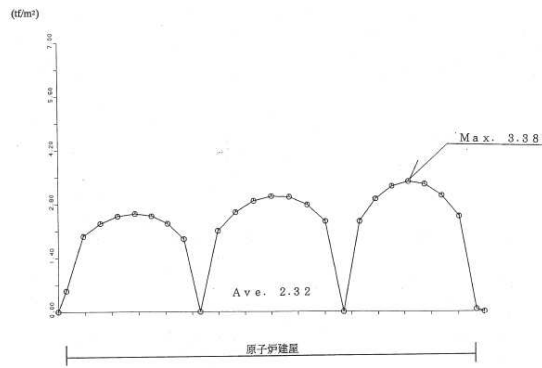


図 2-3-19 揚圧力分布図及び地下水面形 (H-H' 断面) (3号機原子炉建屋)

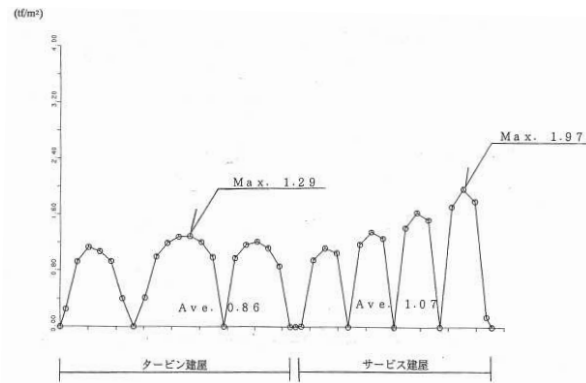


図 2-3-20 揚圧力分布図及び地下水面形 (G-G' 断面) (3号機タービン建屋, 制御建屋)

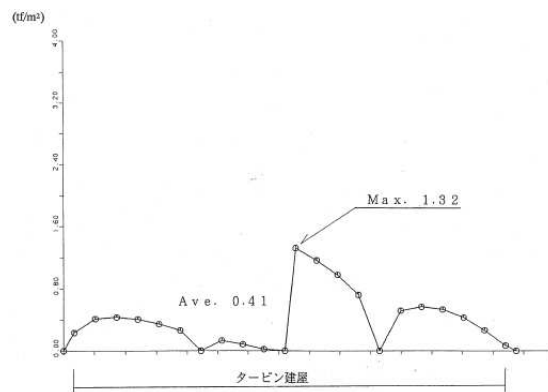


図 2-3-21 揚圧力分布図及び地下水面形 (F-F' 断面) (3号機タービン建屋)

(5) 3号機主要建屋の間隙水圧分布

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

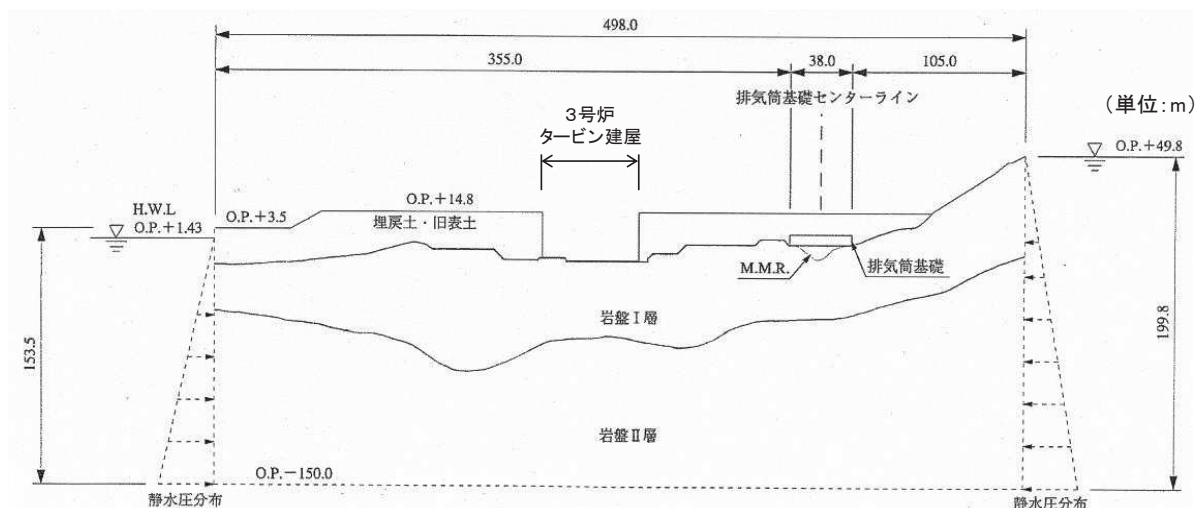
図 2-3-22, 図 2-3-23 (D-D' 断面) ではドレーンを設置している3号機タービン建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。

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

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

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

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



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

図 2-3-22 浸透流解析断面図 (D-D' 断面)

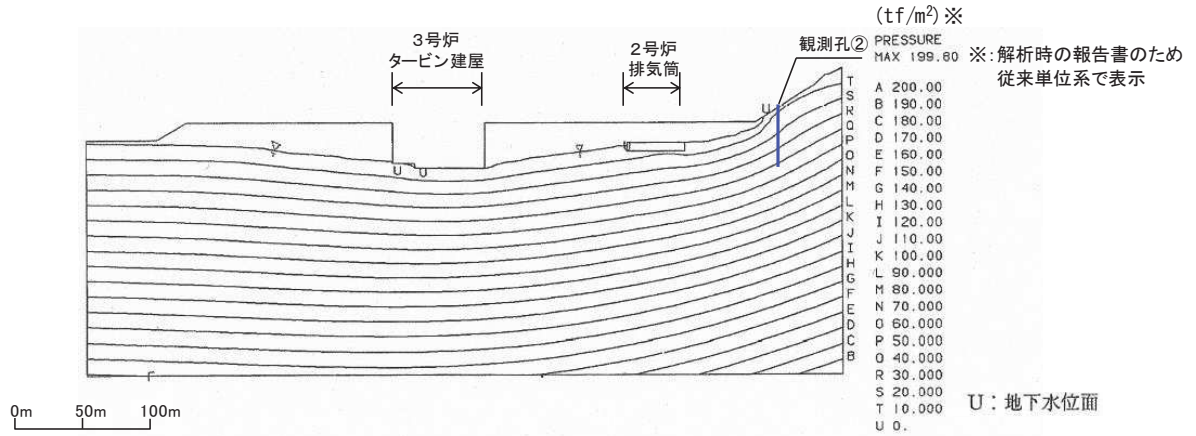


図 2-3-23 間隙水圧分布図 (D-D' 断面)

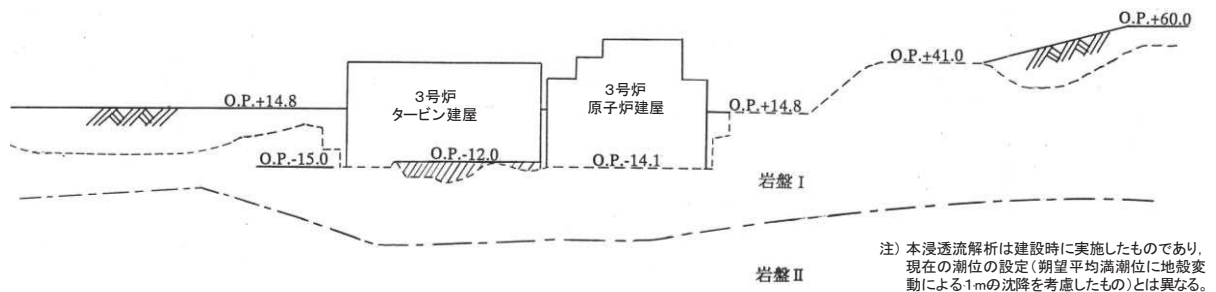


図 2-3-24 浸透流解析断面図 (E-E' 断面)

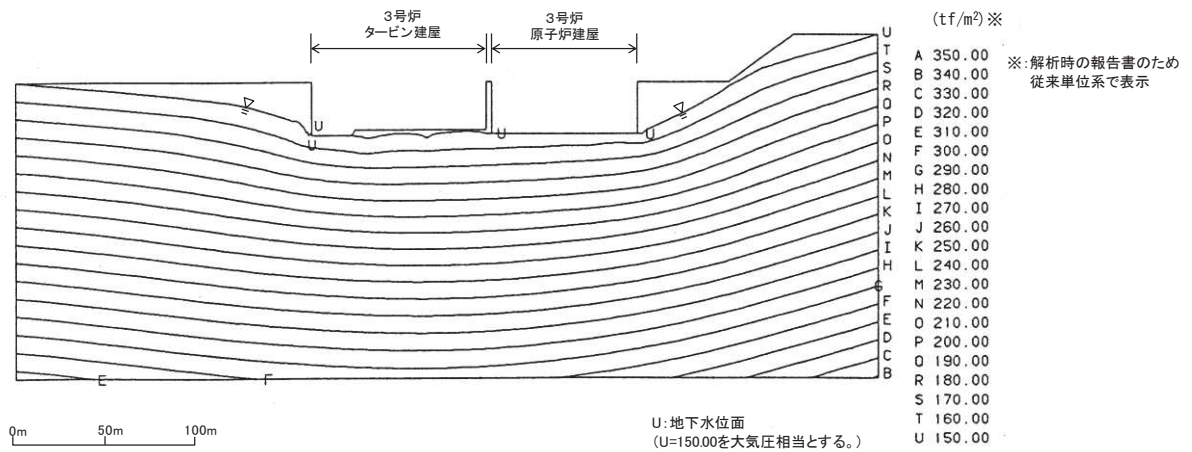


図 2-3-25 間隙水圧分布図 (E-E' 断面)

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

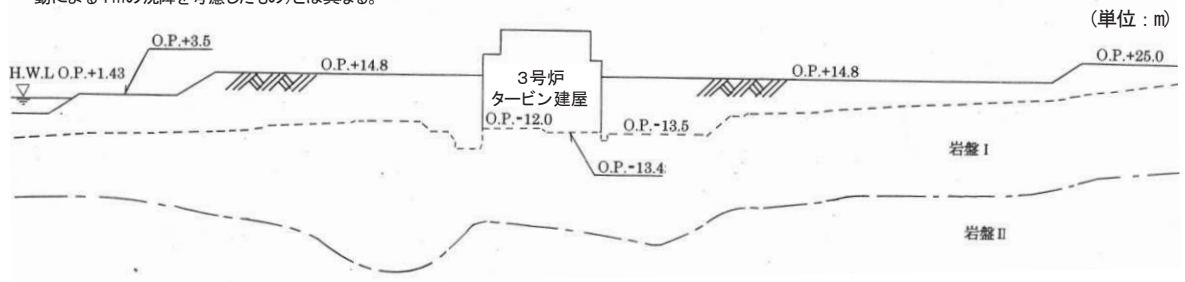


図 2-3-26 浸透流解析断面図 (F-F' 断面)

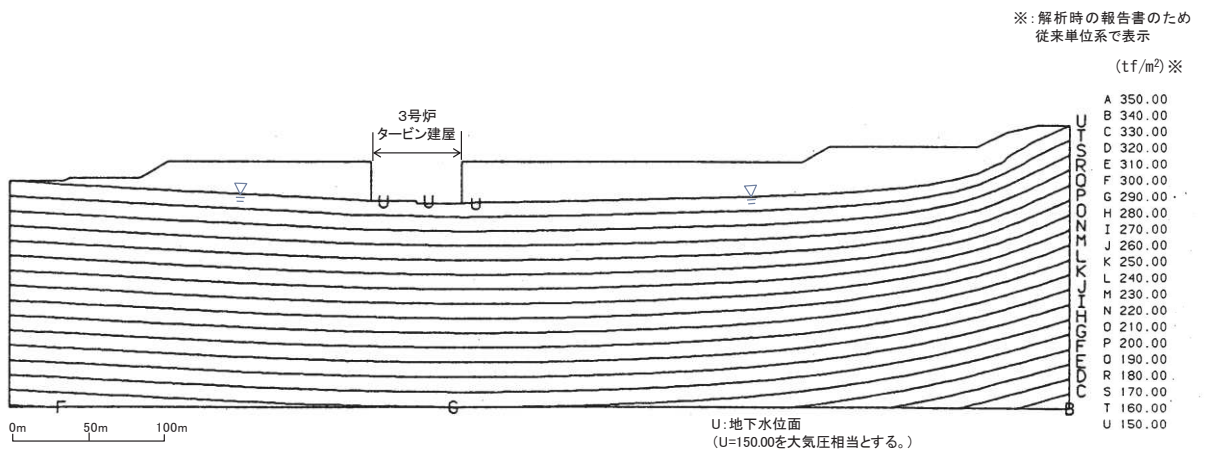


図 2-3-27 間隙水圧分布図 (F-F' 断面)

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

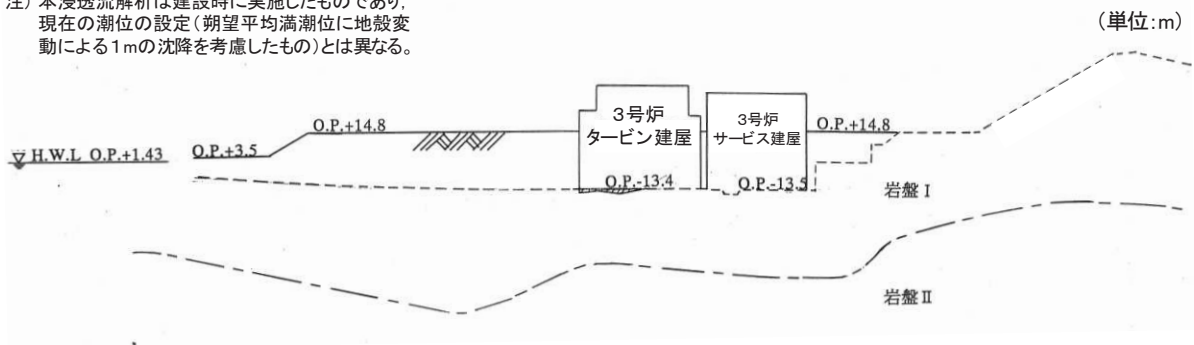


図 2-3-28 浸透流解析断面図 (G-G' 断面)

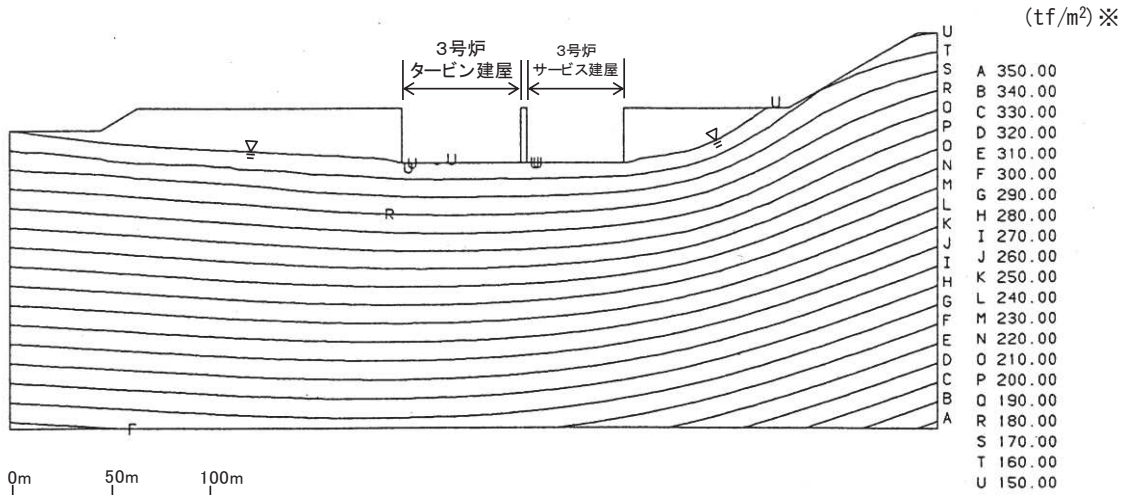


図 2-3-29 間隙水圧分布図 (G-G' 断面)

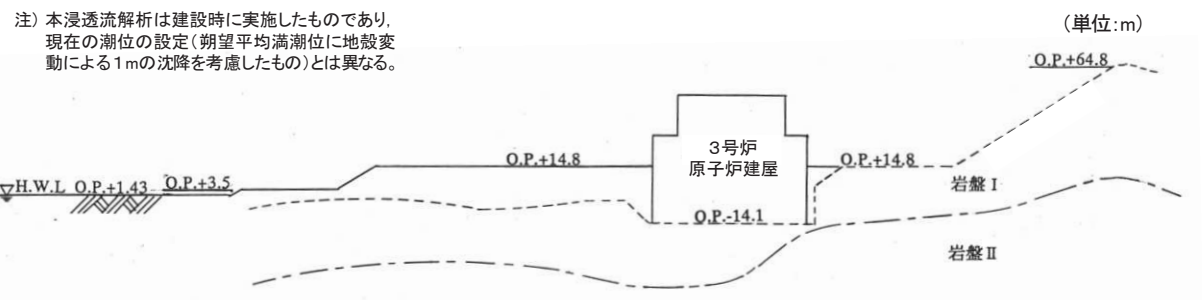


図 2-3-30 浸透流解析断面図 (H-H' 断面)

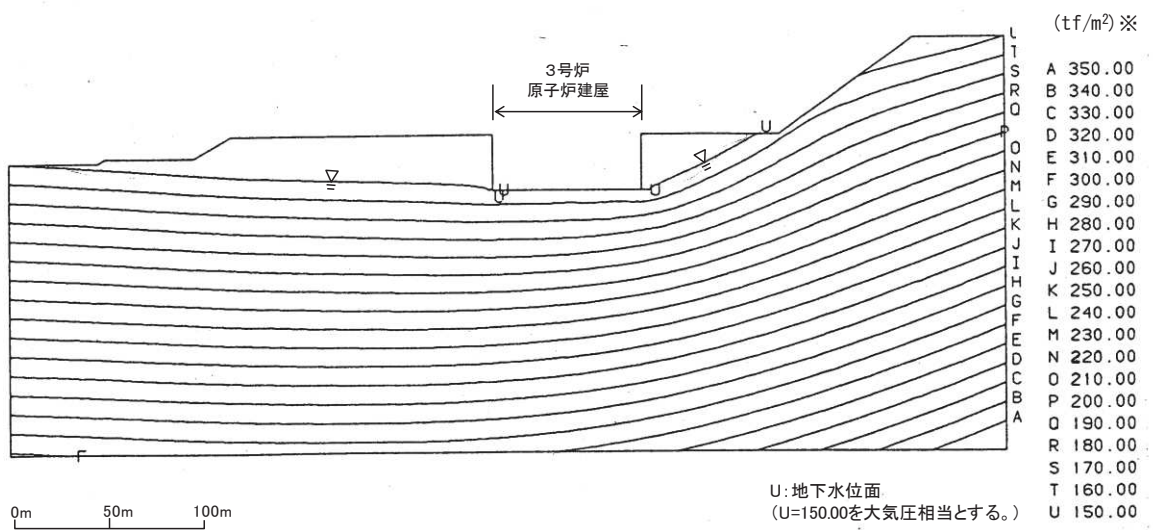


図 2-3-31 間隙水圧分布図 (H-H' 断面)

(参考資料 2-4) 浸透流解析に用いる透水係数の設定根拠

1. 概要

本資料では、設計用地下水位の設定において参照する浸透流解析に用いる透水係数の設定根拠として、透水試験の概要、試験結果について示す。

なお、透水係数の設定値の妥当性については、観測水位と解析水位の比較により本文 3.3.2 (2) c.にて確認している。

2. 透水試験

浸透流解析でモデル化する地層区分毎の透水試験の方法と試験結果を示す。

2.1 試験方法

2.1.1 盛土・旧表土

盛土・旧表土の透水係数は、粒度試験結果（粒径加積曲線）における D20（20%粒度）により推定するクレーガーらの方法を適用して設定した。

D20 と透水係数の関係を表 2-4-1、粒度試験の試料採取位置を図 2-4-1 に示す。また、粒度試験結果（粒径加積曲線）を図 2-4-2 に示す。

表 2-4-1 クレーガーらの方法による D20 と透水係数の関係

D ₂₀ (mm)	透水係数 k (m/s)	D ₂₀ (mm)	透水係数 k (m/s)
0.005	3.0×10^{-8}	0.18	6.85×10^{-5}
0.01	1.05×10^{-7}	0.2	8.9×10^{-5}
0.02	4.0×10^{-7}	0.25	1.4×10^{-1}
0.03	8.5×10^{-7}	0.3	2.2×10^{-1}
0.04	1.75×10^{-7}	0.35	3.2×10^{-1}
0.05	2.8×10^{-6}	0.4	4.5×10^{-1}
0.06	4.6×10^{-6}	0.45	5.8×10^{-1}
0.07	6.5×10^{-6}	0.5	7.5×10^{-1}
0.08	9.0×10^{-6}	0.6	1.1×10^{-3}
0.09	1.4×10^{-5}	0.7	1.6×10^{-3}
0.1	1.75×10^{-5}	0.8	2.15×10^{-3}
0.12	2.6×10^{-5}	0.9	2.8×10^{-3}
0.14	3.8×10^{-5}	1	3.6×10^{-3}
0.16	5.1×10^{-5}	2	1.8×10^{-2}

(換算式)

$$k=0.0034D_{20}^{2.2954}$$

$$(0.005 \leq D_{20} \leq 2)$$

ここで、k：透水係数(m/s)，D₂₀：20%粒径(mm)

(土質工学ハンドブック (土質工学会) より引用)

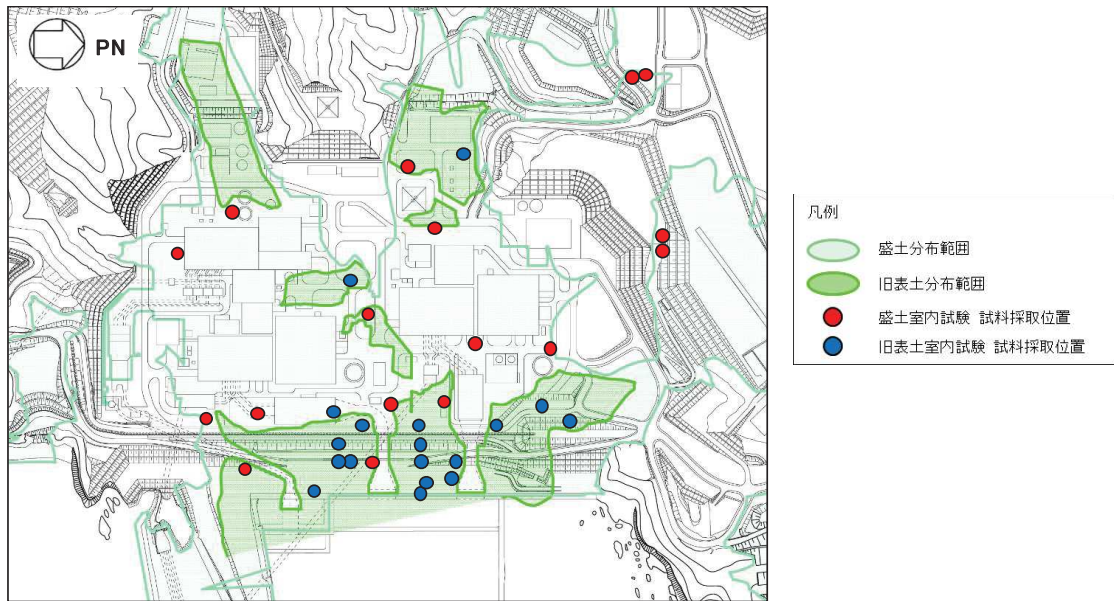
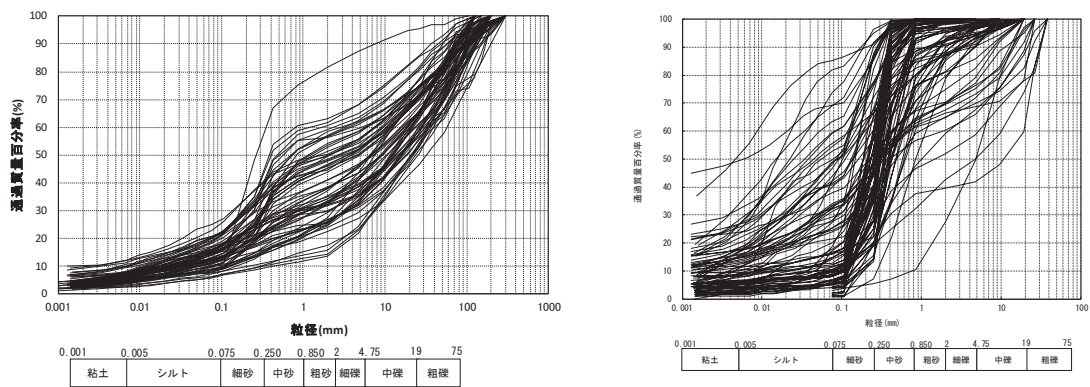


図 2-4-1 粒度試験試料採取位置図（平面図）



(盛土)

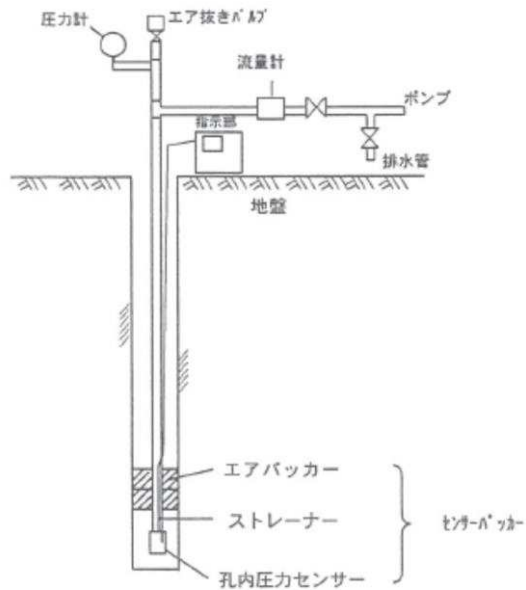
(旧表土)

図 2-4-2 粒度試験結果（粒径加積曲線）

2.1.2 岩盤・セメント改良土・改良地盤

岩盤・セメント改良土・改良地盤の透水係数は、ボーリング孔を利用した原位置透水試験（ルジオン試験）に基づき算定した。

試験方法の概要を図 2-4-3 に、試験位置を図 2-4-4 に示す。



(ルジオンテスト技術指針・同解説 (平成 18 年 7 月)
 (財団法人 国土技術研究センター) より引用)

図 2-4-3 原位置透水試験 (ルジオン試験) の概要

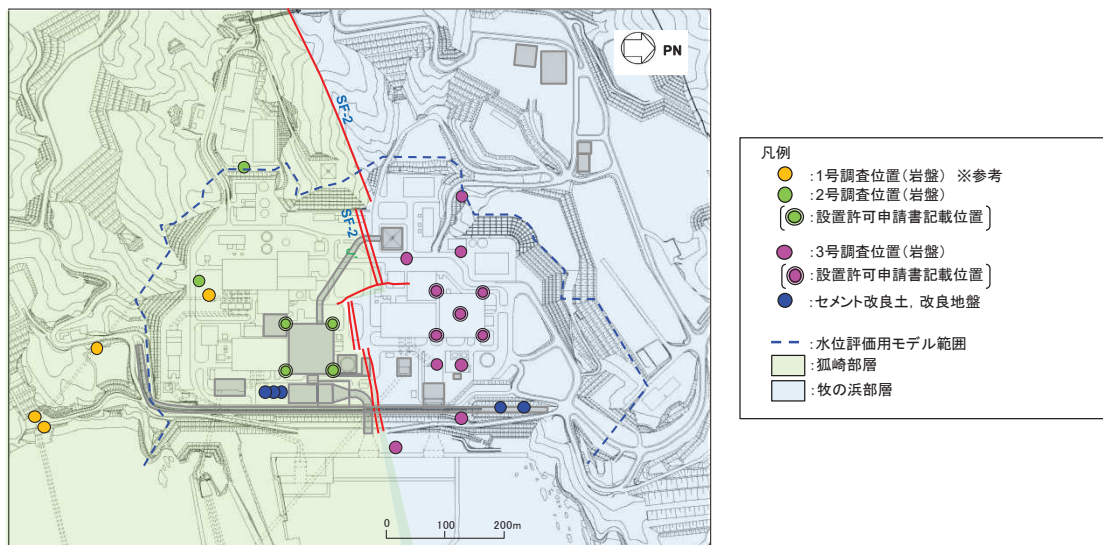


図 2-4-4 原位置試験位置図 (平面図)
 (岩盤, セメント改良土・改良地盤)

(参考) 2-4-3

2.1.3 透水層（砕石）

透水層（砕石）については、ドレーンのうち建屋外周に設置された既設ヒューム管のうち透水層（砕石）としてモデル化する範囲に適用するもので、試験に用いる材料は、ヒューム管の周囲のフィルター材である砕石（0～80mm）、砕石（0～40mm）のうち、施工上のばらつき等を踏まえ、相対的に細粒分が多い砕石（0～40mm）を用いた。なお、管内空分相当の空隙を考慮し、水中落下により試験体を作成し、試験は室内試験により行った。

ヒューム管周辺のフィルター材設置状況を図 2-4-5 に、試験方法の概要を図 2-4-6 に示す。

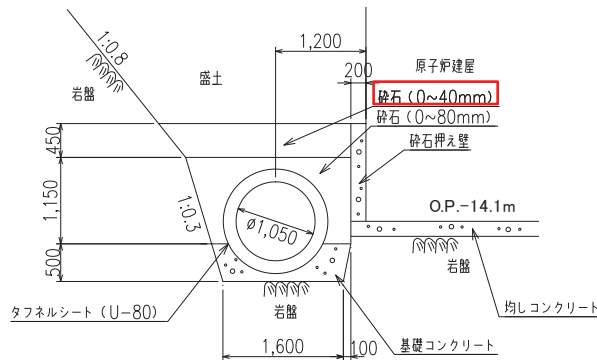


図 2-4-5 建屋外周のヒューム管施工概念
($\phi 1050$ mm有孔ヒューム管の例)

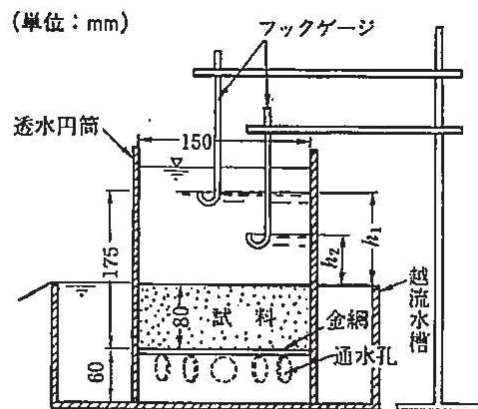


図-6.5.4 低動水勾配の変水位透水試験（大口径のスタンドパイプを用いる方法）Yemington⁵⁾に加筆修正)

(土質試験の方法と解説（地盤工学会）より引用)

図 2-4-6 室内透水試験方法の概要

(参考) 2-4-4

2.2 試験結果

透水試験の試験結果を表 2-4-2 に示す。

表 2-4-2 透水試験結果一覧

地層		データ数	試験結果(平均値) (m/s)	平均値 - 1σ (m/s)	平均値+1σ (m/s)
盛土・旧表土		158	2.1×10^{-5} (0.11mm) *1	7.3×10^{-7}	6.2×10^{-4}
(盛土のみ)		69	1.0×10^{-4} (0.22mm) *1	0.9×10^{-7}	1.1×10^{-3}
(旧表土のみ)		89	6.4×10^{-6} (0.07mm) *1	1.9×10^{-7}	2.2×10^{-4}
狐崎 部層	岩盤 I	16	1.6×10^{-6}	7.2×10^{-7}	3.7×10^{-6}
	岩盤 II	54	1.3×10^{-7}	2.0×10^{-8}	0.8×10^{-6}
牧の浜 部層	岩盤 I	70	1.1×10^{-6}	2.3×10^{-7}	5.3×10^{-6}
	岩盤 II	57	0.6×10^{-7}	1.0×10^{-8}	3.0×10^{-7}
セメント改良土 ・改良地盤		11	2.1×10^{-7}	2.7×10^{-8}	1.6×10^{-6}
透水層 (碎石)		10	1.2×10^{-2}	0.9×10^{-2}	1.7×10^{-2}

*1: 盛土と旧表土は、物理的・力学的性質は異なるものの、旧表土は図 2-4-1 及び本文の図 4.2.5～図 4.2.6 に示すとおり、主要施設近傍の分布範囲は限定的であり、旧表土の透水性の影響が岩盤以浅の地下水流況へ与える影響は小さいと考えられるため、盛土・旧表土として一層として取り扱う。なお、盛土・旧表土層としては、旧表土の方が、若干透水性が低い結果となっていることから、水位評価上、水位が高めに算出されるよう、保守的に盛土と旧表土の値を合算した平均値を用いることとする。

*2: () 内の数字は粒度試験結果に基づく D20 (粒度試験結果に基づき曲線補間により算出) の平均値

2.4 試験結果の代表性

各試験結果が敷地全体の透水性を代表していることについて示す。

2.4.1 盛土・旧表土

盛土は発電所の建設工事で発生した岩砕で、硬質の岩塊を含む粗粒材料から構

成され、旧表土は主に敷地造成前の海浜砂である。

試験データは主要施設近傍並びに敷地の全体から取得されている。また、地下水ハンドブック（建設産業調査会）によると、表2-4-3に示すとおり、粗砂で概ね $1.0 \times 10^{-1} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ (m/s) 程度、中砂・細砂で概ね $1.0 \times 10^{-2} \sim 1.0 \times 10^{-6}$ (m/s) 程度となっており、試験結果は文献値の概ね中央値となっていることから、試験結果は敷地の代表性を有していると判断できる。

表 2-4-3 未固結堆積物の水理条件

地 質	間 隙 率		透水係数の範囲(cm/sec)					井戸産出量			帯水層単元の型
	1 次 的 (粒 子)	2 次 的 (破 砕)	10 ²	10 ⁰	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁸	高	中	
未固結堆積物	%										
礫	30~40		-----					---			帯水層
粗 砂	30~40		-----					-----			帯水層
中 ~ 細 砂	30~35		-----					-----			帯水層
シルト	40~50	ときとしてまれ (泥のクラック)	-----					-----			難透水層

(地下水ハンドブック（建設産業調査会）より引用)

また、補足的に実施した原位置透水試験の結果を表2-4-4に、試験位置を図2-4-5に示す。試験の結果、旧表土についてはクレーガーらの方法に基づく推定値と同オーダーであり、盛土については1オーダー小さい結果となっている。

盛土については、石分の介入による影響等によりクレーガーらの方法では若干ばらつきが生じている可能性が考えられるが、前述のとおり、旧表土の分布状況を踏まえ、盛土と旧表土の値を合算した平均値を用いて、盛土・旧表土として1層として透水係数を設定 (3.0×10^{-5} (m/s)) しており、原位置透水試験の結果を踏まえても妥当な設定であると考えられる。

なお、クレーガーの算定に用いた粒度試験における、平面及び深度別の分布については巻末の補足2に、盛土の石分の影響については補足3に示す。

表 2-4-4(1) 盛土・旧表土の原位置透水試験結果

地層	原位置透水試験		試験結果 (クレーガーらの方法) (m/s)	設定値 (m/s)
	データ数	試験結果 (m/s)		
盛土・旧表土	7	0.8×10^{-5}	2.1×10^{-5}	3.0×10^{-5}
(盛土のみ)	3	0.9×10^{-5}	1.0×10^{-4}	
(旧表土のみ)	4	0.7×10^{-5}	0.6×10^{-5}	

(参考) 2-4-6

表 2-4-4(2) 盛土・旧表土の原位置透水試験結果 (試験箇所・深度別)

調査地点	分類	深度 (m)	透水係数 (原位置試験) (m/s)	備考
調査地点① G.L. : O.P. +14.8m	盛土	G.L. -4.0m～ G.L. -5.0m	1.5×10^{-5}	砂礫 (5～20mm の礫を含む)
	盛土	G.L. -18.0m～ G.L. -19.0m	1.0×10^{-5}	砂礫 (10～ 20mm の礫を含 む)
	旧表土	G.L. -22.5m～ G.L. -23.0m	0.6×10^{-5}	細～中粒砂
	旧表土	G.L. -22.5m～ G.L. -23.0m	2.6×10^{-5}	砂礫 (20～ 50mm の礫を含 む)
調査地点② G.L. : O.P. +14.8m	盛土	G.L. -10.9m～ G.L. -11.3m	0.5×10^{-5}	砂礫 (10～ 20mm の礫を含 む)
	旧表土	G.L. -23.0m～ G.L. -23.5m	0.3×10^{-5}	礫混じり中～ 粗粒砂
	旧表土	G.L. -27.0m～ G.L. -27.5m	0.5×10^{-5}	シルト及び砂 礫 (10～40mm の礫を含む)

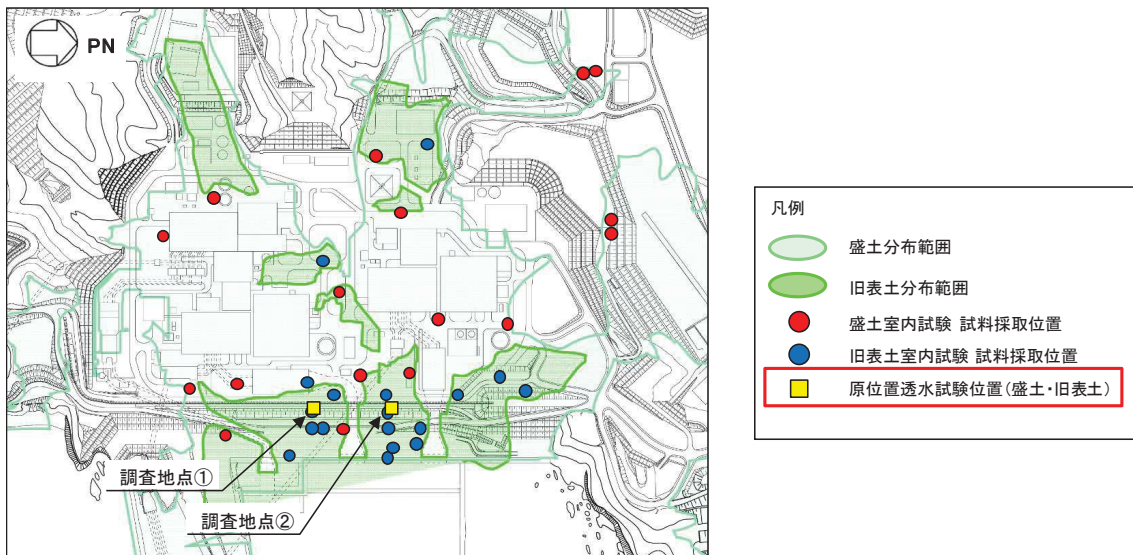


図 2-4-5 盛土・旧表土の原位置透水試験位置図 (平面図)

2.4.2 岩盤

敷地内の岩盤は、中生界ジュラ系の牡鹿層群荻の浜累層の砂岩、頁岩、砂岩頁岩互層が分布し、部分的に白亜系のひん岩が貫入している。原子炉建屋設置位置付近は、狐崎砂岩頁岩部層が分布している。

試験データは主要施設近傍並びに敷地の全体から取得されている。また、試験結果としても、表 2-4-5 に示す地下水ハンドブック（建設産業調査会）における細粒砂岩の場合、概ね $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-8}$ (m/s) 程度となっており、文献値等にも示されている透水係数とも整合的である。

なお、岩盤 I・II の分類方法については、巻末の補足 4 に示す。

表 2-4-5 固結堆積物の水理条件

地 質	間 隙 率		透水係数の範囲(cm/sec)	井戸産出量	帯水層単元の型
	1 次 的 (粒 子)	2 次 的 (破 砕)	10^2 10^0 10^{-2} 10^{-4} 10^{-6} 10^{-8}	高 中 低	
固 結 堆 積 物					
石灰岩・白雲岩	1～50	溶解、節理面	—————	—————	帯水層あるいは不透水層
粗～中粒砂岩	<20	節理、破砕	—————	—————	帯水層あるいは難透水層
細粒砂岩・泥岩	<10	節理、破砕	—————	—————	帯水層あるいは不透水層
頁岩・シルト岩	—	節理、破砕	—————	—————	不透水層あるいは帯水層

(地下水ハンドブック（建設産業調査会）より引用)

2.4.3 セメント改良土・改良地盤

セメント改良土は、発電所構内で採取した掘削土にセメントを混合して製造したもので、改良地盤は、高圧噴射攪拌工法によって、発電所内の盛土、旧表土とセメントミルクを混合して造成したものである。

改良地盤及びセメント改良土の解析用物性値（表 2-2-5）を基準とし、透水試験箇所で行った PS 検層による S 波速度から初期せん断剛性（概略値）を推定した結果を表 2-4-6 に示す。いずれの箇所においても、初期せん断剛性（概略値）が解析用物性値よりも大きな値を得られていることから、試験箇所の代表性があると判断できる。

表 2-4-5 改良地盤の解析用物性値

	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)	単位体積重量 γ (kN/m ³)
改良地盤	1940	20.6
セメント改良土	1670	21.6

(参考) 2-4-8

$$G_0 = \gamma V_s^2 \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{ここに, } V_s : \text{S波速度 (m/s)}$$

表 2-4-6 試験結果に基づく初期せん断剛性 (概略値)

区分	孔名	平均 S 波速度 (m/s)	初期せん断剛性 G_0 (N/mm ²)
改良地盤	No. 1	1160	2770
	No. 2	1120	2580
	No. 3	1200	2970
セメント改良土	No. 4	1080	2520
	No. 5	1050	2380

なお、上記のうち改良地盤について、防潮堤工事において施工した改良地盤に係る追加試験データを表 2-4-7 に、試験位置を図 2-4-6 に示す。

この結果から、上記試験位置 No. 1~No. 3 の試験結果と概ね同程度であることを確認しており、設定値が妥当であると判断できる。

表 2-4-7 試験結果に基づく初期せん断剛性 (概略値)

地層	既往試験		追加試験	
	データ数	試験結果 (m/s)	データ数	試験結果 (m/s)
改良地盤	6	2.4×10^{-7}	13	0.5×10^{-7}

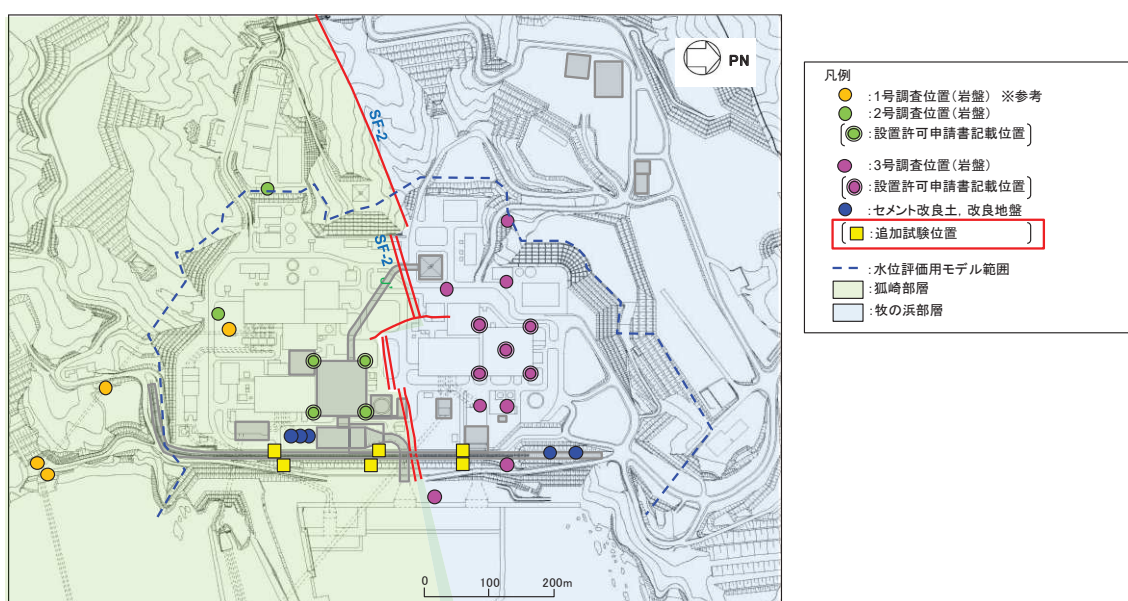


図 2-4-6 改良地盤の追加透水試験位置図 (平面図)

3. 解析に用いる透水係数の設定

試験結果を踏まえた地下水位設定用の透水係数を表 2-4-8、排水能力設定用の透水係数を表 2-4-9 に示す。

表 2-4-8 透水係数の設定値と設定根拠（地下水位設定用）

地層		設定値 (m/s)	設定根拠	備考
盛土・旧表土		3.0×10^{-5}	試験結果の平均値に基づき設定	* 2
狐崎 部層	岩盤 I	7.0×10^{-7}	試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定* 1	
	岩盤 II	5.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
牧の浜 部層	岩盤 I	2.0×10^{-7}	試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定* 1	
	岩盤 II	1.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
セメント改良土・改良地盤		2.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	* 3
透水層（砕石）		1.0×10^{-2}	試験結果の平均値に基づき設定	
コンクリート 構造物 (MMR 含む)		— (不透水)	—	* 4

- * 1 : 試験結果に対して、保守性の観点から、建設時工事計画認可申請時において、パラメータスタディを実施し、建屋揚圧力への影響が最も大きい物性として、岩盤 I を平均値 - 1σ に設定。
- * 2 : 建設時工事計画認可申請時と同値
- * 3 : 建設時工事計画認可申請時は設定なし
- * 4 : 建設時工事計画認可申請時においては透水係数を設定（コンクリート工学ハンドブックに基づき 1.0×10^{-11} (m/s)）していたが、岩盤と比べても十分に小さな値であり、影響は小さいと考えられるため不透水として扱う

表 2-4-9 透水係数の設定値と設定根拠（排水能力設定用）

地層		設定値 (m/s)	設定根拠	備考
盛土・旧表土		6.0×10^{-4}	試験結果の平均値+ 1σ に基づき設定	
狐崎 部層	岩盤 I	4.0×10^{-6}		
	岩盤 II	6.0×10^{-6}		
牧の浜 部層	岩盤 I	1.0×10^{-6}		
	岩盤 II	3.0×10^{-7}		
セメント改良土・改良地盤		2.0×10^{-6}		
透水層（砕石）		—	—	* 1
コンクリート 構造物 (MMR 含む)		— (不透水)	—	地下水位設定用に同じ

- * 1 : 排水能力評価時においては、透水層（砕石）として扱うドレーンを含めて、既設・新設全てのドレーンを有効としたモデル化を行う。

(補足1) 建設時工事計画認可申請時の透水係数の設定根拠について

建設時工事計画認可申請時において、浸透流解析に用いる透水係数のパラメータスタディによる保守性の検討を実施している。

パラメータスタディの概要と結果を図2-4-7及び図2-4-8に示す。

検討の結果より、建設時工事計画認可申請時において、最も保守的な設定として岩盤Iの透水係数を試験値の平均値-1σの設定としている。

(パラメータスタディ①)

- 盛土・旧表土の透水係数のみを変化させたCASE T3とCASE T4 (CASE T3に対して、盛土・旧表土の透水係数を1/10倍)の結果より、盛土・旧表土の透水係数の影響は、原子炉建屋の揚圧力としては4%程度の変化であり、設計上の影響は無視し得るほど小さいことが確認されている。

(パラメータスタディ②)

- 基本ケースであるCASE1と岩盤I・IIの透水係数を変化させたCASE T5 (CASE 1に対して、岩盤I・IIの透水係数を1/10倍)の結果より、岩盤I・IIともに透水係数を小さくした場合、揚圧力に変化はみられていない。
- 一方で、CASE1と岩盤Iの透水係数のみを変化させたCASE T7 (CASE 1に対して、岩盤I・IIの透水係数を1/10倍)の結果では、揚圧力に与える影響がみられており、CASE T5の結果も踏まえると、透水係数の絶対値自体の大きさが与える影響は軽微であり、岩盤I・IIの比率が小さいほど、揚圧力に与える影響が大きくなると考えられる。

表-4.1 解析ケース及び透水係数 — タービン建屋 — (単位: cm/sec)

ケース	地層 表層土等	岩盤		MMR	備考
		I層	II層		
CASE T1	3.0×10^{-2}	5.57×10^{-5}	2.39×10^{-6}	1.0×10^{-6}	岩盤I、II層の透水係数を最小値に設定。
CASE T2	3.0×10^{-2}	5.57×10^{-5}	2.39×10^{-6}	1.0×10^{-8}	岩盤I、II層の透水係数を最小値に設定。MMRは前回CASE1より2桁小さく設定。
CASE T3	3.0×10^{-3}	2.0×10^{-5}	5.0×10^{-6}	1.0×10^{-8}	岩盤I、II層の透水係数を前回CASE1より1桁小さく設定。MMRは前回CASE1より2桁小さく設定。
CASE T4	3.0×10^{-3}	2.0×10^{-5}	5.0×10^{-6}	1.0×10^{-8}	表層土等、岩盤I、II層の透水係数を前回CASE1より1桁小さく設定。MMRは前回CASE1より2桁小さく設定。
(前回CASE1)	3.0×10^{-2}	2.0×10^{-4}	5.0×10^{-5}	1.0×10^{-6}	

盛土・旧表土の
透水係数を 1/10

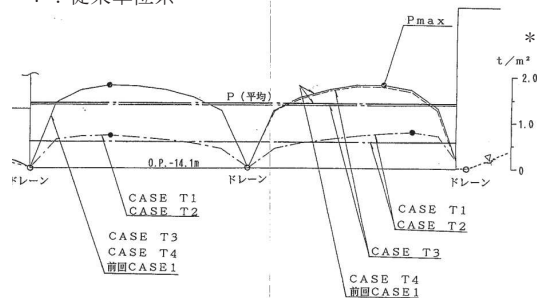
原子炉建屋

(単位: t/m²)

ケース	揚圧力 Pmax左	Pmax右	P (平均)
CASE T1	0.71	0.79	0.57
CASE T2	0.71	0.79	0.57
CASE T3	1.75	1.72	1.37
CASE T4	1.78	1.81	1.42
(前回CASE1)	1.78	1.81	1.42

(原子炉建屋の揚圧力)

* : 従来単位系



(揚圧力分布)

図2-4-7 パラメータスタディ①の結果

表-4.2 解析ケース及び透水係数 — タービン建屋 —

(単位: cm/sec)

ケース	地層	表層土等	岩 盤		MMR	備 考
			I層	II層		
CASE T5		3.0×10^{-3}	2.0×10^{-5}	5.0×10^{-6}	1.0×10^{-8}	南端ドレーンを50cm下げ、0.P.-2.7mに設定。岩盤I、II層の透水係数は前回CASE1より1桁小さく設定。
CASE T6		3.0×10^{-3}	2.0×10^{-5}	5.0×10^{-6}	1.0×10^{-9}	サブドレーンを0.P.-6.0mに追加。岩盤I、II層の透水係数は前回CASE1より1桁小さく設定。
CASE T7		3.0×10^{-3}	7.0×10^{-5}	5.0×10^{-5}	1.0×10^{-9}	サブドレーンを0.P.-6.0mに追加。岩盤I層の透水係数は前回CASE1より1桁小さく設定。
(前回CASE1)		3.0×10^{-3}	2.0×10^{-4}	5.0×10^{-5}	1.0×10^{-6}	

岩盤 I・II 共に
透水係数を 1/10

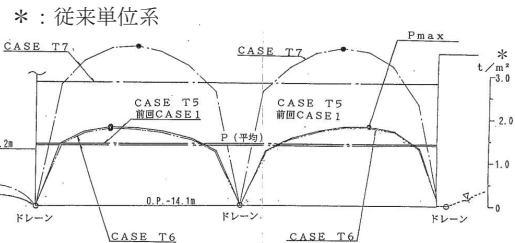
岩盤 I のみ
透水係数を -1σ

原子炉建屋

(単位: t/m²) *

ケース	揚圧力	Pmax左	Pmax右	P(平均)
CASE T5		1.75	1.80	1.41
CASE T6		1.73	1.80	1.39
CASE T7		3.68	3.63	2.86
(前回CASE1)		1.78	1.81	1.42

(原子炉建屋の揚圧力)



(揚圧力分布)

図 2-4-8 パラメータスタディ②の結果

(補足2) 盛土・旧表土の粒度分布について

(1) 盛土

盛土の粒度分布として、図 2-4-9 に示すエリア別の粒形加積曲線を図 2-4-10 に示す。

なお、盛土の粒度については、岩盤を掘削した材料（300mm 以下の岩砕）を用いていることから（補足3）、JGS「石分を多く含む地盤材料の粒度試験方法」に基づき実施した現場粒度試験によるものである。

この結果から、エリア毎の若干のばらつきは見られるものの、全体的に礫を主体としており、エリアごとの有意な違いは見られていない。

エリア別にクレーガーらの方法に基づき設定した透水係数の値を図 2-4-11 に、分布を図 2-4-11 に示す。代表的な透水性としてはいずれのエリアも $1.0 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 程度であり、原位置透水試験の結果も踏まえ、盛土・旧表土の設定値 ($3.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$) とすることは妥当である。

なお、深度方向については、表 2-4-4(2) に示す原位置透水試験の深度別の結果から、深度別で有意な差が見られないことから、施工時に一定の品質管理を実施していることも踏まえ、深度方向の有意な違いはないものと考えられる。

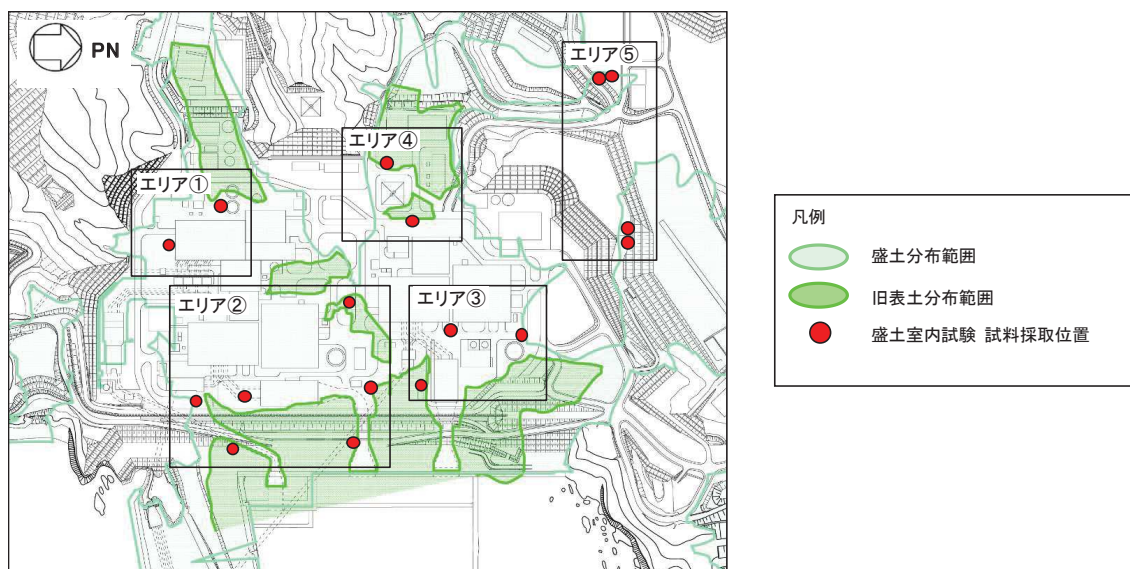


図 2-4-9 盛土の平面分布のエリア分類

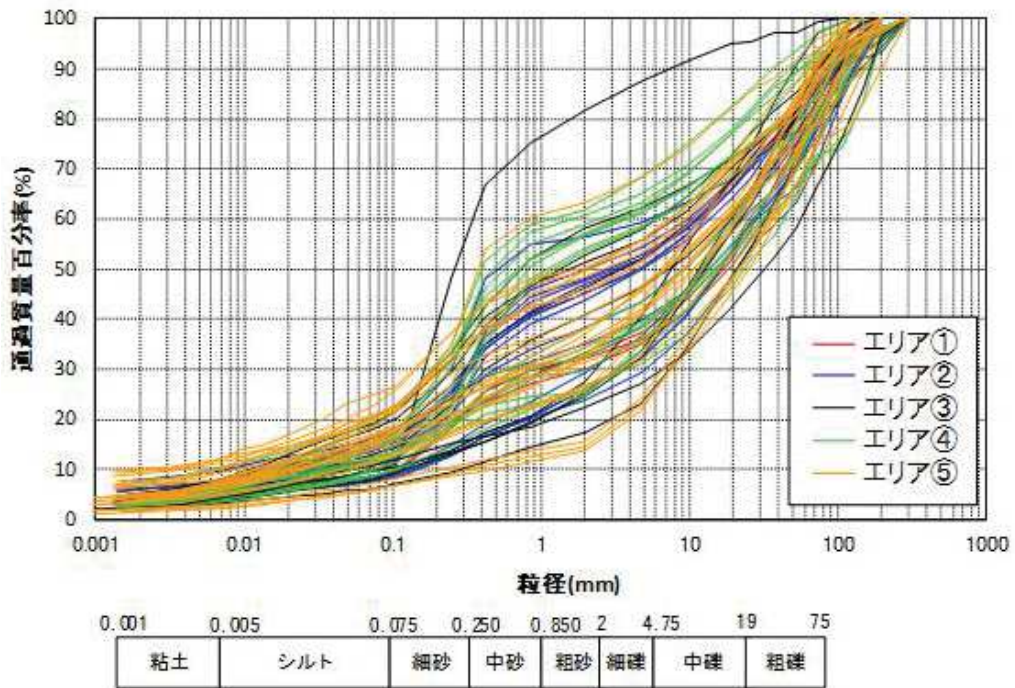


図 2-4-10(1) 盛土の粒形加積曲線 (全エリア)

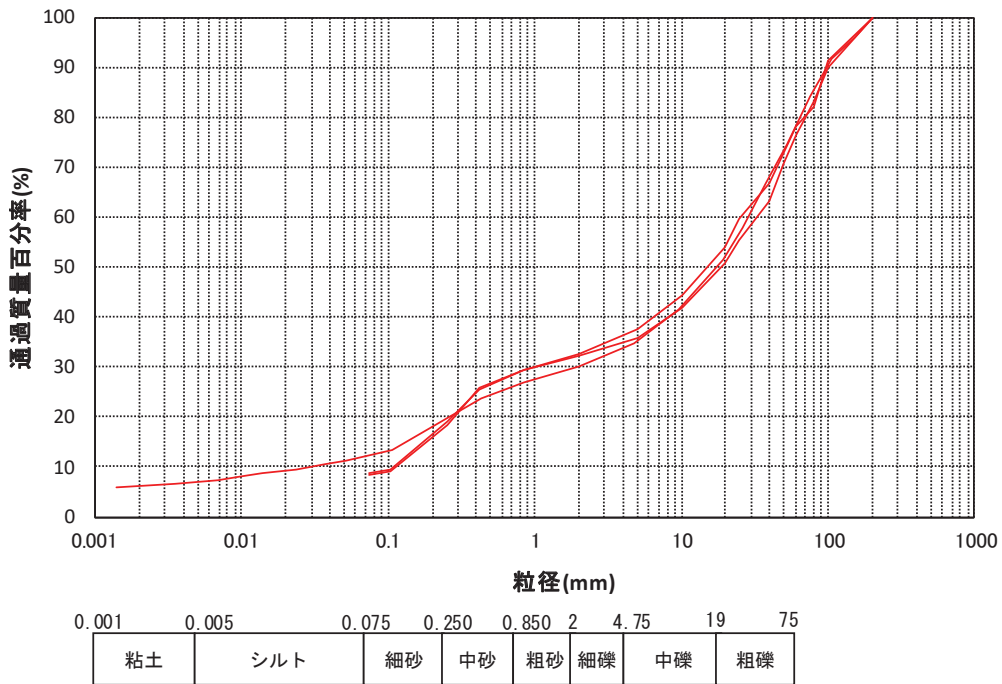


図 2-4-10(2) 盛土の粒形加積曲線 (エリア①)

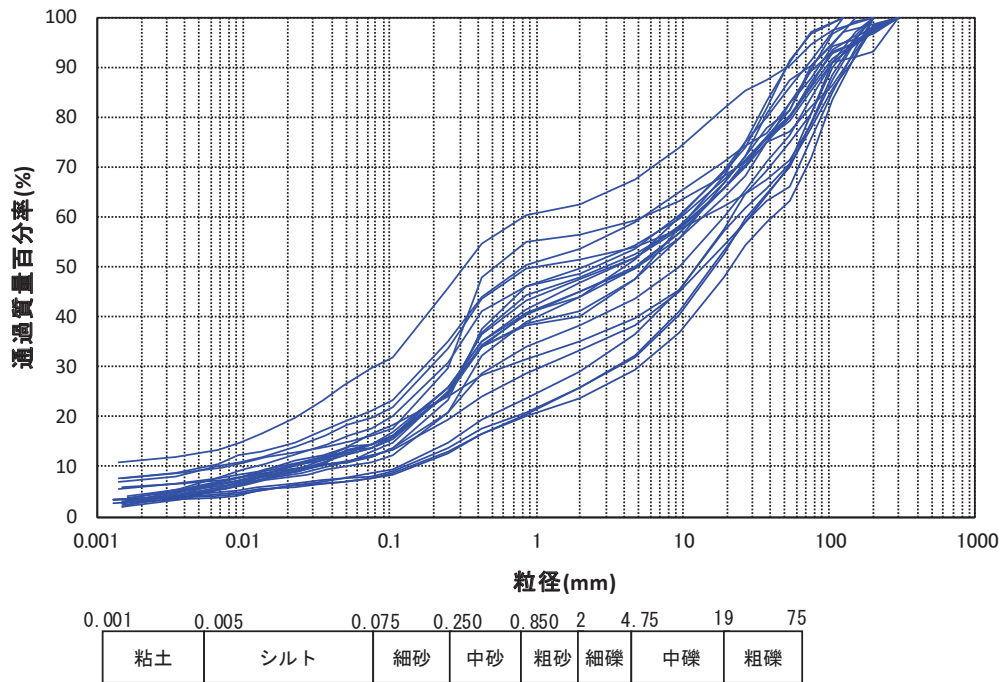


図 2-4-10(3) 盛土の粒形加積曲線 (エリア②)

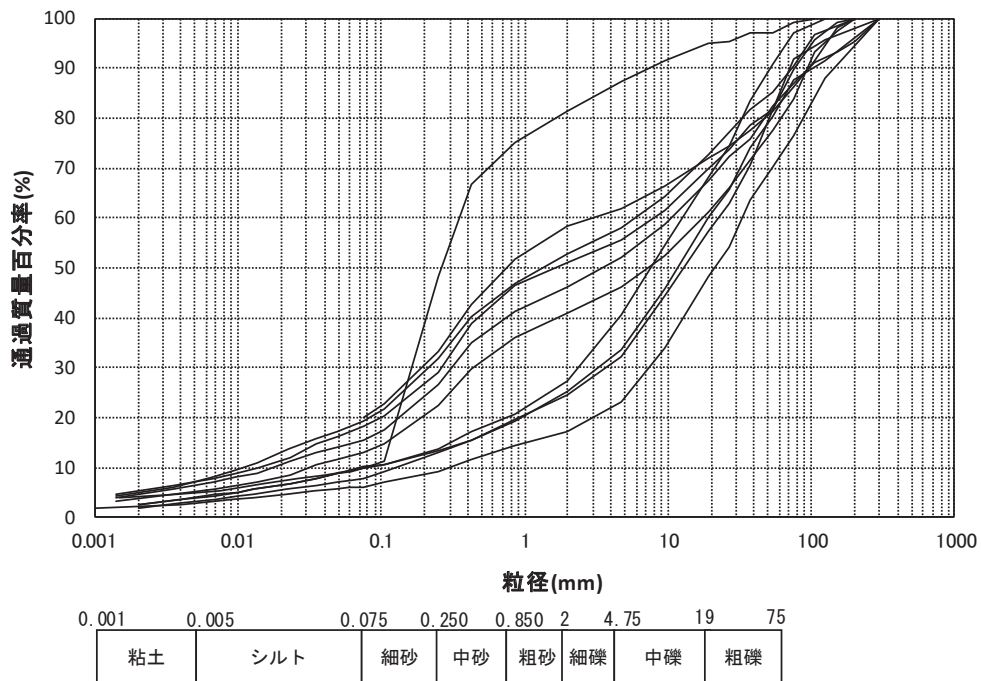


図 2-4-10(4) 盛土の粒形加積曲線 (エリア③)

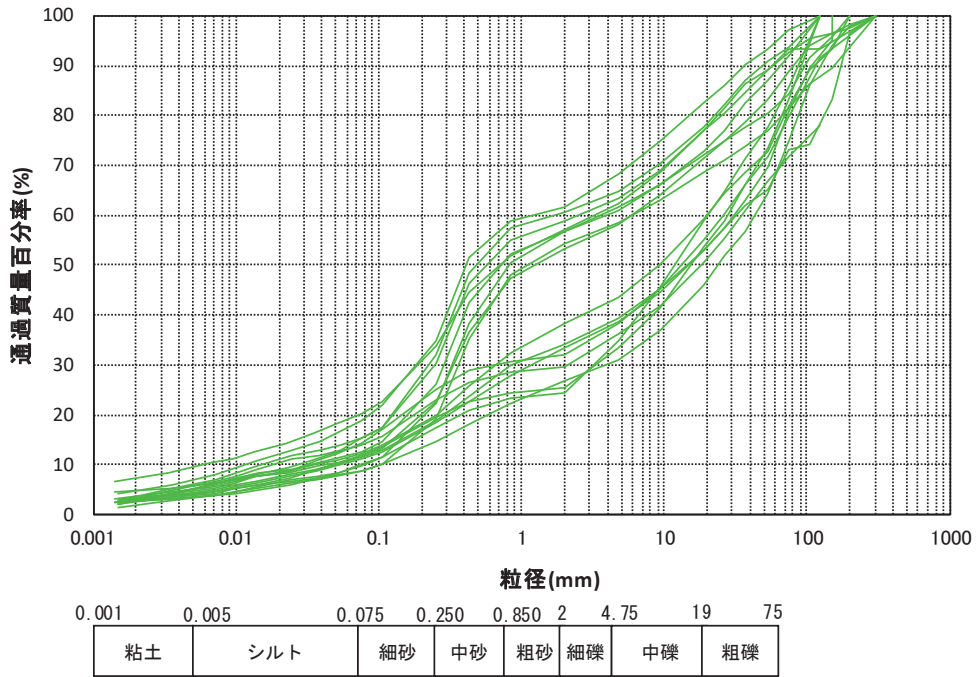


図 2-4-10(5) 盛土の粒形加積曲線 (エリア④)

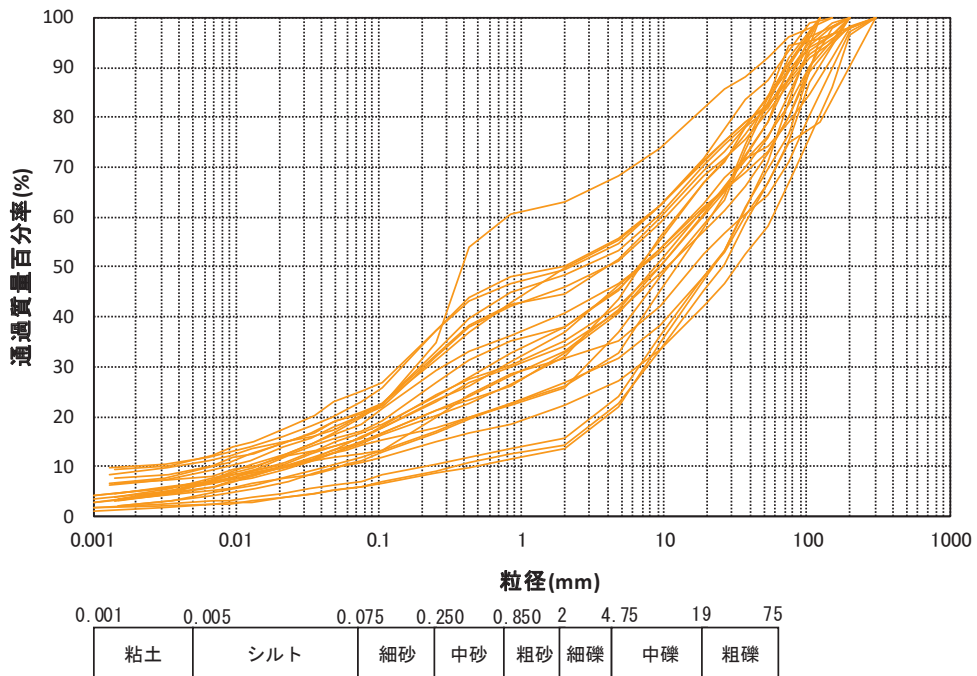


図 2-4-10(6) 盛土の粒形加積曲線 (エリア⑤)

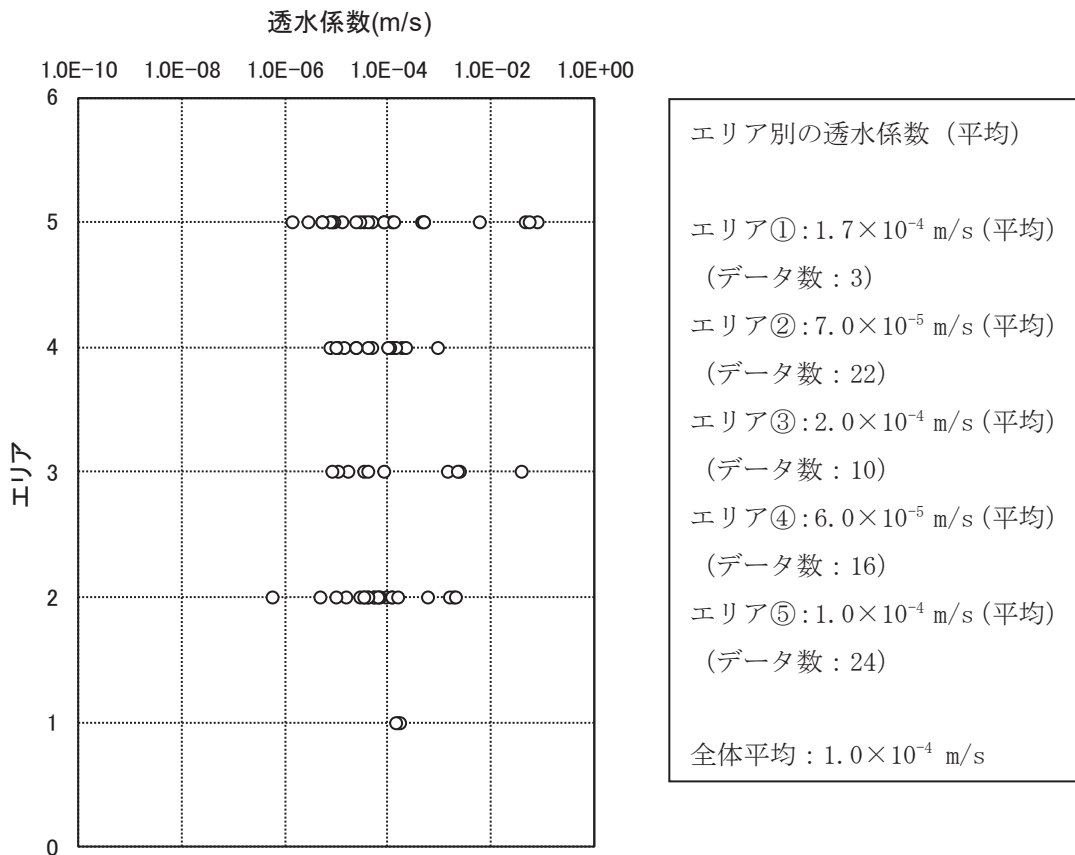


図 2-4-11 盛土のエリア別の透水係数 (クレーガーらの方法) の分布

(2) 旧表土

旧表土の敷地の粒度分布として、図 2-4-12 に示すエリア別及び深度別の粒形加積曲線を図 2-4-13 に示す。

この結果から、エリア毎に若干のばらつきは見られるものの、海に近いエリア 1 では粒度のそろった砂が見られ、深度方向に傾向の違いは見られず、いずれの深度でも砂質土を主体としている。山側のエリア 2 では粒度のそろった砂は見られないが、粒度分布の傾向としては概ね砂質土が主体となっている。

また、クレーガーらの方法に基づき設定した透水係数の深度方向の分布を図 2-4-14 に示す。若干のばらつきは見られるものの、深度方向の有意な代表的な透水性としては、分布状況も踏まえるとエリア 1 が代表性を有しており、その値は 10^{-5} m/s オーダーであり、旧表土としての分布範囲が限定的であることや原位置透水試験の結果等も踏まえ、盛土・旧表土として一層に設定 (3.0×10^{-5} m/s) することは妥当である。

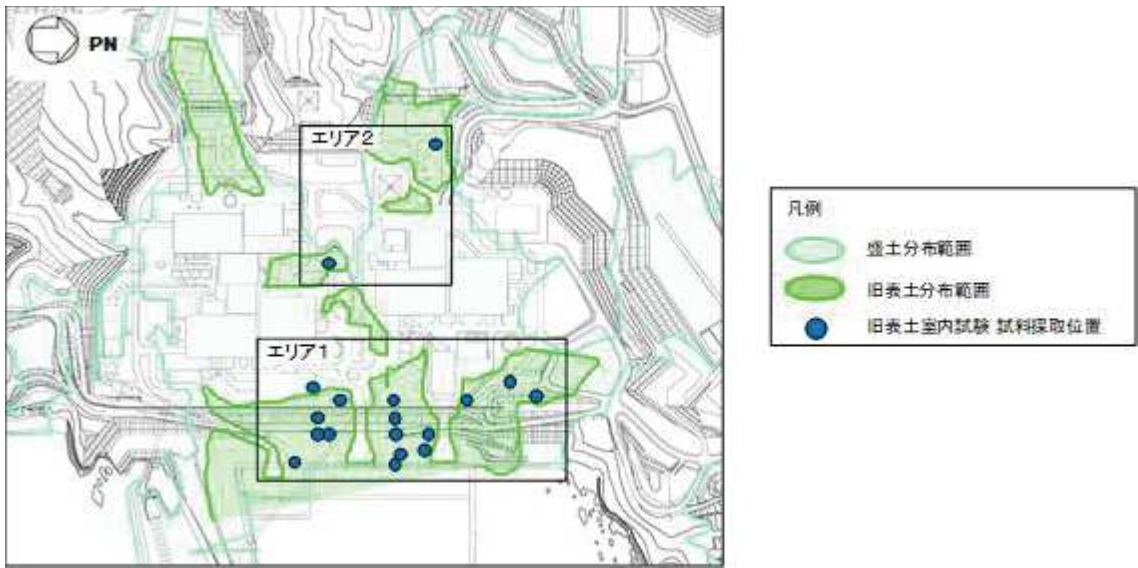


図 2-4-12 旧表土の平面分布のエリア分類

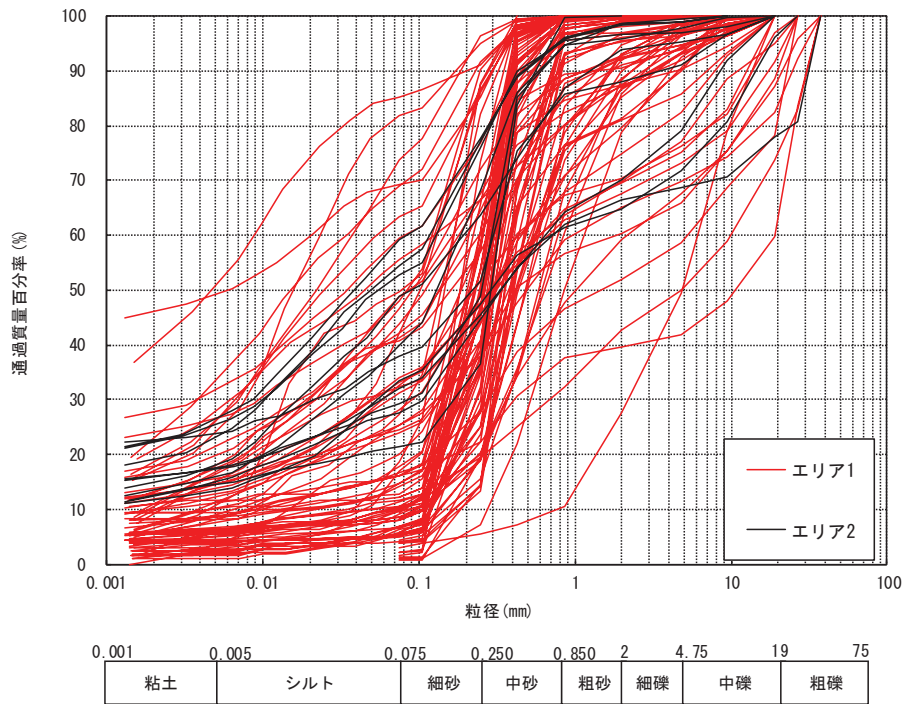


図 2-4-13(1) 旧表土のエリア別の粒形加積曲線 (全エリア)

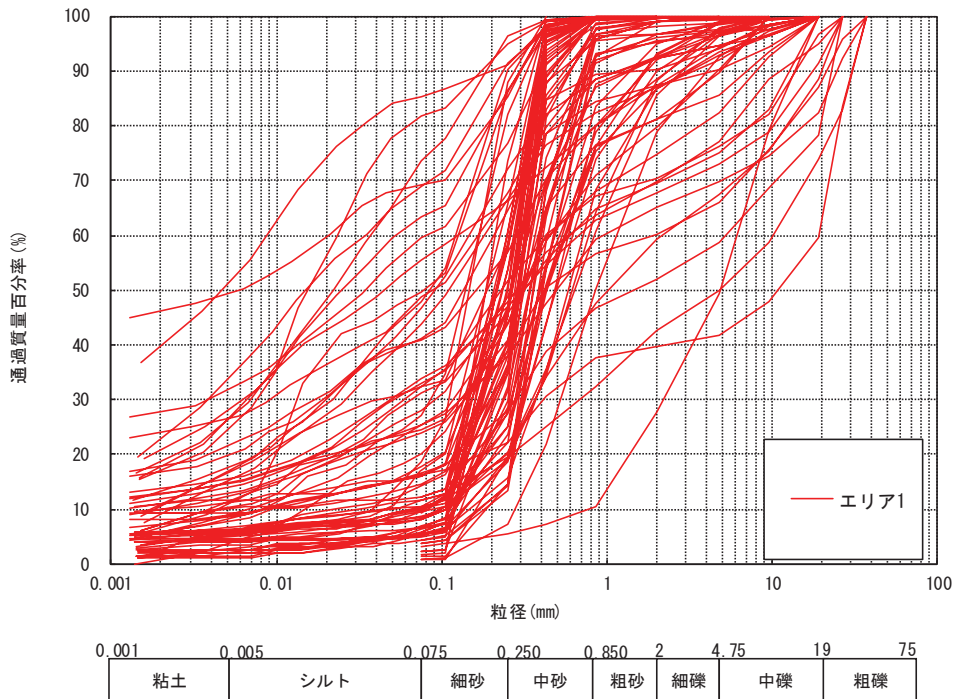


図 2-4-13(2) 旧表土のエリア別の粒形加積曲線 (エリア 1)

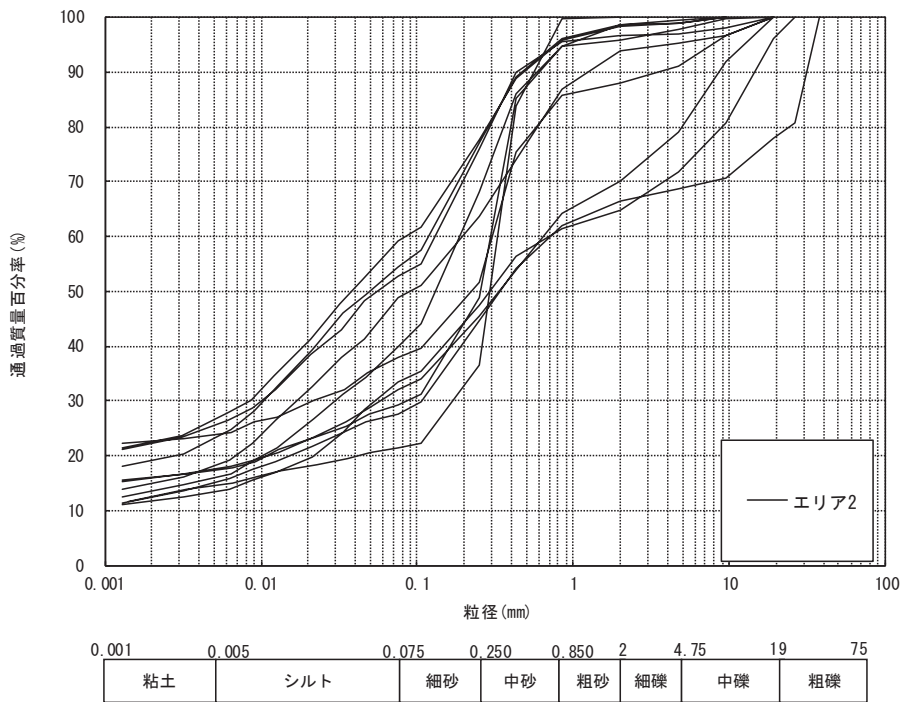


図 2-4-13(3) 旧表土のエリア別の粒形加積曲線 (エリア 2)

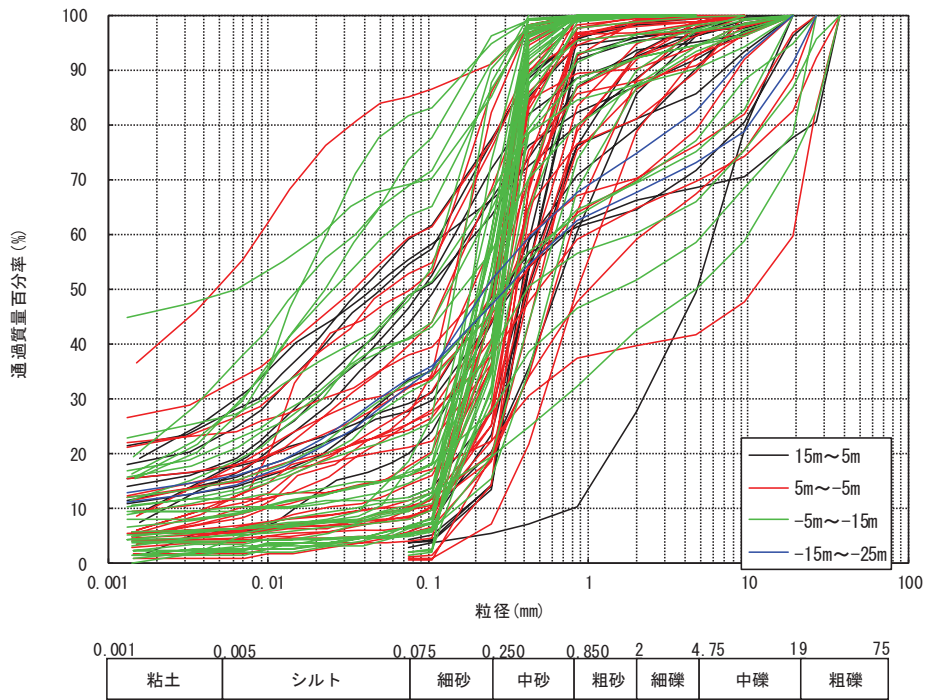


図 2-4-13(4) 旧表土の深度別の粒形加積曲線 (全深度)

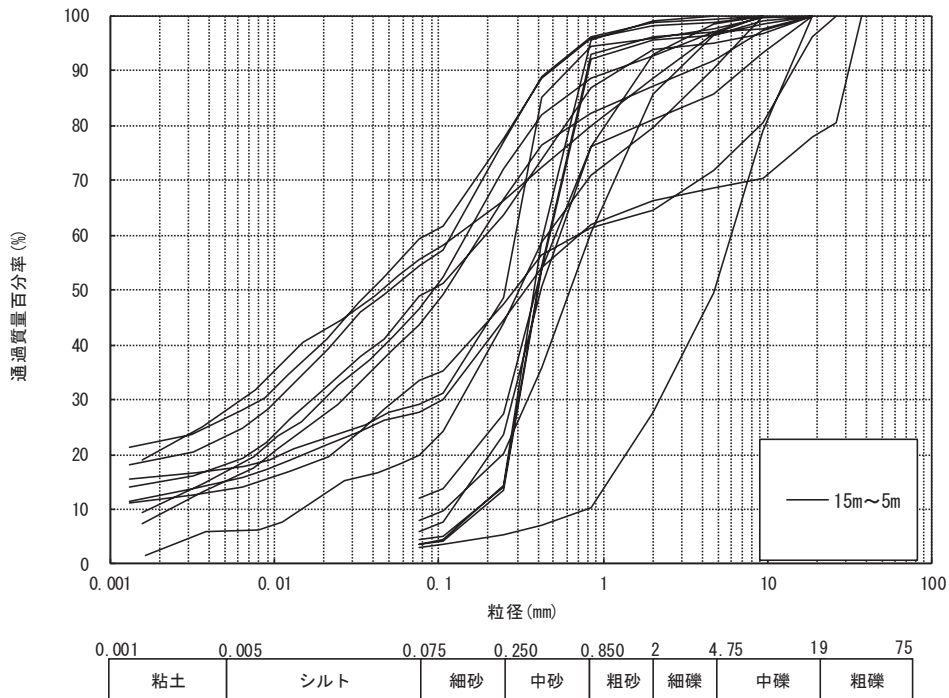


図 2-4-13(5) 旧表土の深度別の粒形加積曲線 (0.P. +15m~0.P. +5m)

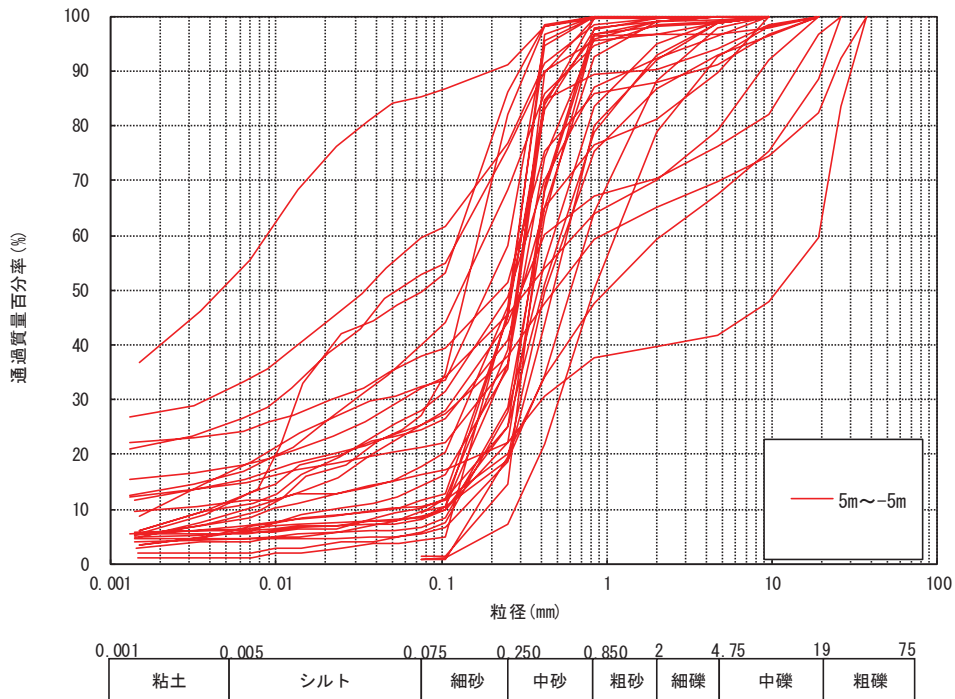


図 2-4-13(6) 旧表土の深度別の粒形加積曲線 (0. P. +5m~0. P. -5m)

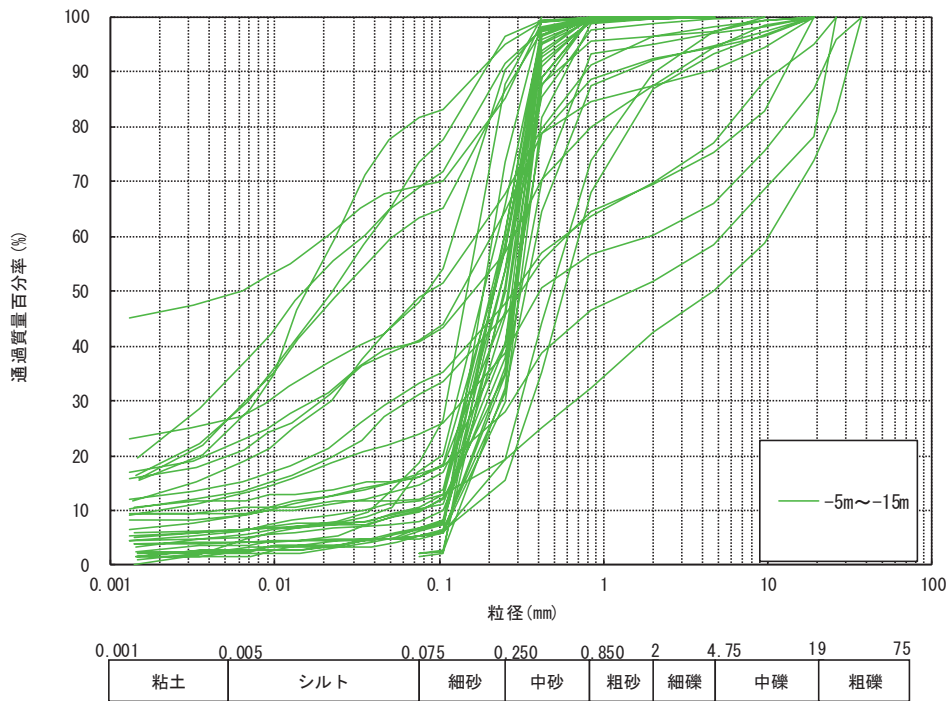


図 2-4-13(7) 旧表土の深度別の粒形加積曲線 (0. P. -5m~0. P. -15m)

(参考) 2-4-21

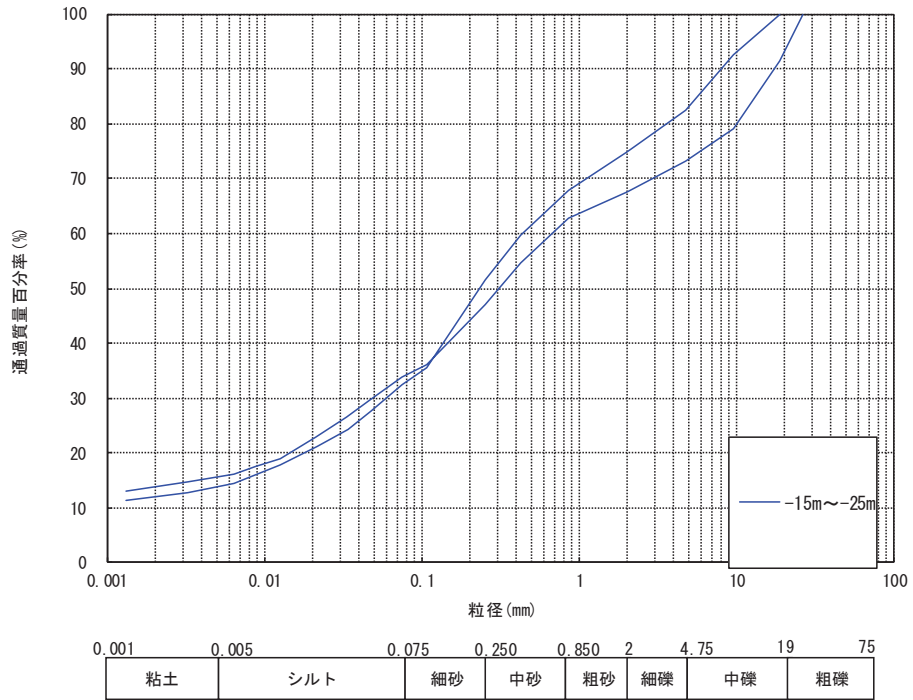


図 2-4-13 (8) 旧表土の深度別の粒形加積曲線 (0. P. -15m~0. P. -25m)

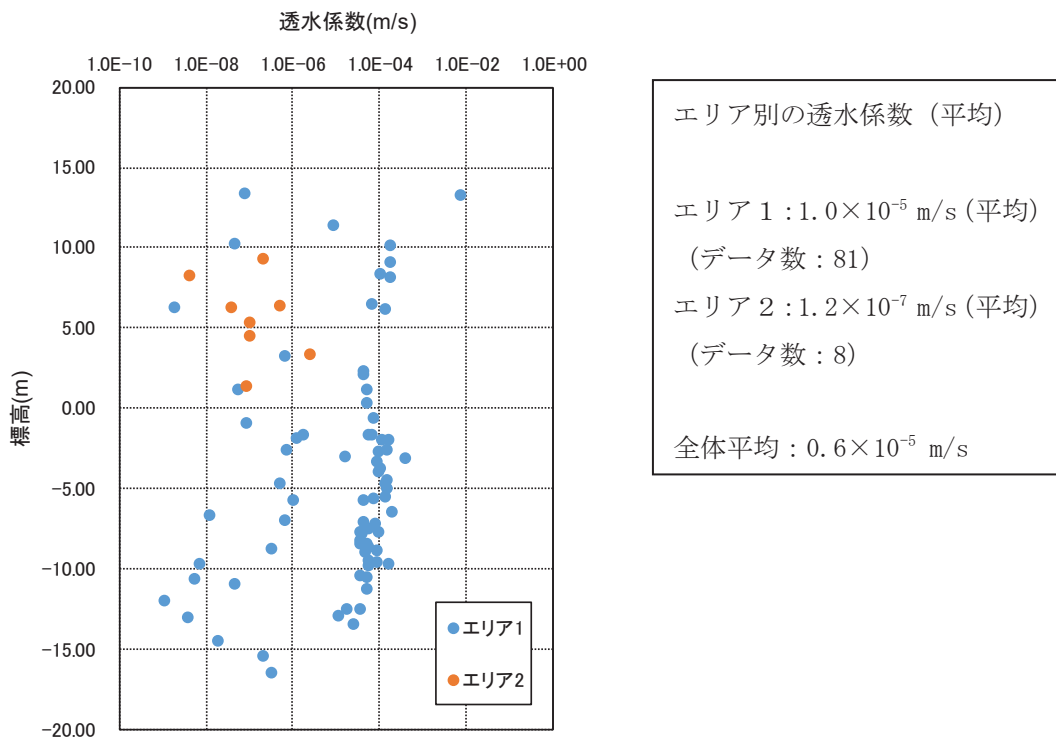


図 2-4-14 旧表土のエリア別の透水係数 (クレーガーらの方法) の分布

(補足3) 盛土の石分の影響について

本章では、盛土が建設時の岩砕を母材とし、石分を含むことから、その影響が透水性に与える影響について示す。

(1) 石分の含有率について

粒度試験に基づき推定した、盛土の石分含有率（粒形 75mm 以上の体積比）を表 2-4-10 に示す。

石分の含有率の推定は、粒度試験（(JGS「石分を多く含む地盤材料の粒度試験方法」）による質量百分率及現場密度試験並びに粗骨材の密度吸水率試験の結果を用いた。

表 2-4-10 盛土の石分含有率

項目	エリア①	エリア②	エリア③	エリア④	エリア⑤	全体
最大	21%	23%	16%	22%	24%	24%
平均		15%	10%	14%	12%	13%
最小		4%	2%	6%	3%	2%
データ数*	1	12	3	2	10	28

*：現場密度試験や粗骨材の密度吸水率試験の実施状況により、粒度試験のデータ数とは異なる。

(2) 透水性への影響

大粒形の石分の含有が透水性へ与える影響については、まず、クレーガーの算定自体に JGS「石分を多く含む地盤材料の粒度試験方法」により石分を含めて算出した D20 の値を用いている。

未固結堆積物においては、地下水ハンドブック（表 2-4-3）に示されているとおり、礫等の粗粒分が多いほど透水性は大きくなる傾向となっており、石や礫等の割合が多いほど D20 の値が大きくなるため、クレーガーらの方法による推定式上も透水係数は大きくなるため、整合的である。

石分の含有が極端に多い場合には、D20 が大きくなる一方で、粒度の分布によっては間隙率が小さくなる可能性も否定できず、クレーガーらの方法で算定した透水係数が大きめに評価される場合も考えられる。

しかしながら、表 2-4-10 に示すとおり石分の割合は 2%～24%（平均 13%）程度であり、極端なばらつきも無く、粒度の分布状況から極端な偏りも見られないことから、マクロ的な観点で考えれば平均的な透水性に影響を及ぼす程ではないと判断できる。

(補足4) 岩盤の透水係数の分類方法について

岩盤については、建設時工事計画認可申請段階の方針に基づき狐崎部層と牧の浜部層に分け、さらに深度方向にて岩盤Ⅰ・Ⅱの2層に分類してモデル化している。本章ではその考え方について説明する。

(基本的な考え方)

- ・ 狐崎部層と牧の浜部層における、岩盤の透水試験の深度方向の分布を図2-4-15に示す。多少のばらつきは見られるものの、深度方向に対して透水性が低くなる傾向が確認されることを踏まえ、深度方向に浅部(岩盤Ⅰ)と深部(岩盤Ⅱ)の2層に分類する。
- ・ 2層のモデル化の目安を把握するため、まず、平均値を境界に、浅部は平均値以上、深部は平均値以下として分類し、試験結果を整理する。
- ・ その上で、深度方向に透水性が低くなることから、概ね岩級や速度層等との一定の関係性を有するものと考えられるため、岩級や速度層境界毎に試験結果を整理し、概ね平均値を境界に整理した浅部と深部に分類した区分と対応する境界を設定する。
- ・ 設定した境界を、解析モデル上の浅部(岩盤Ⅰ)、深部(岩盤Ⅱ)の境界とし、モデル化する。

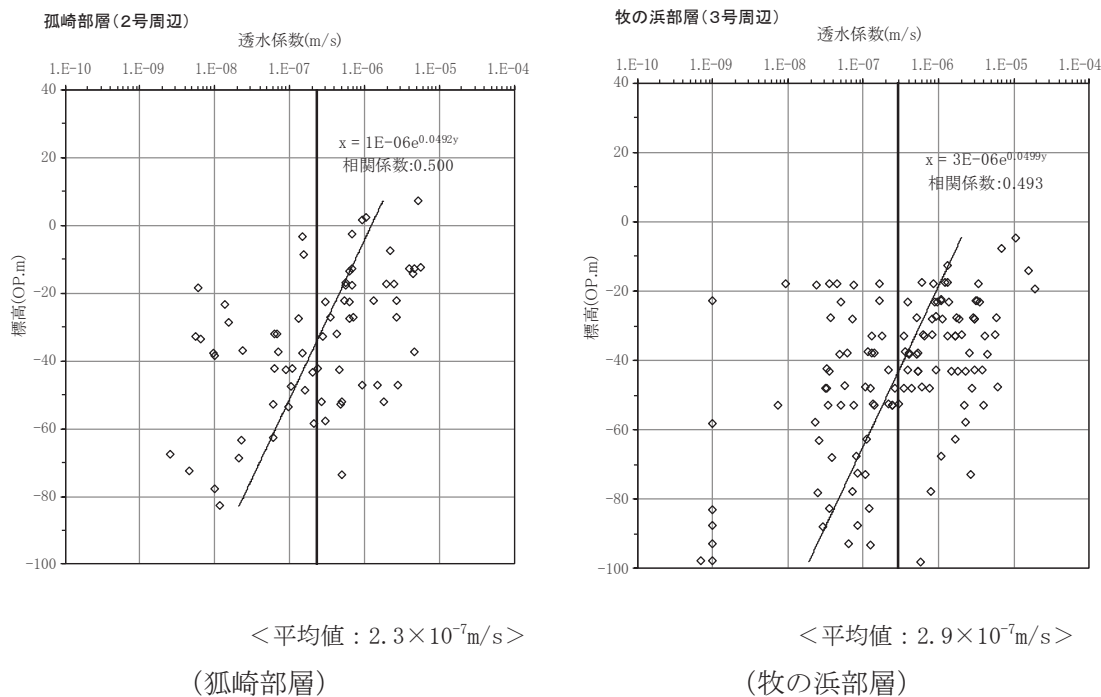
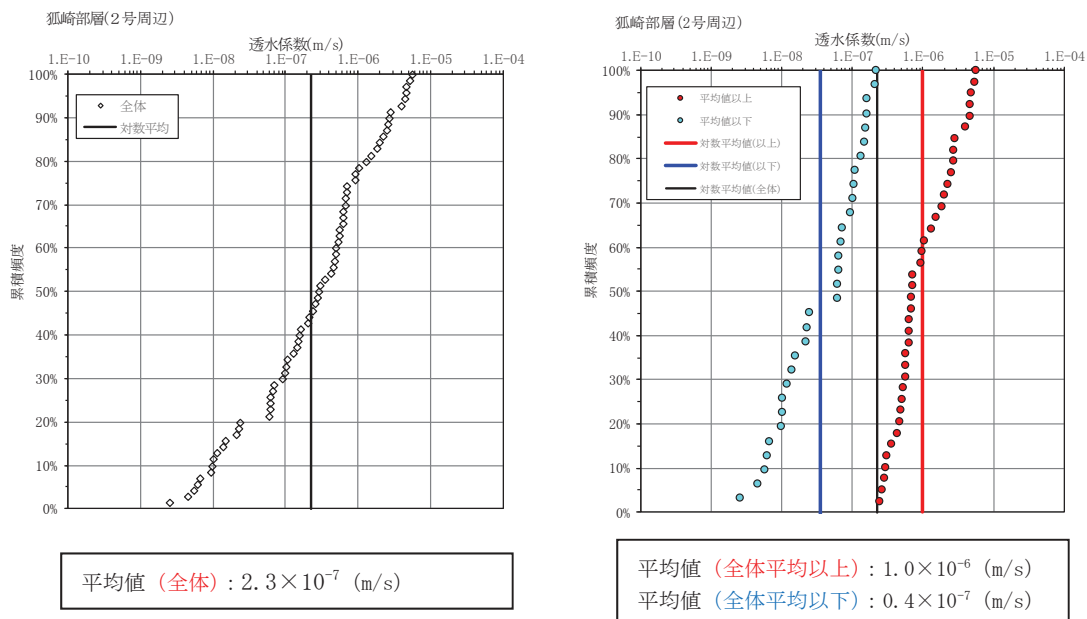


図 2-4-15 岩盤透水試験の深度分布

(1) 狐崎部層

① 透水性による区分

岩盤の透水試験の累積頻度分布を図 2-4-16 に示す。多少のばらつきは見られるものの、概ね対数正規分布様を呈することから、深度方向の分布状況も踏まえ、平均値を閾値に 2 層に分類する。



(全体)

(平均値で 2 層に区分)

図 2-4-16 透水性区分における透水試験結果の整理 (狐崎部層)

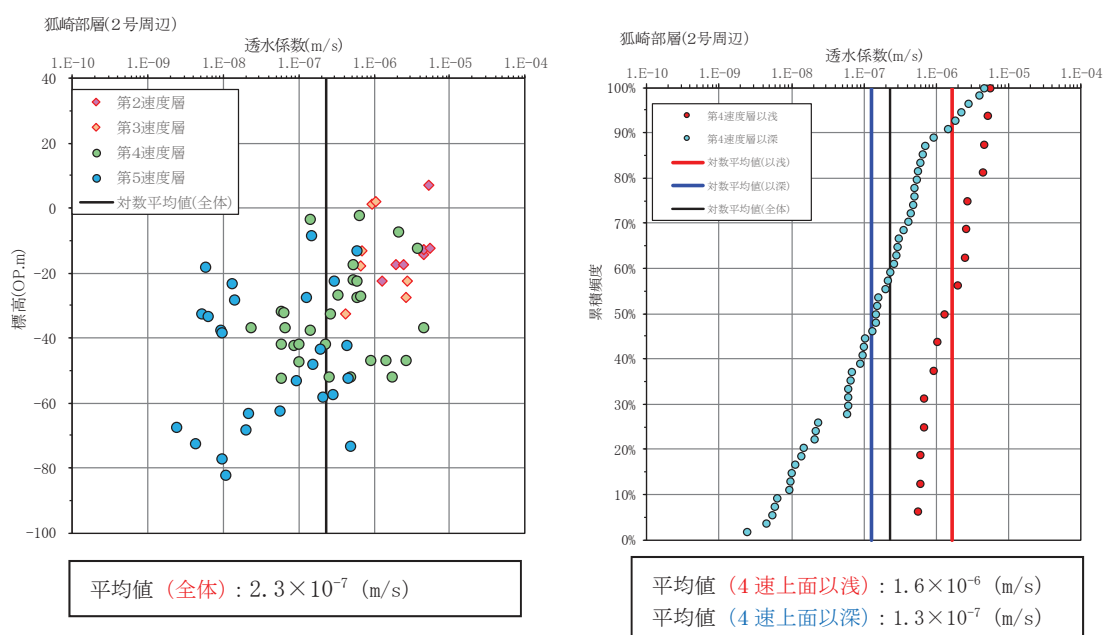
② 岩級・速度層区分による整理

①で整理した透水性による区分に対して、岩盤透水試験の結果を岩級・速度層区分にて整理した結果を表 2-4-11 に示す。なお、狐崎部層においては図 2-4-17 に示すとおり、概ね第 3 速度層までは平均値以上、第 4 速度層以深は平均値以下となっていることから第 4 速度層上面を境界とした。

透水性により区分した値と概ね対応していることから、狐崎部層においては第 4 速度層上面を境界に岩盤 I・II に分類しモデル化する。

表 2-4-11 透水性区分と岩級・速度層区分における透水係数の比較（狐崎部層）

地層	透水係数（平均値） (m/s)		備考
	岩盤 I	岩盤 II	
透水性での区分	1.0×10^{-6}	0.4×10^{-7}	概ね試験平均値である， 2.3×10^{-7} (m/s) 以上を岩盤 I，以下を岩盤 II に分類
岩級・速度層での区分 (=解析モデル)	1.6×10^{-6}	1.3×10^{-7}	第 4 速度層上面以浅を岩盤 I，以深を岩盤 II に分類



(速度層別の分布)

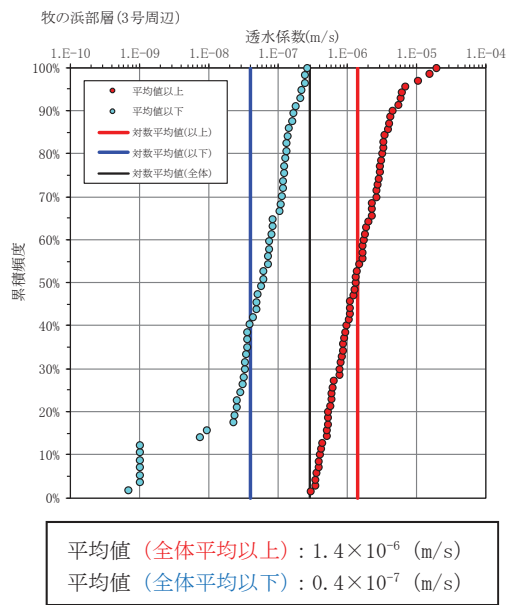
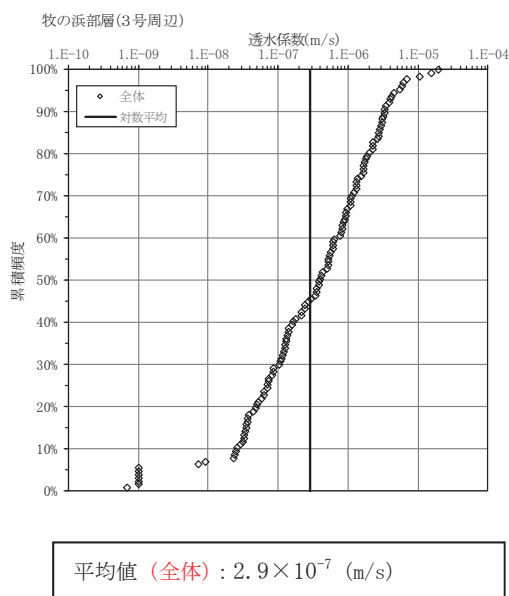
(累積頻度分布)

図 2-4-17 速度層区分における透水試験結果の整理（狐崎部層）

(2) 牧の浜部層

① 透水性による区分

岩盤の透水試験の累積頻度分布を図 2-4-18 に示す。多少のばらつきは見られるものの、概ね対数正規分布様を呈することから、深度方向の分布状況も踏まえ、平均値を閾値に 2 層に分類する。



(全体)

(平均値で2層に区分)

図 2-4-18 透水性区分における透水試験結果の整理 (牧の浜部層)

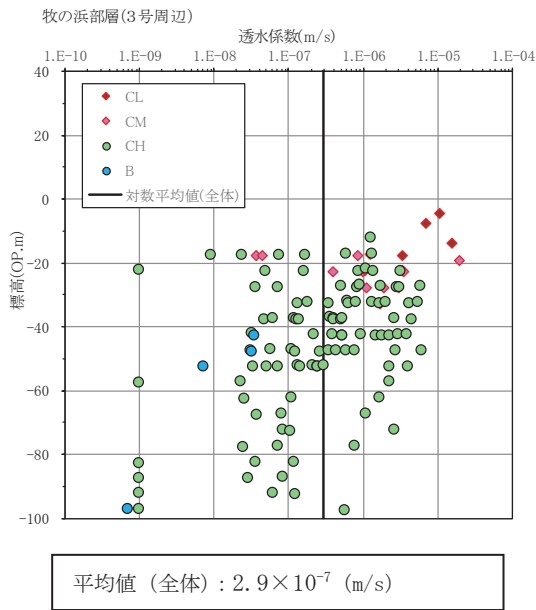
② 岩級・速度層区分による整理

①で整理した透水性による区分に対して、岩盤透水試験の結果を岩級・速度層区分にて整理した結果を表 2-4-12 に示す。なお、牧の浜部層においては、図 2-4-19 に示すとおり C_M 級以浅は概ね平均値以上であるが、 C_H 級については C_H 級上面-30m を境界とすることで、概ね平均値以上・以下に分類されるため、 C_H 級上面-30m を境界に整理した。

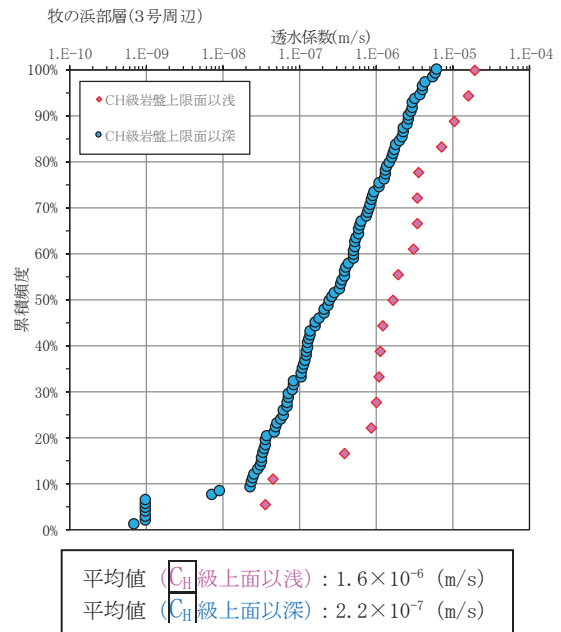
透水性により区分した値と概ね対応していることから、牧の浜部層においては CH 級岩盤上面-30m を境界に岩盤 I・II に分類しモデル化する。

表 2-4-12 水理地質区分と岩級・速度層区分における透水係数の比較 (牧の浜部層)

地層	透水係数 (平均値) (m/s)		備考
	岩盤 I	岩盤 II	
透水性での区分	1.4×10^{-6}	0.4×10^{-7}	概ね試験平均値である、 2.9×10^{-7} (m/s) 以上を岩盤 I，以下を岩盤 II に分類
岩級・速度層での区分 (=解析モデル)	1.1×10^{-6}	0.6×10^{-7}	C_H 級岩盤上面-30m 以浅を岩盤 I，以深を岩盤 II に分類

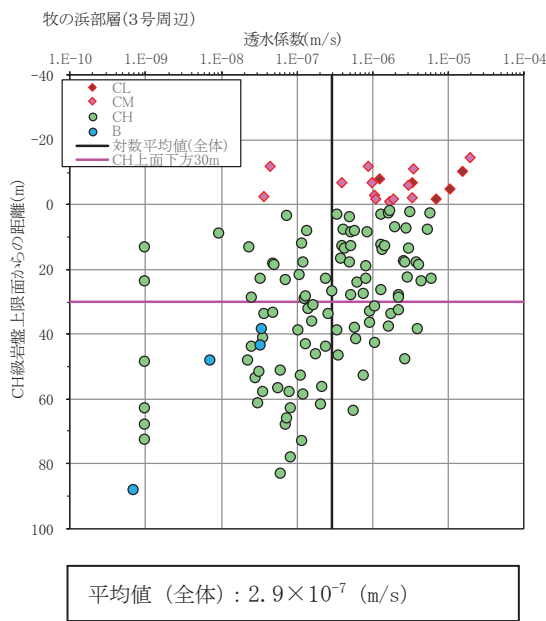


(深度分布)

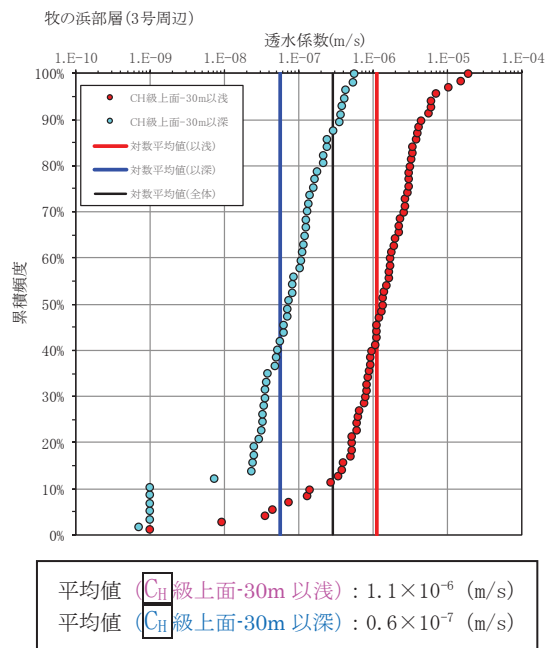


(累積頻度分布)

図 2-4-19(1) 岩級区分における透水試験結果の整理 (牧の浜部層)



(深度分布)



(累積頻度分布)

図 2-4-19(2) 岩級区分における透水試験結果の整理 (牧の浜部層)
(CH 級上面-30m を境界に再整理)

(参考資料 2-5) 浸透流解析におけるドレーンの有効範囲の設定結果

1. はじめに

本資料は、図 3.3-5 に示す設計用地下水位の設定フローにおける「ドレーンのモデル化(有効範囲の設定)」について、集水機能の信頼性に係る詳細検討フローによる設定結果を示す。

2. 集水機能の信頼性の検討

設計用地下水位の算定(浸透流解析)に用いるドレーンの有効範囲は、図 2-5-1 に示す集水機能の検討フローに従い、以下の考え方で設定することにより信頼性を確保する。

- ・評価対象施設等の配置などを勘案し、既設ドレーンの期待範囲を設定する。ドレーンは、耐久性、耐震性及び保守管理性の3つの観点から、全てを満足するものは管路として、それ以外は設置状況に応じて透水層又は周辺の地盤に分類する。
- ・浸透流解析を踏まえ、施設の安全性を確保できるよう、ドレーン有効範囲の設定や必要な範囲への新設を検討する。
- ・技術基準規則第 14 条(安全設備)の要求事項(多重性及び独立性)に配慮した設備構成とする。

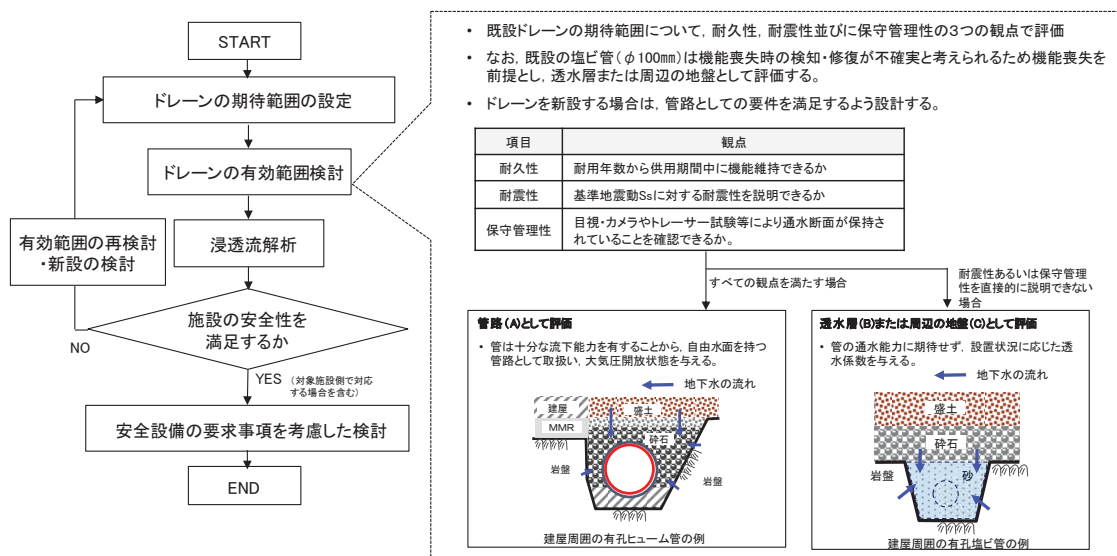
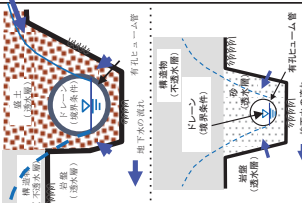
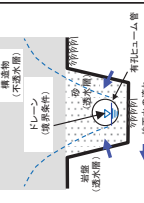
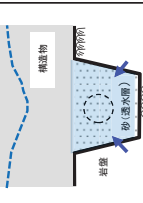
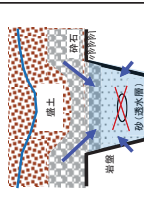


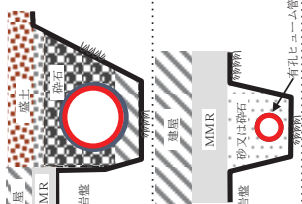
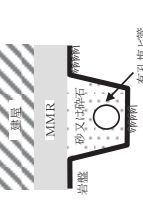
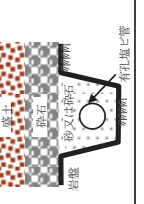
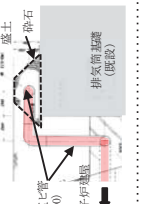
図 2-5-1 集水機能の信頼性に係る基本検討フロー

上記フローに基づき、ドレーンの状態と各観点に対する評価、並びに浸透流解析上の取扱いについて図 2-5-2 に整理した。

分類*3	浸透流解析上の取扱い
A 管路	 <ul style="list-style-type: none"> 管の耐久性及び耐震性が確保され、構造を確認できることから、大気圧開放状態とする。
A-2	
B 透水層	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤と躯体に囲まれた範囲は保持されるが、直接的に構造施設できないため、透水層として考慮し、この状況に応じた透水係数を設定する。 (透水係数は管内空相当の空隙が残ることを考慮し設定) ただし、A.管路と判断されたドレーンでも、安全設備の要求事項を満たすドレーン以外はB-1として扱。 管の内空保持が期待できないが、周辺の岩盤形状は保持され、高透水性材料及び上部から流入する砕石を透水層として考慮し、この状況に応じた透水係数**を設定する。
B-1	
B-2	
C 周辺の地盤	<ul style="list-style-type: none"> 周辺の地盤相当の透水係数を設定する。
C-1	非考慮
C-2	非考慮

*3 A (管路)に区分するドレーンは施設、B(透水層)及びC(周辺の地盤)に区分するドレーンは地盤として取扱う。
*4 本整理を踏まえる砕石層の透水係数を設定可能であるが、以降の検討では保守的に盛土又は岩盤の透水係数を設定している。

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

分類	ドレーンの状態	該当箇所 の例	各観点に対する評価	
			耐久性	保守管理性
A-1		有孔ヒューム管	○	○
A-2	(新設する場合)		○	○
B-1		有孔塩ビ管 (3号機Hx/B直下)	○	(一)
B-2		有孔塩ビ管 (R/B~T/B間)	○	(一)
C-1		有孔塩ビ管 (排気筒周辺)	○	×
C-2	(期待しない)	有孔塩ビ管 (3号機T/B直下)	—	—

○:各観点の要求事項を満足する。 △:各観点の要求事項を部分的に満足する。
×:各観点の要求事項を満足しない。 一:要求事項なし。

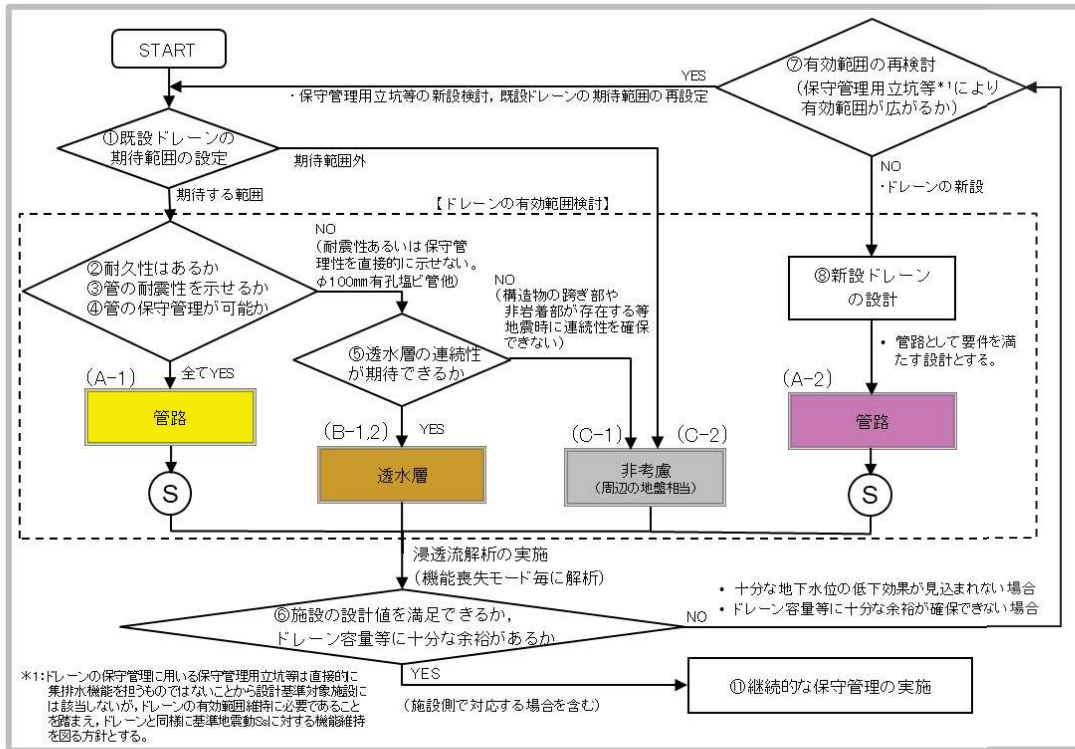
□ 耐震性を確保する範囲
■ 透水層として扱 範囲

図 2-5-2 ドレーンの状態に対応した分類と浸透流解析上の取扱い

図 2-5-1 に示した基本検討フロー並びに図 2-5-2 において分類したドレーンの状態に対応した浸透流解析上の取扱いを踏まえ、詳細検討フローを図 2-5-3 のとおり設定した。

同フローでは、設置変更許可段階で示した方針と同様、ドレーンの期待範囲を設定した上で、耐久性・耐震性・保守管理性の観点等から「A. 管路」、「B. 透水層」、「C. 周辺の地盤」のいずれかに分類し、評価対象施設等の設計値を満足するよう新設も含めドレーン範囲を検討した上で、技術基準規則第 14 条（安全設備）の要件を満たす範囲を有効なドレーン範囲として設定する。

【施設の設計値を満足するドレーン範疇の検討】



【安全設備の要求事項を考慮した検討】

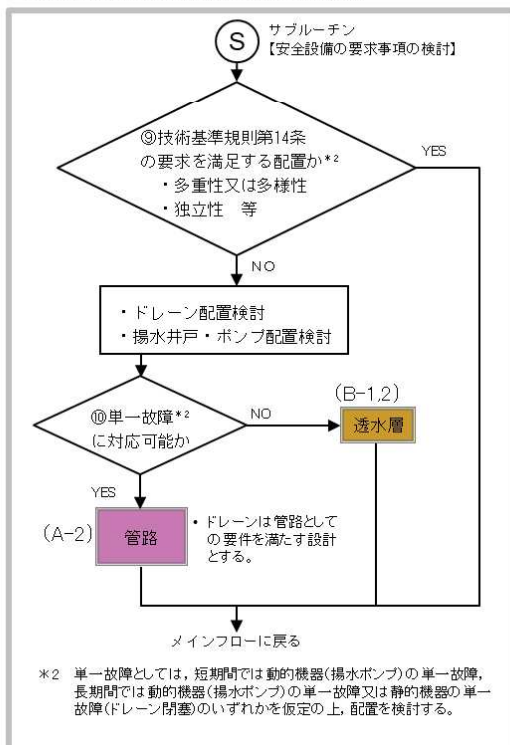


図 2-5-3 集水機能の信頼性に係る詳細検討フロー

次に、図 2-5-3 に示した詳細検討フローに基づく各プロセスの検討結果を示す。
 最初に、「①既設ドレーンの期待範囲の設定」として、評価対象施設等における地下水位
 設定に対し寄与が大きいと考えられる既設ドレーン範囲*1を抽出した。(図 2-5-4)

注記*1： 設置変更許可段階では排気筒基礎周辺へのドレーン設置を例示していたが、当該設備は地表面に設計用
 地下水位を設定する方針としたため、詳細検討フローに基づき再整理の結果、既設ドレーンの期待範囲より
 除外とした。

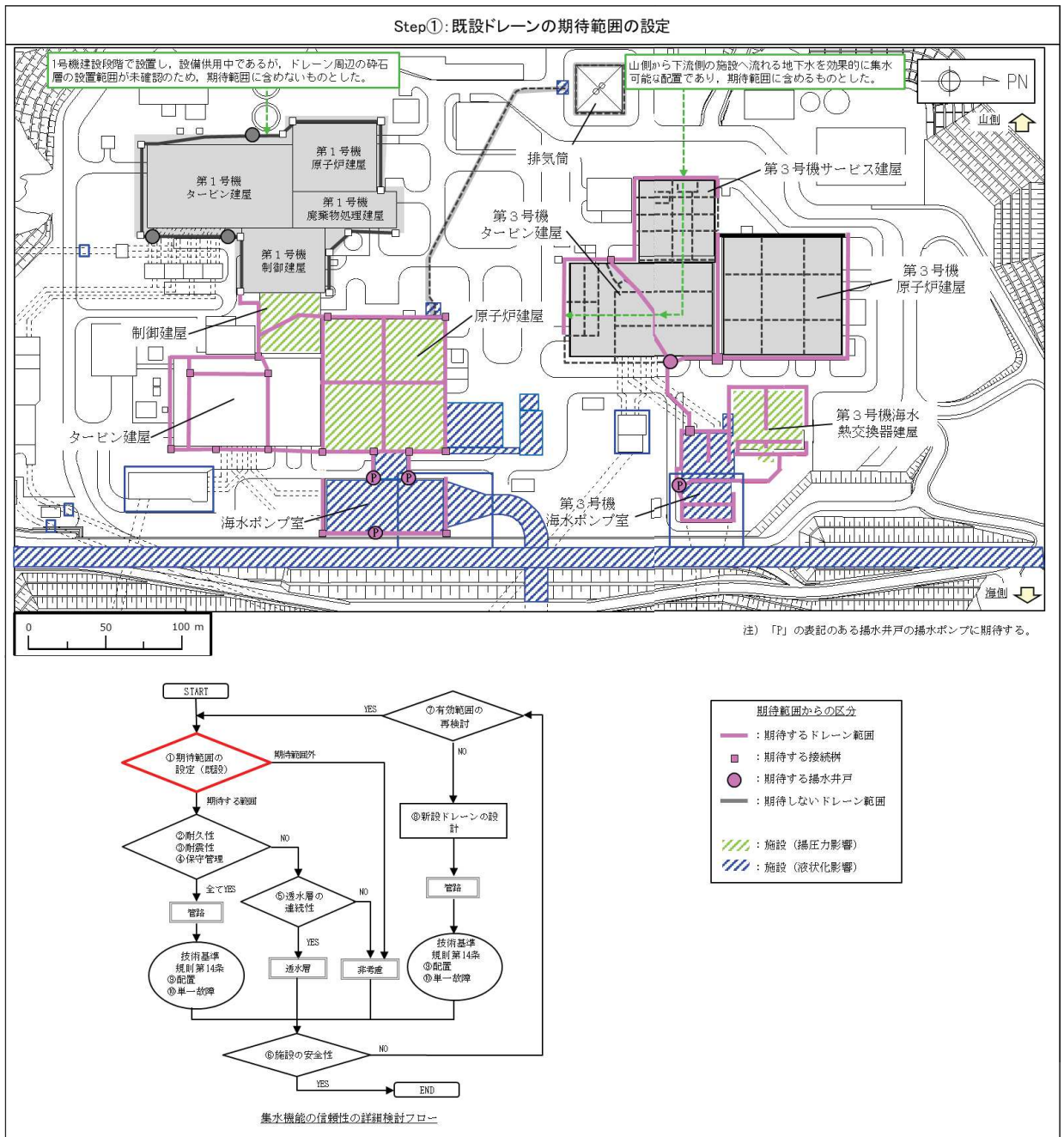


図 2-5-4 既設ドレーンの期待範囲の設定 (Step①)

「②耐久性」の観点では、全てのドレーン（有孔ヒューム管・有孔塩ビ管）が有効である。耐久性の観点からの整理結果を図 2-5-5 に示す。なお、既設ドレーンの耐久性については参考資料 1-1 に示す。

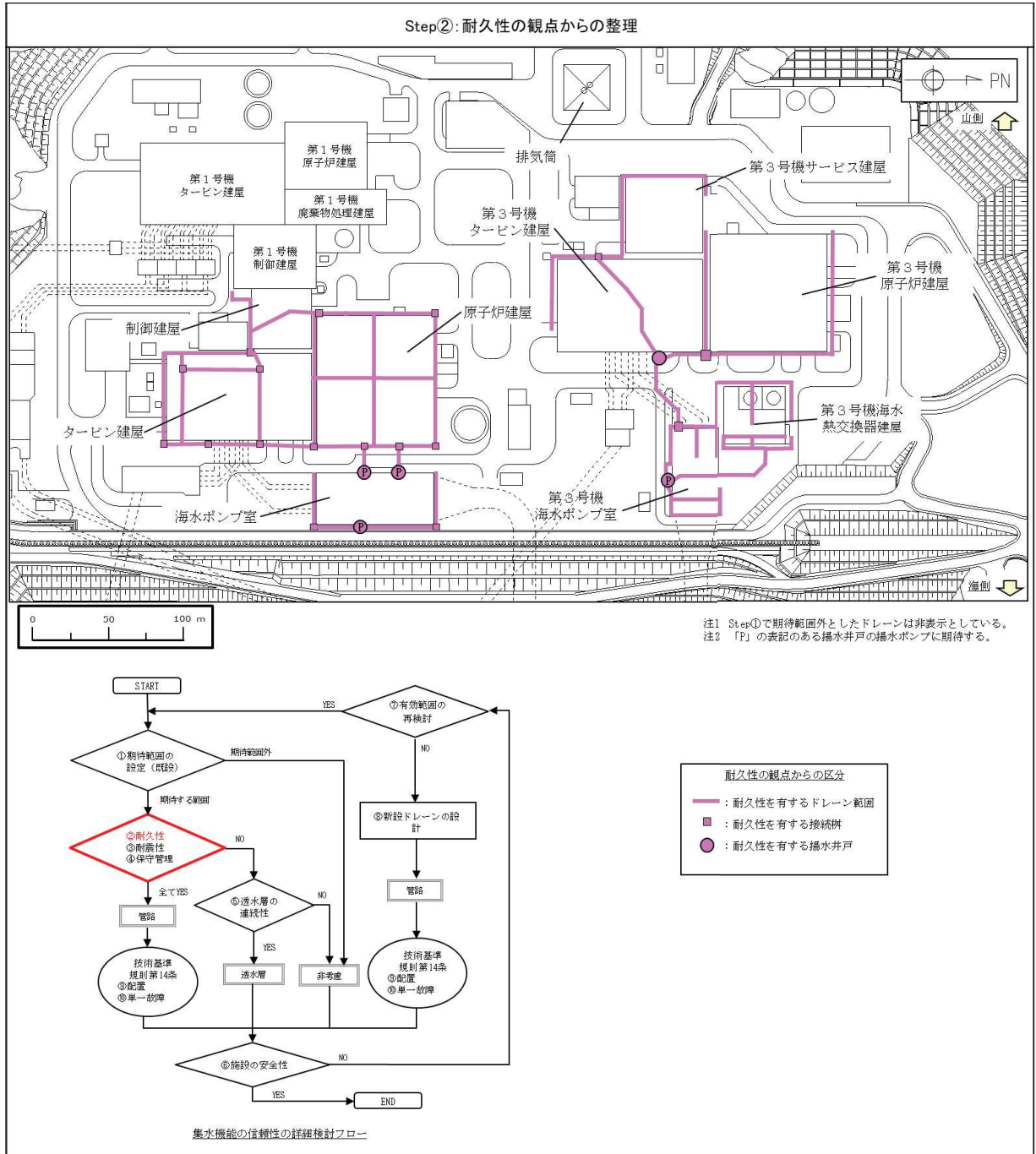


図 2-5-5 耐久性の観点からの整理結果 (Step②)

「③・⑤耐震性・透水層の連続性」の観点では、盛土荷重が直接作用する一部の塩ビ管を除き、S s 機能維持し耐震性が確保可能である。整理結果を図 2-5-6 に示す。

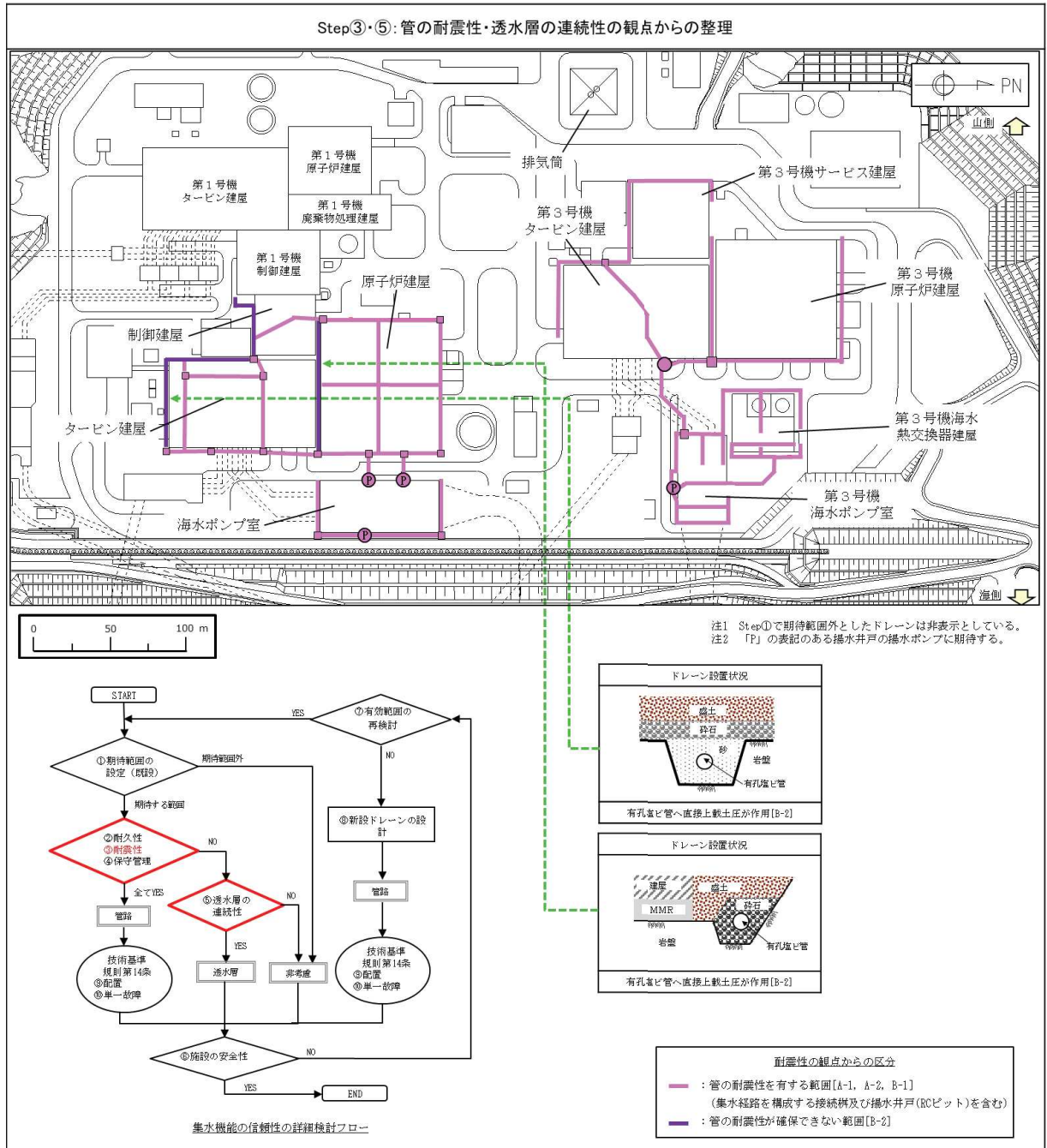


図 2-5-6 管の耐震性・透水層の連続性の観点からの整理結果 (Step③・⑤)

「④管の保守管理」の観点から、保守管理性に応じて図 2-5-7 のとおり有効範囲が整理される。保守管理性の考え方を本資料巻末の「(参考 3-3) 地下水位低下設備の保守管理について」に示す。

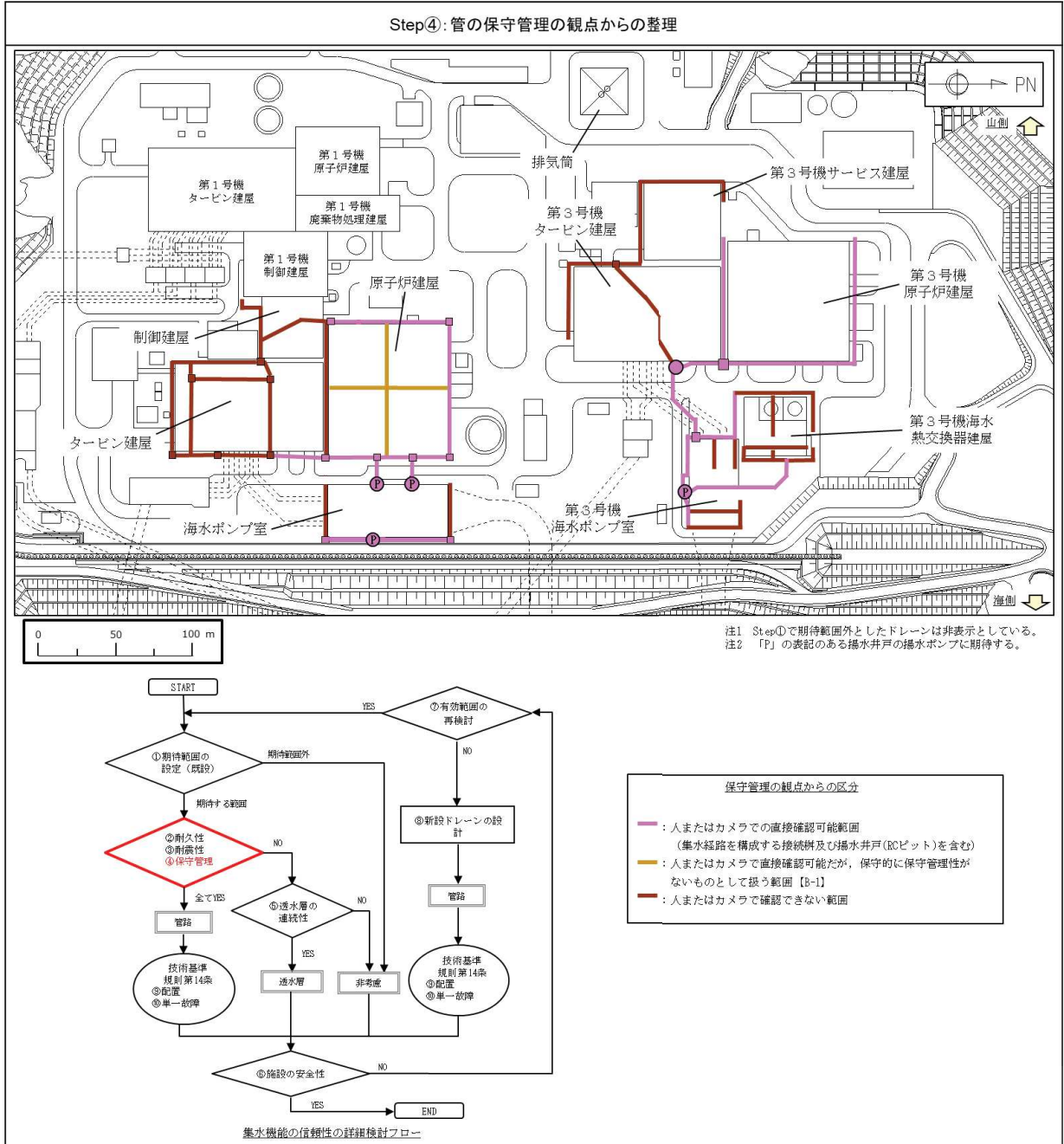


図 2-5-7 管の保守管理の観点からの整理結果 (Step④)

安全設備の要求の観点から、2号機原子炉建屋において揚水井戸の新設が必要と整理される。整理結果を図2-5-8に示す。

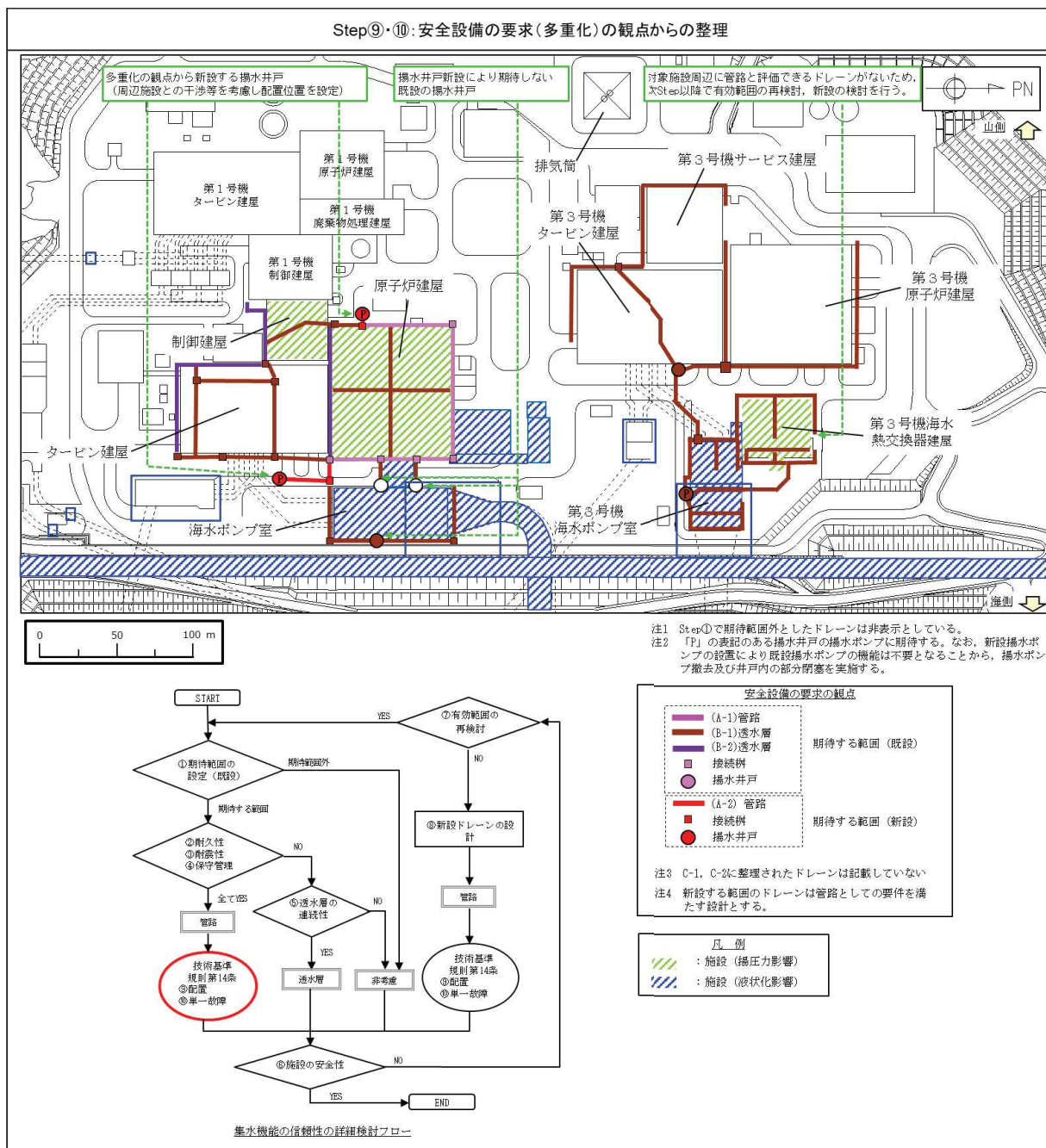


図 2-5-8 安全設備の要求の観点からの整理結果 (Step⑨・⑩)

「⑦ 有効範囲の再検討」として、評価対象施設等の設計値確保の観点から、保守管理立坑等の追加により保守管理範囲を拡大する場合の既設ドレーンの有効範囲の再検討を行った。整理結果を図 2-5-9 に示す。

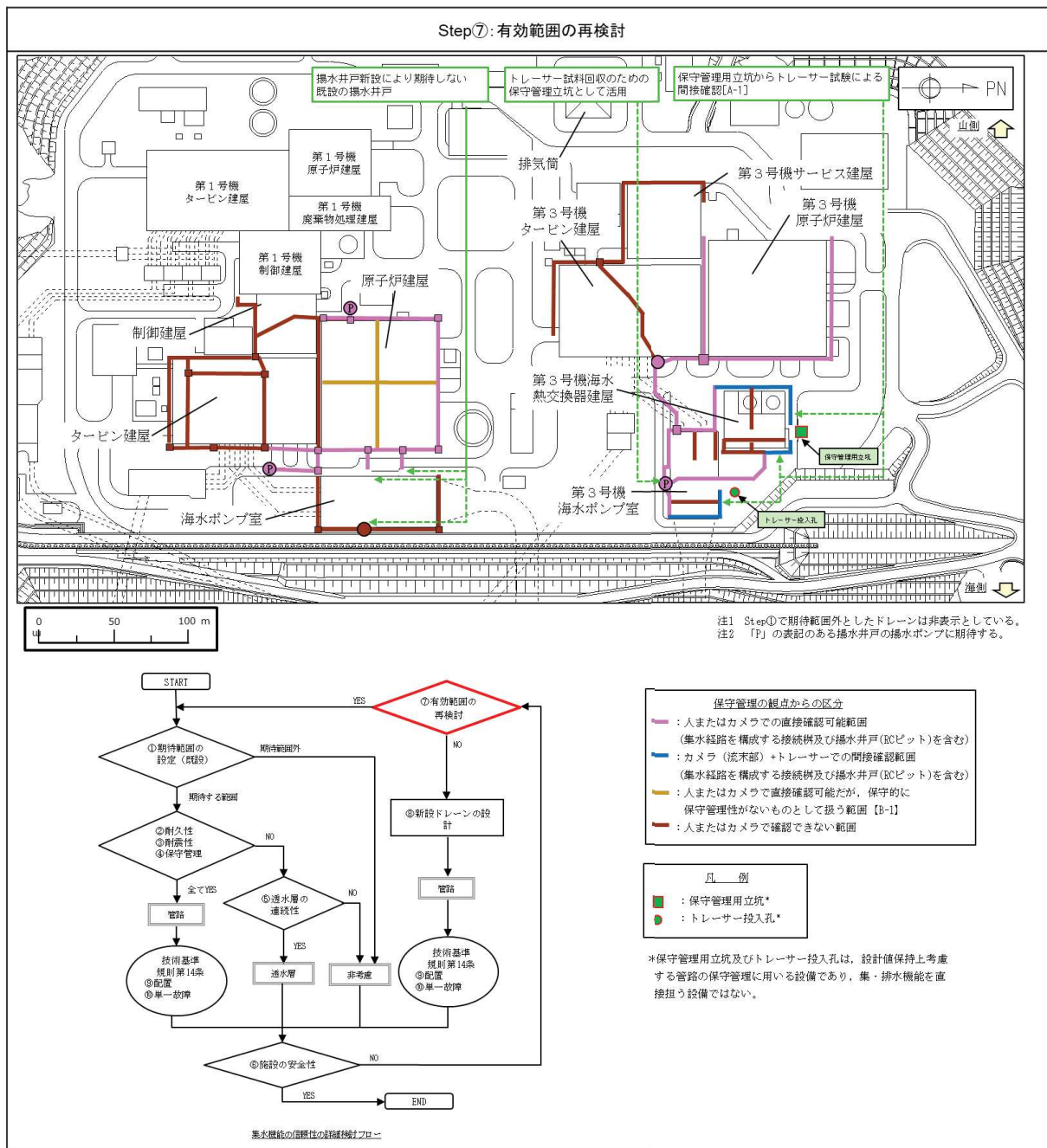


図 2-5-9 有効範囲の再検討での整理結果 (Step⑦)

「⑧新設ドレーンの要否」の観点から、評価対象施設等へ作用する揚圧力を設計揚圧力以下に保持するため、2号機原子炉建屋や3号機海水熱交換器建屋においてドレーンの新設*1が必要となる。新設するドレーンは、建屋下側の有孔ヒューム管及び有孔塩ビ管で担っていた設計揚圧力保持の他、ポンプ機能喪失後の時間猶予を一定時間確保する必要があり、その配置は地下水の流動場を考慮し浸透流解析を踏まえて設定する（巻末に示す（補足）新設ドレーン（鋼管）の配置設定 参照）。整理結果を図2-5-10に示す。

*1：新設するドレーンは施設直下の既設ドレーン（有孔塩ビ管）よりも深い位置に設置されることから、有孔塩ビ管に対し管路としての期待は不要となる。

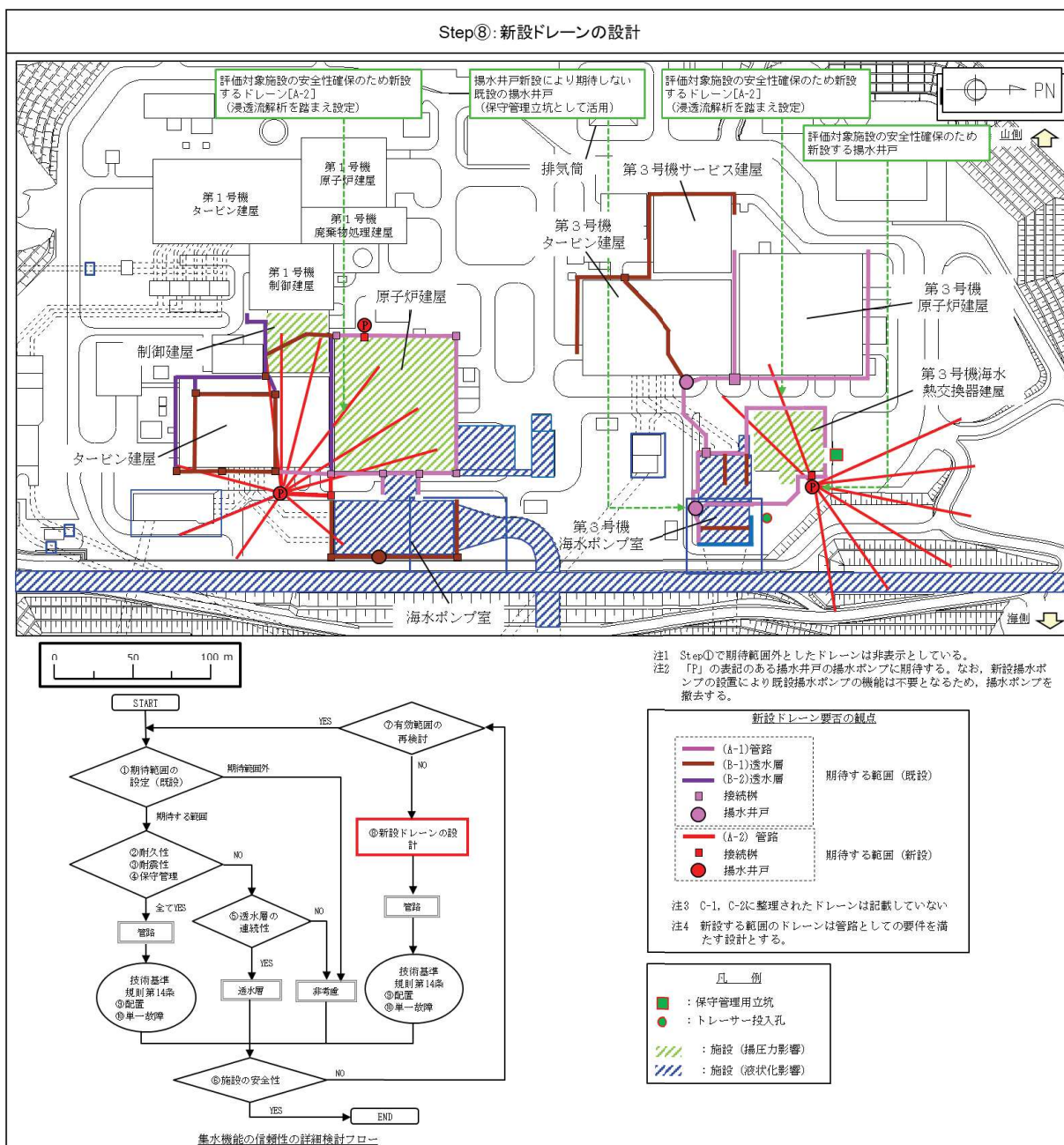


図 2-5-10 新設ドレーン要否の観点からの整理結果 (Step⑧)

図 2-5-10 までに設定したドレーン範囲のうち、安全設備の要求性能確保の観点からの整理結果を図 2-5-11 に示す。

揚水ポンプの多重化やドレーン・揚水井戸の配置上の配慮が必要となる。多重化の観点から新設するドレーンは、Step⑧で設定した新設ドレーンと同様の考え方により、地下水の流動場を考慮し浸透流解析を踏まえて配置を設定する。

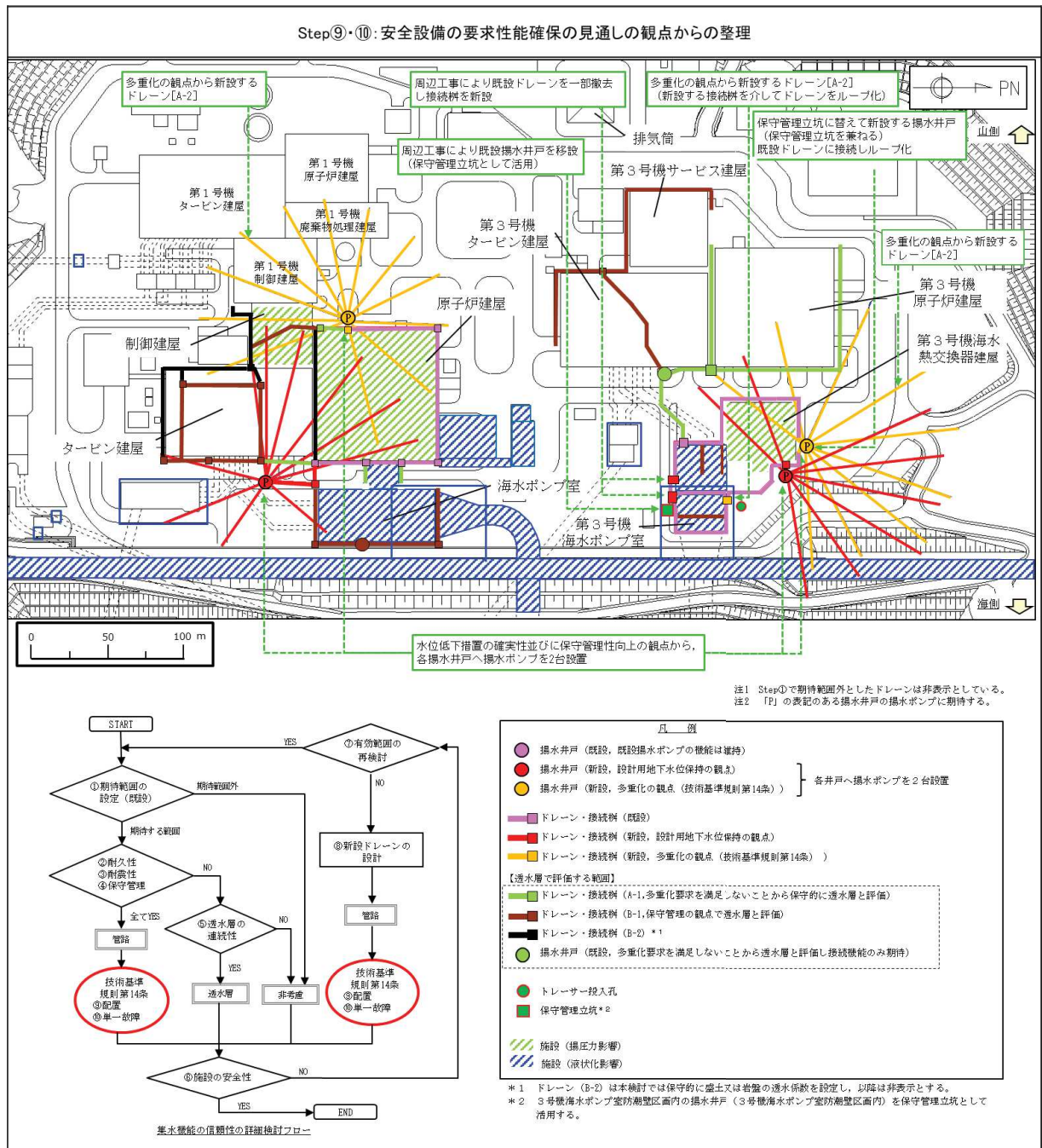


図 2-5-11 安全設備の要求性能確保の観点からの整理結果（Step⑨・⑩）

集水機能の信頼性の詳細検討フローに基づく有効範囲の設定結果を図 2-5-12 に示す。本図は、「集水機能の信頼性に係る詳細検討フロー」(図 2-5-3) に基づく整理であり、技術基準規則第 5 条・同第 14 条並びに設置許可基準規則第 3 条第 2 項の要求に対応した設備構成である。

ここに示すとおり、建物・構築物(原子炉建屋、制御建屋、3号機海水熱交換器建屋)の揚圧力影響(技術基準規則第 5 条)を考慮し、先に挙げた各条文へ適合させるため、地下水位低下設備を設計値保持のため必要な範囲(■)と、技術基準規則第 14 条の要求事項への配慮による範囲(■)にて構成するものとした。

なお、ドレーンのうち、耐久性・耐震性を有するが保守管理性を満たせない範囲、及び耐久性・耐震性及び保守管理性を満たすものの、技術基準規則第 14 条の要求事項への配慮の観点から管路より除外した範囲(■)については透水層として取扱う。連続した透水層としての機能に期待できない場合は、周辺の地盤相当として取扱う。

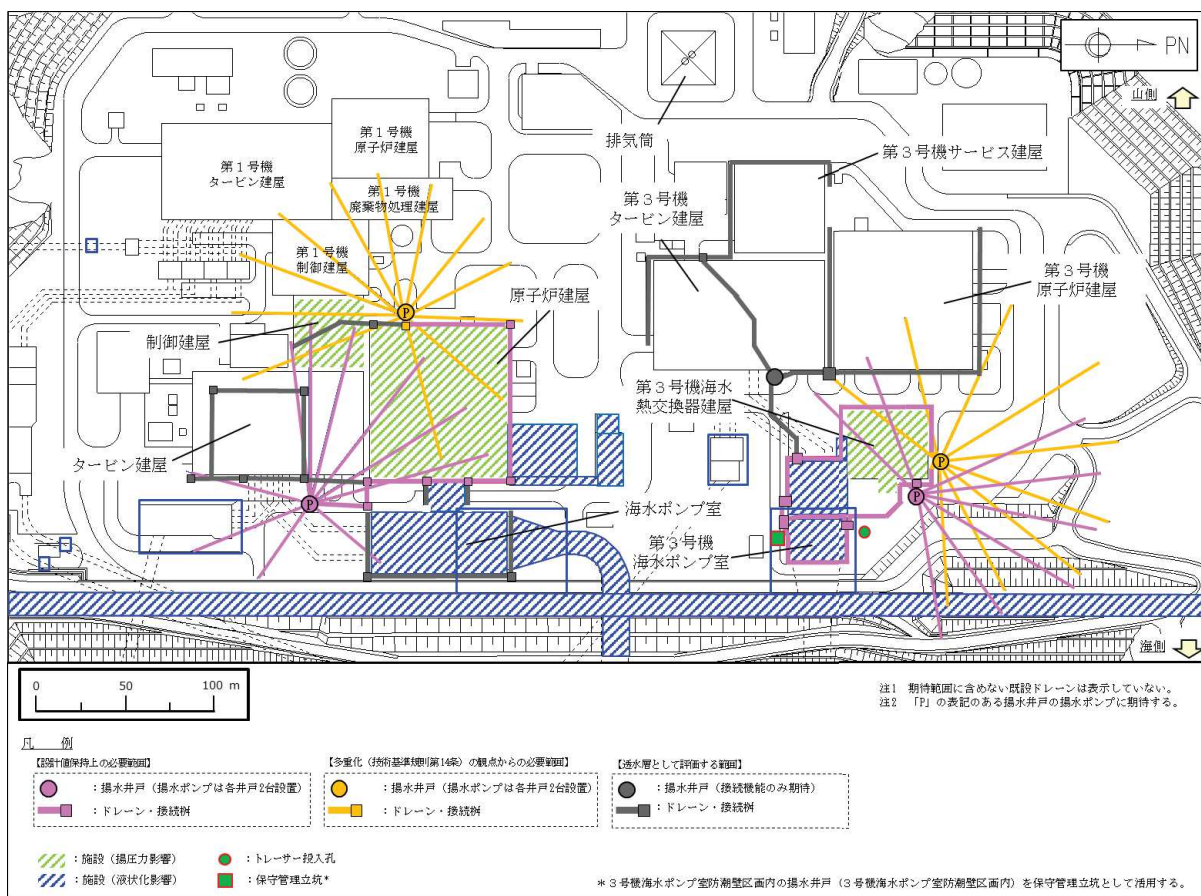


図 2-5-12 地下水水位低下設備の設定結果 (まとめ)

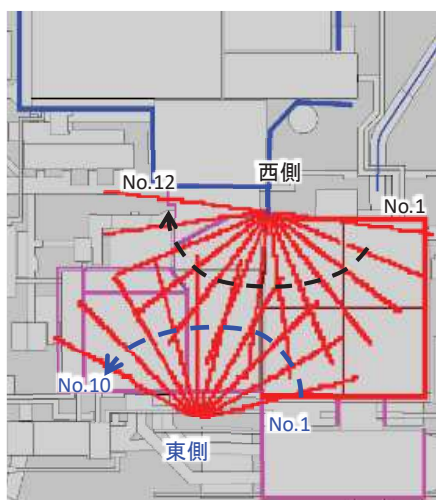
(補足) 新設ドレーン (鋼管) の配置設定

1. はじめに

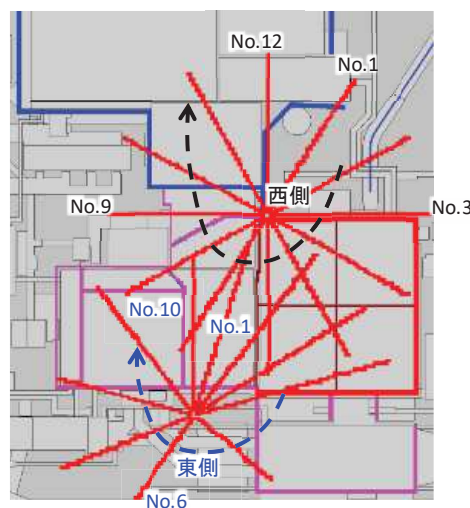
新設ドレーン (鋼管) の配置については, 建屋基礎版下に配置していた既設の有孔ヒューム管及び有孔塩ビ管で担っていた設計揚圧力保持に加え, ポンプ機能喪失後の時間猶予 (設計揚圧力へ到達するまでの時間) を一定時間確保するような配置としている。本資料は, 新設ドレーン (鋼管) の配置設定における予備検討として, ドレーン配置範囲の違いによる原子炉建屋領域への地下水流入量並びに時間猶予への影響を評価したものである。

2. 検討ケース

建屋底面のみ新設ドレーンを配置したケース (CASE①) 及び建屋底面以外にも新設ドレーンを配置したケース (CASE②) にて, 定常状態及びポンプ停止後の建屋領域への流入量と揚圧力の変化を確認した。



(CASE① 建屋底面のみ配置)



(CASE② 建屋底面以外にも配置)

【ドレーン諸元】

項目		CASE①	CASE②
2号 R/B 西側	ドレーン本数	12本	12本
	ドレーン深度	O.P. -19.0 m	O.P. -23.0 m
2号 R/B 東側	ドレーン本数	10本	10本
	ドレーン深度	O.P. -22.0 m	O.P. -19.0 m

図2-5-13 ドレーンの配置範囲のパターン

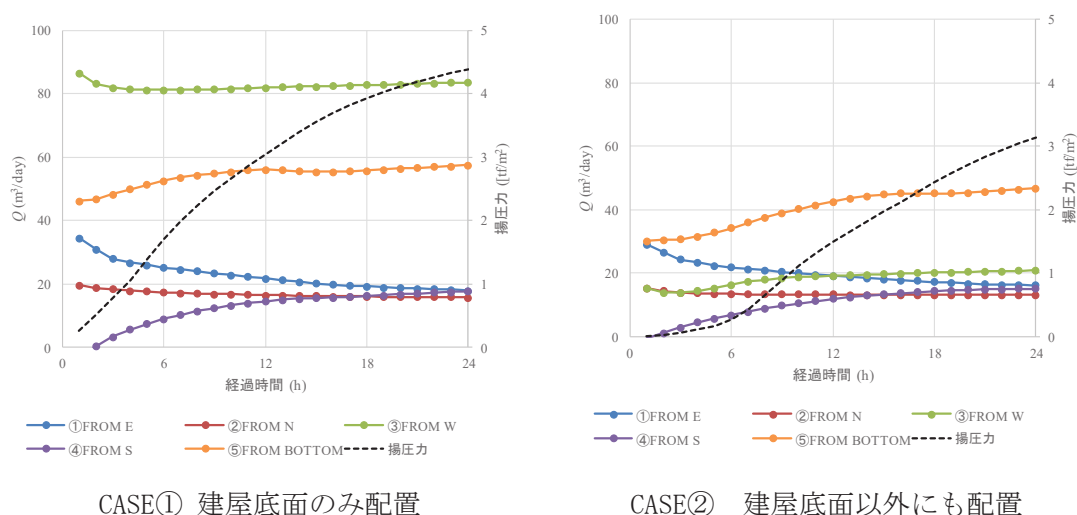
3. 検討結果

各ケースにおける定常状態及びポンプ停止後の建屋領域への流入量と揚圧力の変化を図 2-5-14 に示す。

定常状態での揚圧力そのものには有意な差が見られないものの、建屋底面以外にも新設ドレーンを配置した CASE②の方が、ポンプ停止後の水位上昇が緩和される。

これは、建屋底面の水位低下量は CASE①・②である一定レベルで頭打ちとなっており、より広範囲で水位を低下させ、建屋底面以外にも不飽和領域を構築しておく CASE②の方が不飽和領域分の貯留量が大きく、ポンプ停止以降の地下水の流入に対して建屋近傍の地下水位の上昇を抑制しているためと考えられる。

特に、2号 R/B の場合は西側（山側）からの地下水流入が、3号 Hx/B の場合は北側からの地下水流入が支配的であり（参考資料 3-1 表 3-1-2 参照）、これらの流入方向にドレーンを多く配置することが効果的であることも確認出来る。



項目	CASE①	CASE②
定常状態における揚圧力 (R/B)	0.1 (tf/m ²)	0.0 (tf/m ²)
ポンプ停止 24 h 後の揚圧力 (R/B)	4.3 (tf/m ²)	3.1 (tf/m ²)

図2-5-14 建屋領域への地下水流入量と揚圧力の経時変化

以上の検討結果を踏まえ、新設ドレーンの配置については各種パラメータスタディを行い、以下①②の要求を満足するような配置設定としている。

- ① 片系統が機能喪失した状態でも設計値（建屋の設計揚圧力）を満足すること（土木構造物は地下水位低下設備の片系統が機能喪失した状態を仮定した浸透流解析を実施し、解析水位を包絡するよう施設側で設計用地下水位を設定）
- ② ポンプ機能喪失後の時間余裕を十分確保すること。（1日程度確保を目安）

(参考資料 3-1) 地下水位低下設備の概要

1. 地下水位低下設備の概要

1.1 全体構成

地下水位低下設備は 2 号機原子炉建屋及び 3 号機海水熱交換器建屋周辺に設置する。地下水はドレーンにより集水し、揚水井戸内に設置した揚水ポンプ・配管により構内排水路へ排水される。

ドレーンは各号機の建設時に設置された既設部を含む建屋周辺の有孔ヒューム管と新たに設置する有孔鋼管により構成され、4 箇所（No.1～No.4）の揚水井戸にそれぞれ揚水ポンプ 2 台（計 8 台）、水位計 3 台（計 12 台）を設置する。

また、制御盤は異なる非常用電源母線に接続する 2 面を設置し、中央制御室において監視できる系統構成とする。

地下水位低下設備の構成概要を図 3-1-1 及び表 3-1-1 に示す。また、地下水位低下設備のうちドレーン及び揚水井戸の構成図を図 3-1-2、平面配置を図 3-1-3、系統構成図を図 3-1-4 に示す。また、ドレーン（鋼管）の設置位置と周辺の地盤の状況について、防潮堤との位置関係を含めて図 3-1-5 に示す。

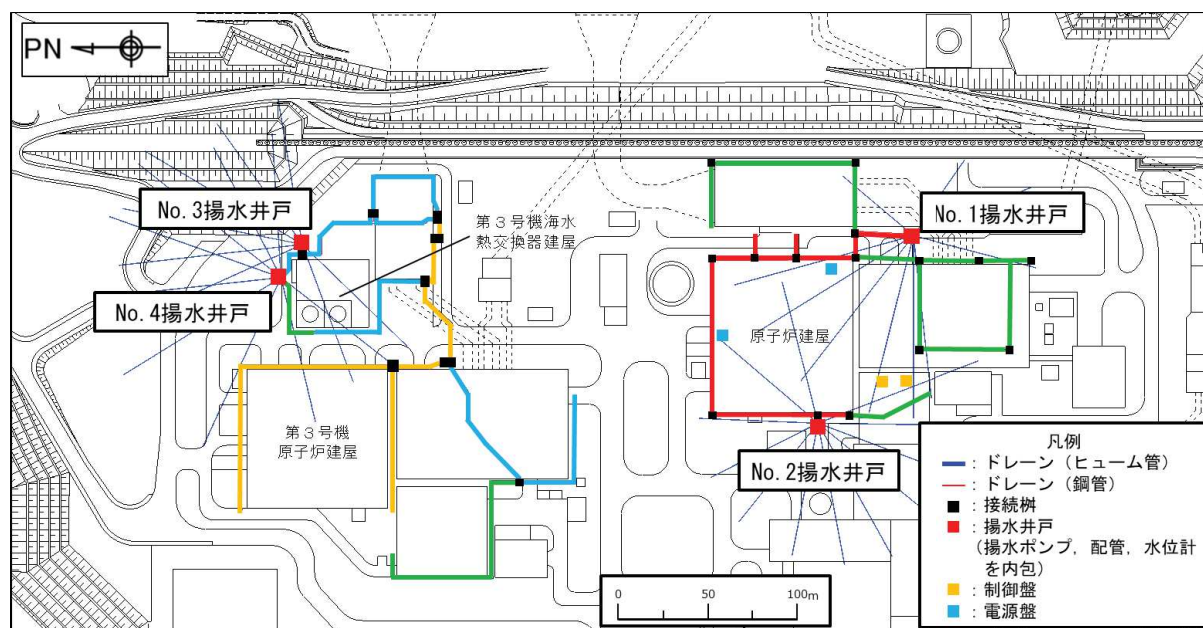
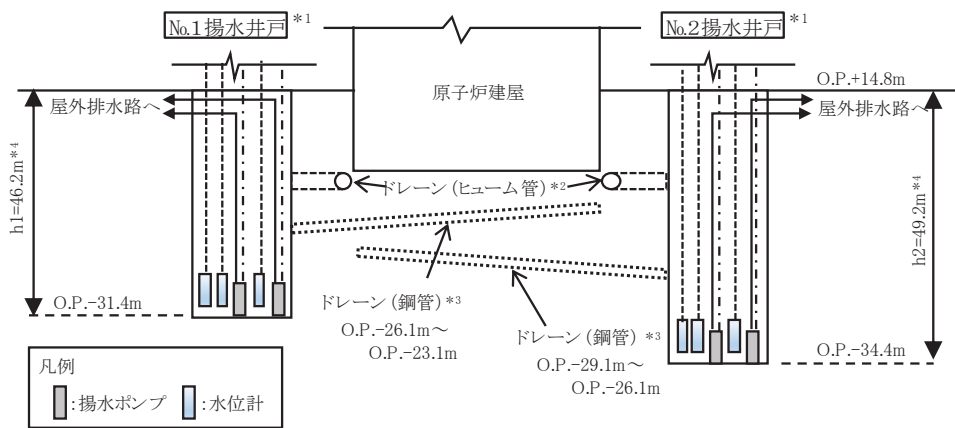


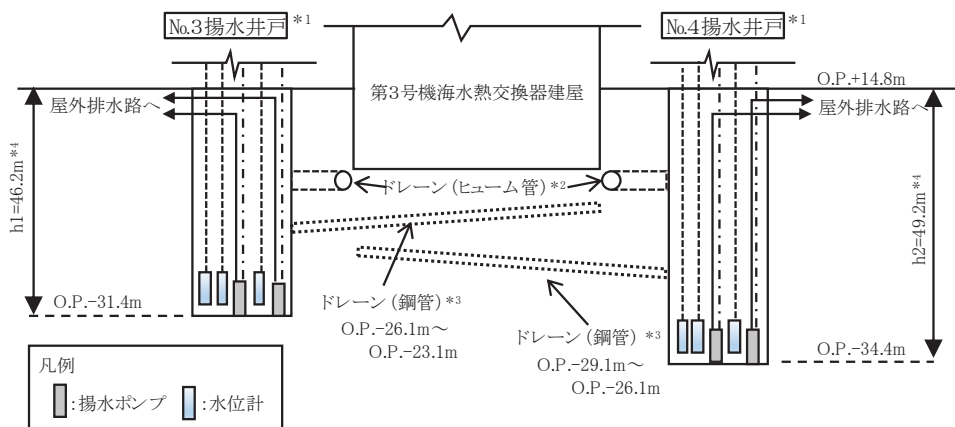
図 3-1-1 地下水位低下設備の構成概要

表 3-1-1 地下水位低下設備の構成概要

構成	概要
ドレーン (接続柵を含む)	有孔鋼管 (φ 145.2mm) と有孔ヒューム管 (φ 500 mm, φ 800 mm, φ 1050 mm) により構成する。有孔ヒューム管は分岐部等に鉄筋コンクリート製の接続柵を設ける。
揚水井戸	内径φ4mの鋼製の排水シャフト及び鉄筋コンクリート製の集水ピットにより構成し、2号機原子炉建屋周辺及び3号機海水熱交換器建屋周辺に各2箇所(計4箇所)設置する。
揚水ポンプ (配管を含む)	揚水ポンプ(容量375m ³ /h、揚程52m、原動機出力110kW)を各揚水井戸に2台ずつ(計8台)設置する。
水位計・制御盤・電源盤	水位計(計測範囲O.P.-28.8m~O.P.-26.1mまたはO.P.-31.8m~O.P.-29.1m)は各揚水井戸に3台ずつ(計12台)設置する。 制御盤・電源盤は異なる非常用電源母線に接続する2面を建屋内に設置する。



(1) 原子炉建屋周辺



(2) 第3号機海水熱交換機建屋周辺

注記*1: 揚水井戸及び揚水井戸に内包する揚水ポンプ, 水位計は新設する。

*2: ヒューム管(接続柵を含む)は揚水井戸との接続部分是新設する。

*3: 鋼管は揚水井戸を起点として放射状到新設する。

*4: h1及びh2は、GLより集水ピット底面までの高さを表す。

図 3-1-2 ドレーン及び揚水井戸の構成図

(参考)3-1-2

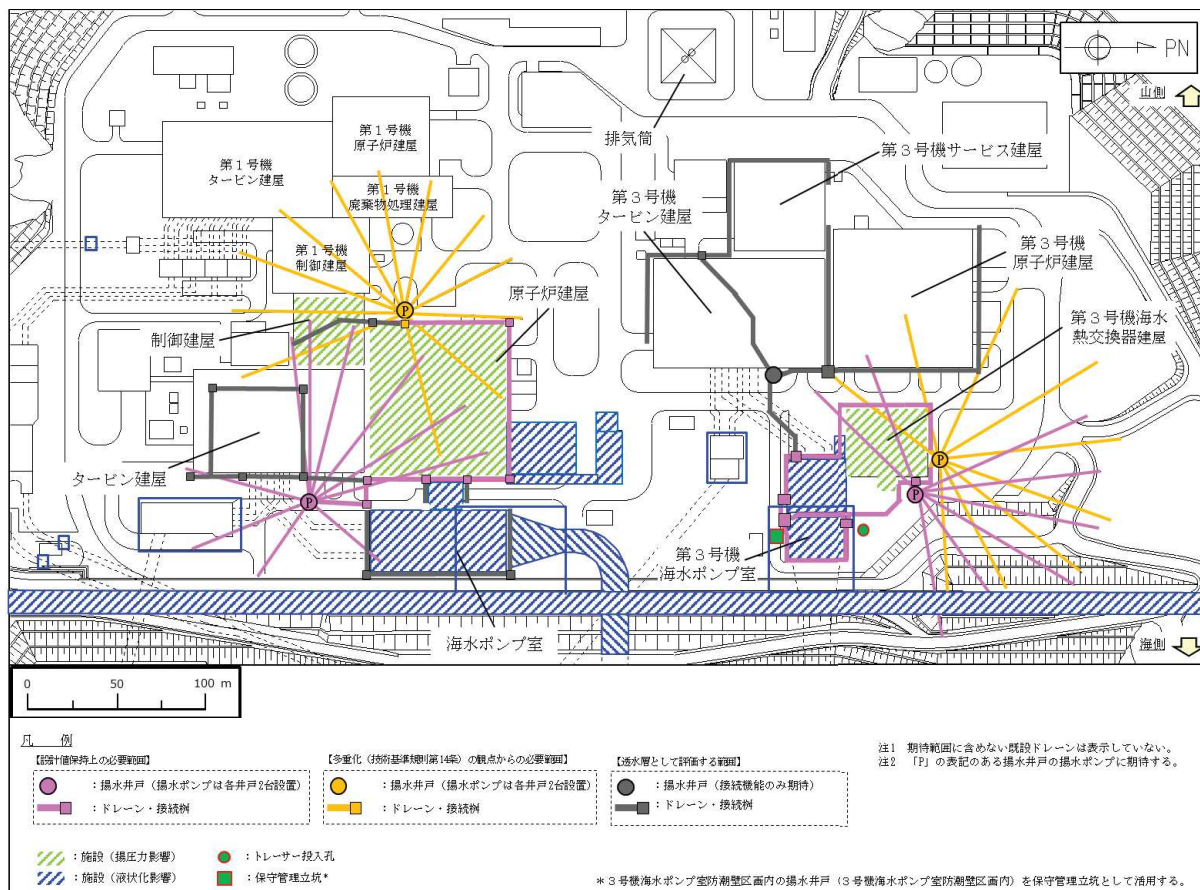


図 3-1-3 ドレーン・揚水井戸の平面配置

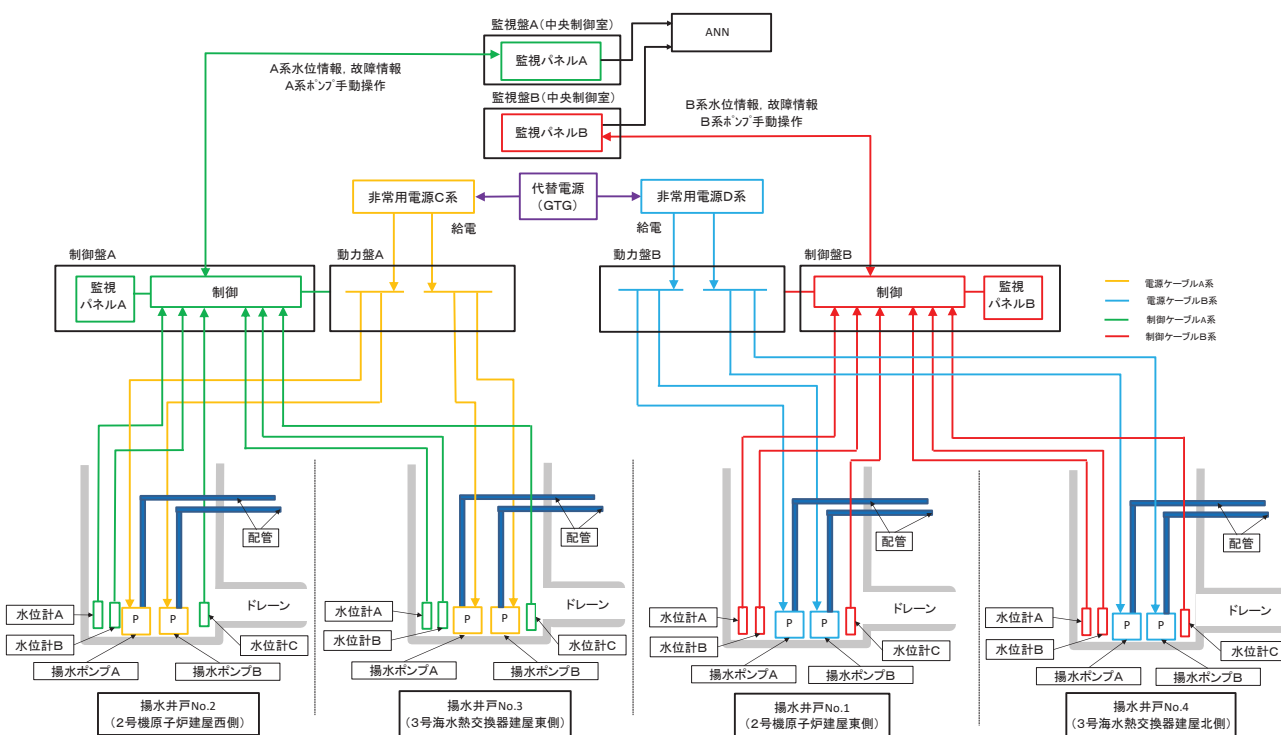
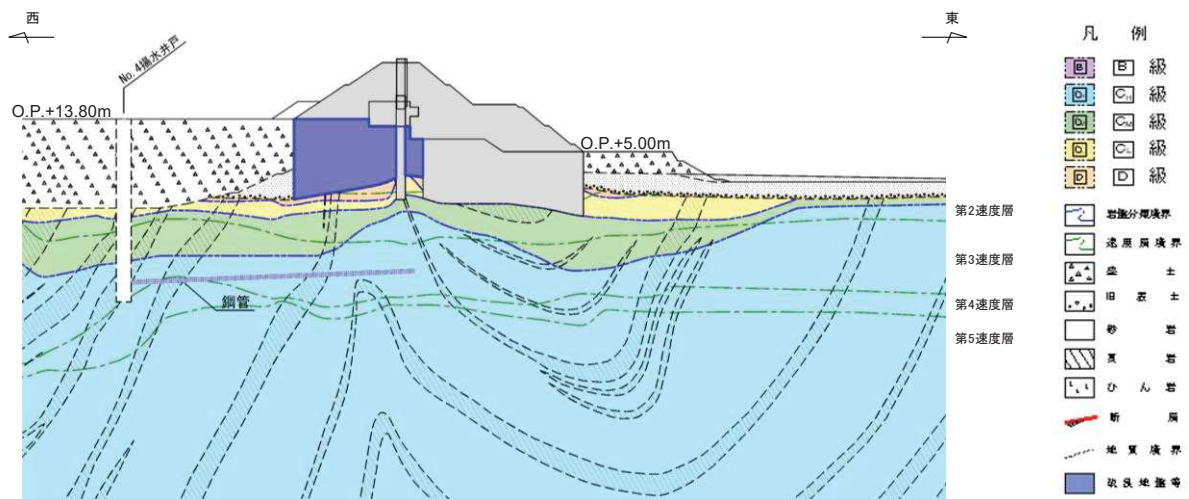
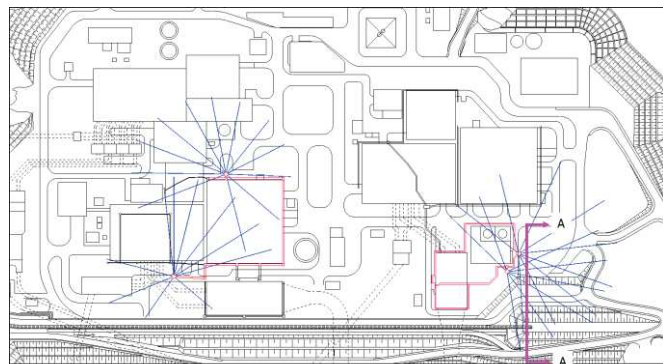


図 3-1-4 系統構成図

(参考)3-1-3



A-A断面図



(断面位置)

図 3-1-5 ドレーン（鋼管）の設置位置と周辺の地盤の状況
 (防潮堤（鋼管式鉛直壁）（一般部④）に追記)

1.2 ドレーン（有孔鋼管，有孔ヒューム管及び接続柵）

有孔鋼管は揚水井戸から建屋周辺下部岩盤内に直線的に配置し，地下水を揚水井戸に集水する構造とする。有孔鋼管は2号機原子炉建屋東側及び3号機海水熱交換器建屋東側揚水井戸はO.P. -23.1m～O.P. -26.1mの範囲に設置し，2号機原子炉建屋西側及び3号機海水熱交換器建屋北側揚水井戸においてはO.P. -26.1m～O.P. -29.1mの範囲に設置する。

有孔ヒューム管は建屋等の外周部・直下部の岩盤上に設置し，地下水を揚水井戸に集水する。

また，ドレーンの分岐部や曲がり部の一部に接続柵を設ける構造とする。

（設定根拠）

ドレーンは，施設へ作用する揚圧力が評価対象施設等の安全性確保を踏まえて設定した設計用揚圧力以下を保持できるよう配置する。また，浸透流解析におけるドレーンの境界条件として大気圧開放を与えていることから，十分な排水能力を有するものとする。

なお，浸透流解析における有孔鋼管は建屋底面から12m又は9mの深度に水平に設置した条件とし，実施工においては解析上の深度よりも低い位置に設置する。

新設する有孔鋼管は，表3-1-2及び図3-1-6に示す建屋領域への方向別の地下水流入量を踏まえ，以下の考え方にに基づき配置するものとする。

（2号機原子炉建屋・制御建屋）

- ・ 原子炉建屋北面方向からは3号機エリアのドレーンの効果により流入量が小さくなっているが，残る東面，西面，南面及び底面方向からの流入量が相対的に多い。
- ・ 揚水井戸は原子炉建屋の西側・東側に設置し，各井戸へ有孔鋼管を接続するため，周辺の既設設備の配置やドレーン施工の観点も踏まえて，原子炉建屋西側の井戸にて底面及び西面方向からの流入量を，原子炉建屋東側の井戸にて底面及び南面，東面方向からの流入量低減を考慮した配置とする。
- ・ なお，制御建屋は原子炉建屋より相対的に設置レベルが高いことから，原子炉建屋東側の井戸に接続する有孔鋼管により設計用揚圧力を確保することが可能となる。

（3号機海水熱交換器建屋）

- ・ 建屋北面方向からの地下水流入量が支配的となっている。当該エリアは周辺の既設設備の配置等から2箇所の揚水井戸を近接し配置するため，双方の揚水井戸へ接続する有孔鋼管により建屋北面及び東面方向からの流入量低減を考慮した配置とする。

表 3-1-2 建屋領域への方向別の地下水流入量

流入方向	地下水流入量 (m ³ /日) *1		
	2号機原子炉建屋	2号機制御建屋	3号機海水熱交換器建屋
東面	106.5	-7.7*2	17.8
北面	30.2	-45.8*2	133.4
西面	154.2	18.0	29.7
南面	83.5	26.9	19.7
底面	69.4	9.5	17.7

*1 : 0. P. -26m 付近 (有孔鋼管設置レベル付近。建屋底面より-12m 下) 以浅の地下水移動量

*2 : 設置レベルの低い2号機原子炉建屋側への地下水の移動を示す。

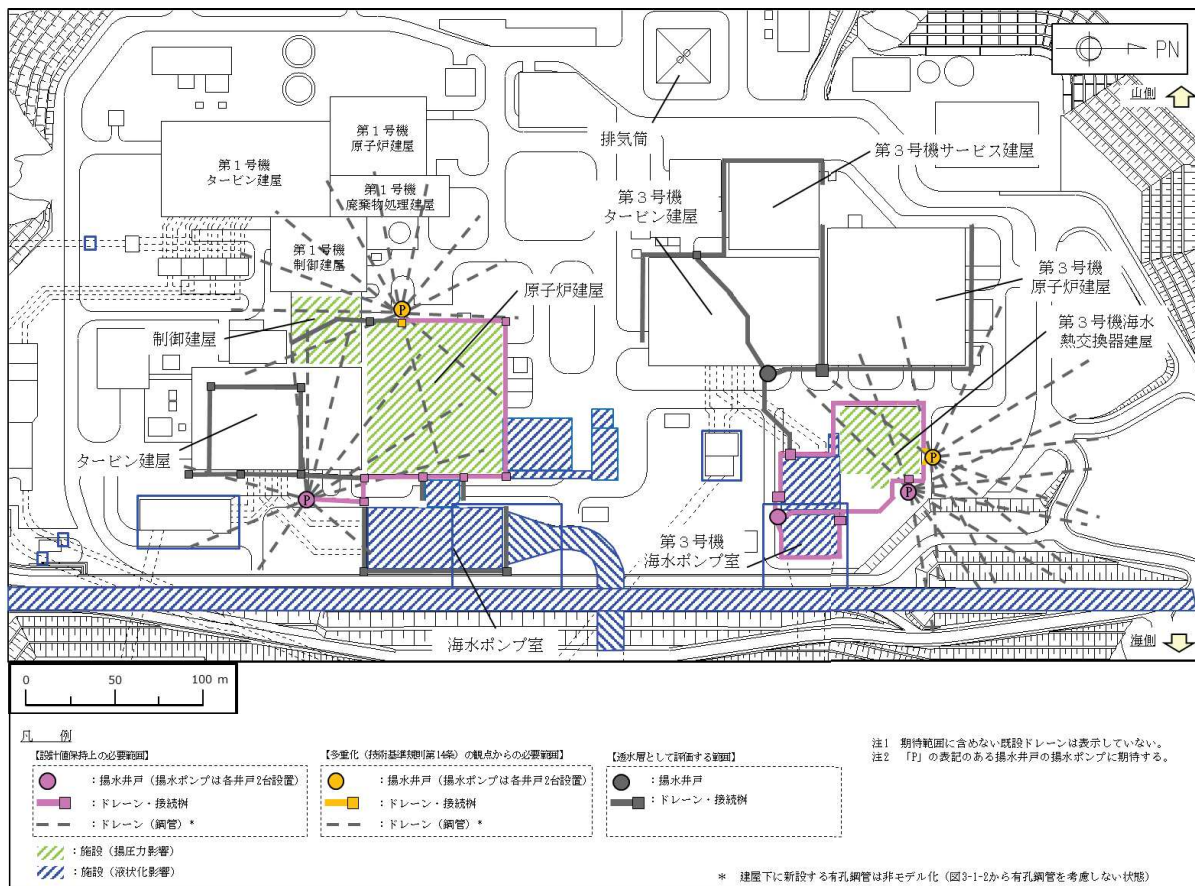


図 3-1-6 建屋領域への方向別の地下水流入量算定における地下水位低下設備の配置

1.3 揚水井戸

揚水井戸は岩盤内に設置される鉄筋コンクリート造の集水ピットと集水ピット部に支持する鋼製の排水シャフトにより構築する。

(設定根拠)

揚水井戸は、技術基準規則第 14 条の要求（多重性）を考慮し、2号機原子炉建屋エリア及び3号機海水熱交換器建屋エリアそれぞれに2箇所（計4箇所）設置する。また、保守管理・運用管理を考慮した内径としてφ4mを設定する。

1.4 揚水ポンプ

揚水ポンプはドレーンにより揚水井戸内に集水された地下水を地上に排水するものである。

揚水ポンプ（容量 375m³/h、揚程 52m、原動機出力 110kW）は各揚水井戸に2台ずつ（計8台）設置する。揚水井戸内の揚水ポンプ配置例を図 3-1-7 に示す。

(設定根拠)

a. 容量・揚程及び原動機出力の設定根拠

揚水ポンプは、ドレーンより各揚水井戸に流入する地下水量を排水可能な能力を有するものとする。

① 2号機原子炉建屋揚水井戸東側及び西側

既設も含めた全てのドレーンからの最大流入量 : 8078m³/日^{*1}

② 3号機海水熱交換器建屋揚水井戸東側及び北側

既設も含めた全てのドレーンからの最大流入量 : 7046m³/日^{*1}

*1 浸透流解析により算定。算定条件や妥当性については、本参考資料の巻末に記載。

上記より、揚水ポンプの容量は2号機原子炉建屋東側及び西側の8078 m³/日、並びに3号機海水熱交換器建屋東側及び北側の7046m³/日を上回る9000m³/日/台以上とする。

公称値については、要求される9000m³/日/台と同じとする。

b. 個数の設定根拠

揚水ポンプの機能喪失に配慮し、各揚水井戸に2台*1の揚水ポンプを設置する。

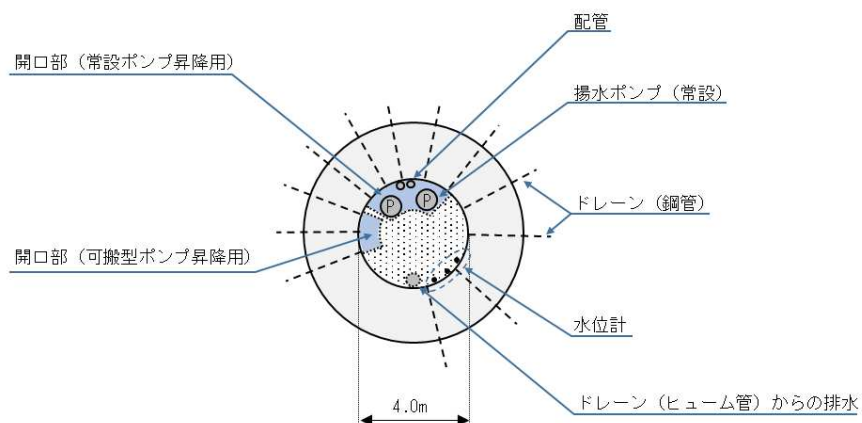
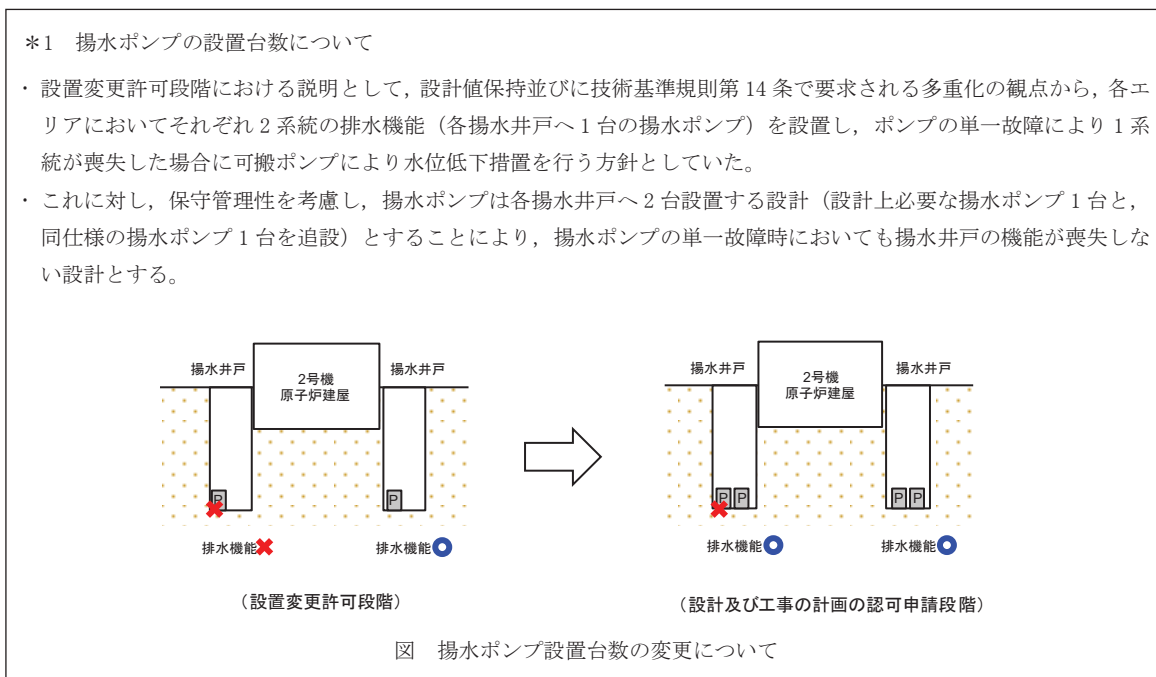


図 3-1-7 揚水井戸内の揚水ポンプ配置例

1.5 水位計

揚水井戸水位計は揚水井戸内の水位を計測し、2号機原子炉建屋東側及び3号機海水熱交換器建屋東側揚水井戸においては水位 0.P. -26.8m にて揚水ポンプが自動起動, 0.P. -28.3m にて自動停止するよう設定し、2号機原子炉建屋西側及び3号機海水熱交換器建屋北側揚水井戸においては水位 0.P. -29.8m にて揚水ポンプが自動起動, 0.P. -31.3m にて自動停止するよう設定する。

水位計は各揚水井戸に3台ずつ設置する。

(参考)3-1-8

(設定根拠)

a. 計測範囲の設定根拠

2号機原子炉建屋東側及び3号機海水熱交換器建屋東側の揚水井戸水位計の計測範囲は揚水ポンプ自動起動設定値(O.P. -26.8m)を包絡するO.P. -26.1mを計測範囲の上限として設定する。また、揚水ポンプ自動停止設定値(O.P. -28.3m)を包絡するO.P. -28.8mを計測範囲の下限として設定する。

2号機原子炉建屋西側及び3号機海水熱交換器建屋北側の揚水井戸水位計の計測範囲は揚水ポンプ自動起動設定値(O.P. -29.8m)を包絡するO.P. -29.1mを計測範囲の上限として設定する。また、揚水ポンプ自動停止設定値(O.P. -31.3m)を包絡するO.P. -31.8mを計測範囲の下限として設定する。計測範囲の概念図を図3-1-8に示す。

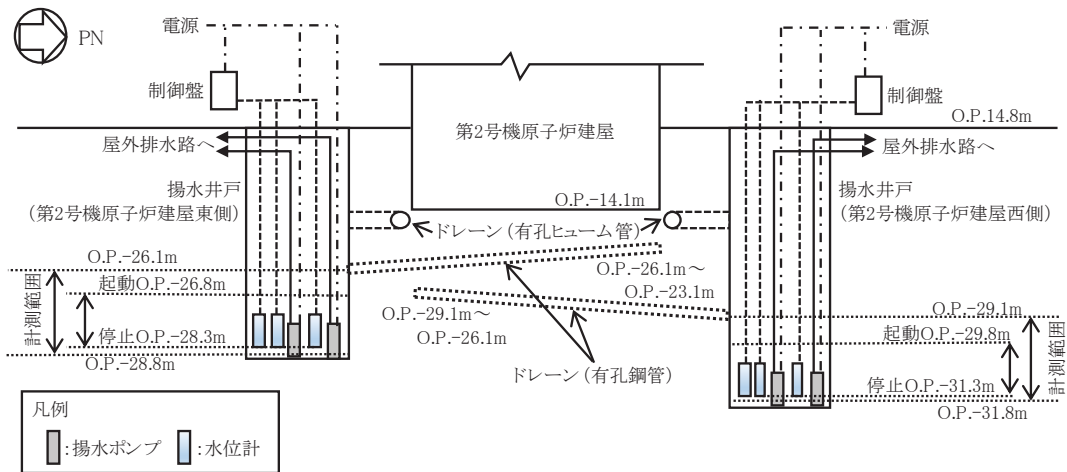


図 3-1-8 揚水井戸水位計の計測範囲

b. 個数の設定根拠

揚水井戸水位計は揚水井戸内へ継続的に流入する地下水を排水し地下水位を一定レベル以深に維持することで地下水位低下設備の水位保持機能の健全性を確保するため、多重性を考慮し、2号機原子炉建屋東側揚水井戸、2号機原子炉建屋西側揚水井戸、3号機海水熱交換器建屋東側揚水井戸及び3号機海水熱交換器建屋北側揚水井戸へ各々3個(合計12個)設置する。

(補足) 排水能力の設定において参照する地下水流入量について

1. 概要

揚水ポンプの排水能力の設定において参照する地下水流入量について確認する。また、地下水位低下設備（ドレーン、揚水ポンプ・配管）の排水能力の充分性を以って、浸透流解析におけるドレーンの境界条件（大気圧開放）の妥当性を確認する。

2. 地下水流入量の算定

地下水流入量は水位評価用モデルを用いた浸透流解析により算出するが、流入量の保守性を確保するために、以下のとおり解析条件を変更する。

- ・ 地盤の透水係数は、地盤の透水性を大きめに評価するために、参考資料 2-4 に示す排水能力設定用（透水試験結果の平均値+1 σ に相当する設定）の値を用いる。
- ・ ドレーンは有効範囲を限定せず、設置範囲全てが集水に寄与するものとする。図 3-1-9 に地下水流入量の算定において考慮するドレーン範囲を示す。

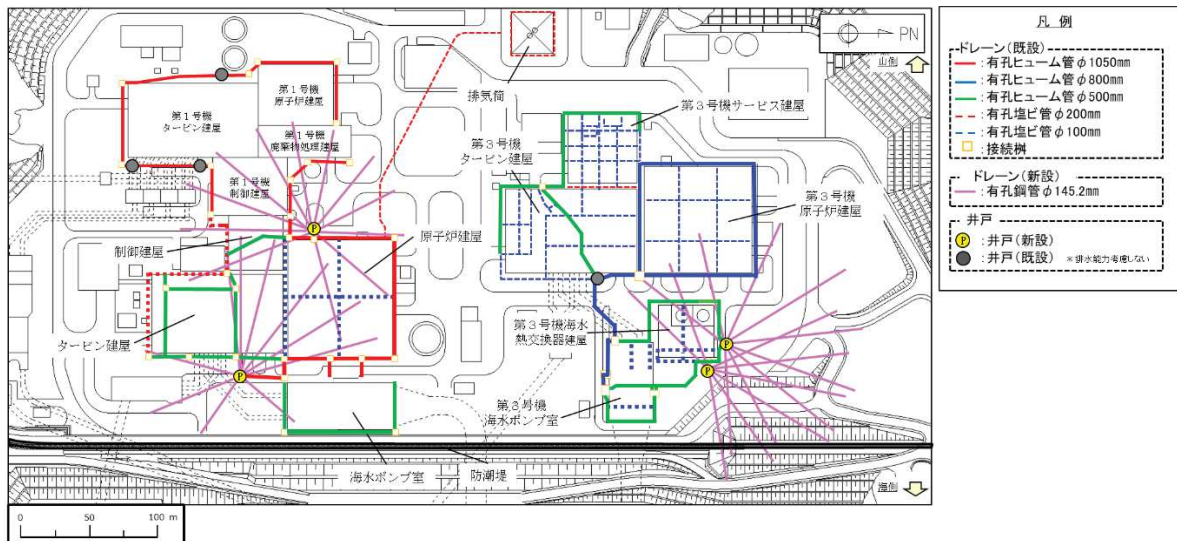


図 3-1-9 地下水流入量の算定において考慮するドレーン範囲

地下水流入量算定結果を表 3-1-3 に示す。なお、地下水流入量の算定は、上記条件に対応する基本ケース（ケース 1）の他に、ドレーンや防潮堤沈下対策の状態、透水係数の設定に応じた複数ケース（ケース 2～ケース 4）を行った。ここでは図 3-1-10 に示す集水エリアの区分毎に地下水流入量を算出しており、各区分は建屋外周の既設有孔ヒューム管（2 号機系統：エリア①，3 号機系統：エリア③）と建屋下に新設する有孔鋼管（2 号機系統：エリア②，3 号機系統：エリア④）に対応している。

また、既設の揚水ポンプ稼働実績を表 3-1-4 に示す。

解析の結果、ケース 1 及びケース 2 とともに既往の揚水ポンプ稼働実績よりも大きな地下水流入量が算定された。また、ケース 3 の地下水流入量はケース 2 より少なくなっており、透水係数を+1 σ に設定して評価することの保守性を確認した。なお、ケース 3・4 の流入量の比較が

ら、防潮堤沈下対策により地下水流入量が1/4程度低減されると考えられる。

なお、ケース1においては、1・2号機系統と3号機系統で建屋外周と建屋下の排水量の傾向が異なっており、1・2号機系統においては建屋外周（エリア①）、3号機系統においては建屋下（エリア④）が支配的となっている。この相違の主な要因としては、3号機側のドレーン（有孔鋼管）が2号機側に比べて山側（地下水の流れ方向に対し上流側）に配置されているためと考えられる。

以上を踏まえ、排水能力の保守性を確保するため、揚水ポンプ及びドレーンのうちエリア②・④（建屋下に新設する有孔鋼管）においてはケース1の地下水流入量を、エリア①・③（建屋外周の既設有孔ヒューム管）においてはケース2の地下水流入量を排水能力の評価に用いる。

表 3-1-3 浸透流解析による地下水流入量

系統	状態	地下水流入量 (m ³ /日)				備考
		ケース 1 (基本)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	
	有孔鋼管	考慮	非考慮			
	透水係数	排水能力設定用 (平均値+1σ)		地下水位設定用 (建設時工認段階)		
防潮堤 沈下対策	考慮			非考慮		
1・2号機 系統	エリア①	6083	6633	1118	1368	建屋外周
	エリア②	1995	—	—	—	建屋下
	計	8078	6633	1118	1368	
3号機 系統	エリア③	1683	5449	338	579	建屋外周
	エリア④	5363	—	—	—	建屋下
	計	7046	5449	338	579	
合計		15124	12082	1456	1947	

(解析ケース概要)

ケース 1：基本ケース (図 3-1-4 に対応)

ケース 2：ケース 1 に対し、建屋下に新設する有孔鋼管を非考慮としたケース

ケース 3：ケース 2 に対し、透水係数を地下水位設定用 (建設工認段階) に変更したケース

ケース 4：ケース 3 に対し、防潮堤沈下対策を非考慮

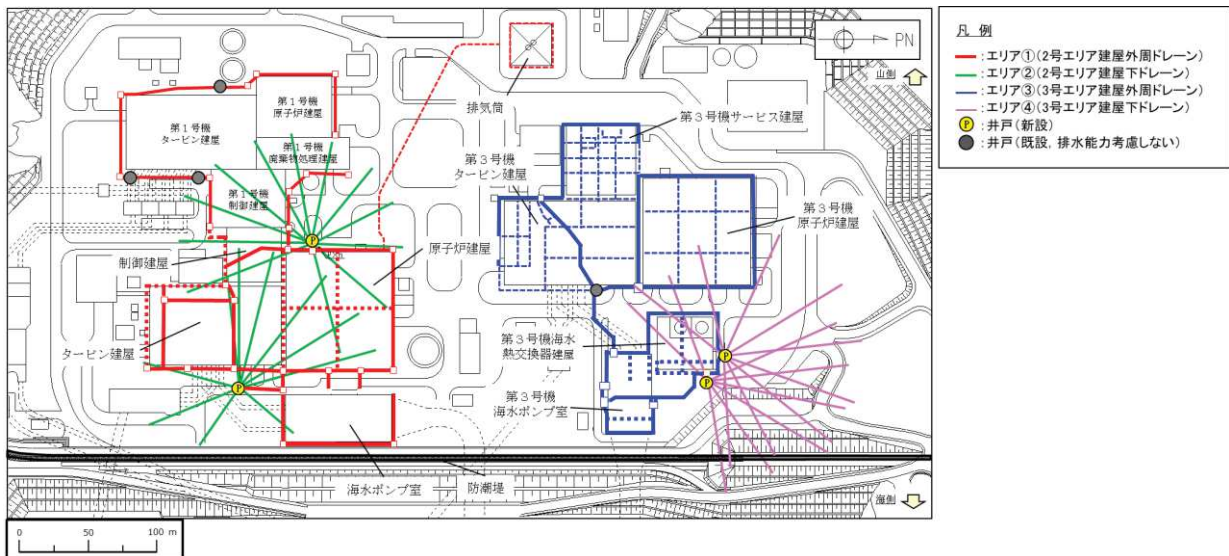


図 3-1-10 地下水流入量算出における集水エリア区分

表 3-1-4 既往の揚水ポンプ稼働実績（平成 27 年度～平成 30 年度）

系統	揚水ポンプ最大排水量 (m ³ /日)				備考
	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	
1・2 号機 系統	5042 (961)	4076 (918)	6228 (1050)	2927 (1025)	
3 号機系統	2377 (756)	2025 (647)	2711 (561)	1089 (424)	
合計	7239 (1661)	5961 (1564)	8522 (1610)	3574 (1449)	

注：数値は期間最大値，（ ）内の数値は平均値を示す。

3. 地下水位低下設備の排水可能量

3.1 揚水ポンプ

各井戸に設置する揚水ポンプの諸元を表 3-1-5 に示す。揚水ポンプの排水可能量は、前述のとおり定格吐出量 9000m³/日 (0.104m³/s) とする。

表 3-1-5 揚水ポンプ諸元一覧

系統	井戸	吐出量 (m ³ /日)	全揚程 (m)	井戸深さ (m)	備考
1・2号機 系統	R/B 西側	9000	52	47.2	1 台当たり (全 2 台)
	R/B 東側	9000	52	44.2	同上
	小計	18000	—	—	
3号機系統	3号機 Hx/B 北側	9000	52	47.2	同上
	3号機 Hx/B 東側	9000	52	44.2	同上
	小計	18000	—	—	
合計		36000	—	—	

3.2 ドレーン

ドレーンにおける排水可能量は、自由水面を有する管路流れの評価として、以下のマニング式により算定する。ドレーンの断面諸元及び排水可能量を表 3-1-6 に示す。

$$Q = V \cdot A$$

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ここに、

Q : 排水可能量 (m³/s)

V : 平均流速 (m/s)

A : ドレーン流水断面積 (m²)

n : マニングの粗度係数

R : 径深 = A/S (m) (S : 潤辺 (m))

I : 勾配

表 3-1-6 ドレーンの断面諸元及び排水可能量

集水 エリア	仕様	断面積*1 [m ²]	径深*1 [m]	粗度 係数*2	勾配 [%]	流速 [m/s]	流量（排水可能量）	
							[m ³ /s]	[m ³ /日]
1・2号機 エリア	ヒューム管 φ 1050mm	0.697	0.317	0.013	0.1 以上	1.130	0.787	67996
	鋼管 φ 145.2mm	0.014	0.044	0.012	1 以上	1.039	0.014	1209
3号機 エリア	ヒューム管 φ 800mm	0.404	0.241	0.013	0.1 以上	0.943	0.381	32918
	ヒューム管 φ 500mm	0.158	0.151	0.013	0.1 以上	0.689	0.109	9418
	鋼管 φ 145.2mm	0.014	0.044	0.012	1 以上	1.039	0.014	1209

*1 有効水深を 3/4 水深 (H=0.75D) として計算

*2 「火力原子力発電所土木構造物の設計－増補改訂版－（（社）電力土木技術協会編）」を参照し、ヒューム管はコンクリート管：0.013、鋼管はライニングした水路（鋼、塗装なし、平滑）：0.012 に基づき設定

4. 地下水位低下設備の排水能力の評価結果

地下水位低下設備の排水可能量は、想定される地下水流入量を上回っていることから、浸透流解析におけるドレーンの境界条件として大気圧開放を与えるための前提である、自由水面を持つ流れの状態を保持できることを確認した。

地下水流入量と排水可能量の比較結果を表 3-1-7 に示す。

表 3-1-7 地下水流入量と排水可能量の比較結果

集水 エリア	項目	流入量 Q ₁ (m ³ /日)	排水可能量 Q ₂ (m ³ /日)	安全率 Q ₂ /Q ₁	備考
1・2号機 エリア	揚水ポンプ	8078	9000 * ¹ (18000)	1.11 * ¹ (2.22)	ケース 1 (エリア①+②)
	ドレーン (φ1050mm)	6633	67996	10.25	ケース 2 (エリア①)
	ドレーン (φ145.2mm)	182 * ²	1209	6.64	ケース 1 (エリア①)
3号機 エリア	揚水ポンプ	7046	9000 * ¹ (18000)	1.27 * ¹ (2.54)	ケース 1 (エリア③+④)
	ドレーン (φ800mm)	5449	32918	6.04	ケース 2 (エリア③)
	ドレーン (φ500mm)		9418	1.73	ケース 2 (エリア③)
	ドレーン (φ145.2mm)	632 * ³	1209	1.91	ケース 1 (エリア④)
合計	揚水ポンプ	15124	18000 * ¹ (36000)	1.19 (2.38)	ケース 1 (エリア①+②+③ +④)

*1：各エリアに設置した揚水ポンプ4台（2台/井戸×2箇所）のうち1台のみ稼働時（3台待機）の値。

（ ）内は各井戸1台ずつ稼働時（各井戸1台稼働，1台待機）の値。

*2：2号機原子炉建屋下ドレーン（全22本）の1本当たりの平均流入量（1995m³/日÷22本≒91 m³/日・本）に，ドレーン単位での流入量のばらつきを考慮して，2倍とする。

*3：3号機海水熱交換器建屋下ドレーン（全17本）の1本当たりの平均流入量（5363m³/日÷17本≒316 m³/日・本）に，ドレーン単位での流入量のばらつきを考慮して，2倍とする。

(参考資料 3-2) 地下水位低下設備の施工について

1. はじめに

本資料では新設ドレーン・揚水井戸の施工手順及び試験施工結果について整理し、施工成立性を有することを示す。

2. ドレーン（鋼管）及び揚水井戸の施工方法

2.1 施工手順について

新設するドレーン（鋼管）の施工は、揚水井戸位置の盛土及び岩盤を所定の深度まで掘下げた後、立坑内に設置した仮設構台上に設置した水平ボーリングマシンによりドレーン延長相当を掘進し、ケーシングを兼ねた鋼管を設置することにより進める。

ドレーン（鋼管）の施工完了後、集水ピット、集水ピットと排水シャフトの接合部、排水シャフトの順で下部から上部に向けて揚水井戸を構築し、構築に合わせて周囲をセメント改良土で埋め戻す。

なお、新設する揚水井戸の位置は、既設ドレーンとの接続や周辺の既設設備との干渉等を考慮し設定しており、内空寸法及び井戸深度は、揚水ポンプ及び可搬型ポンプの揚程や、運用管理・施設管理面を考慮して設定している。

ドレーン（鋼管）及び揚水井戸の施工手順について図 3-2-1 に示す。

	①掘削（揚水井戸位置）	②鋼管設置	③掘削（接続樹新設位置）
概要	<ul style="list-style-type: none"> No.1揚水井戸位置を所定の深度まで掘削する。（ライナープレートφ8.5m） 	<ul style="list-style-type: none"> No.1揚水井戸位置の掘削完了後、水平ボーリングマシンにより鋼管設置位置の削孔を行い、鋼管を設置する。 	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ室西側の接続樹新設位置を所定の深度まで掘削する。
平面図			
断面図			

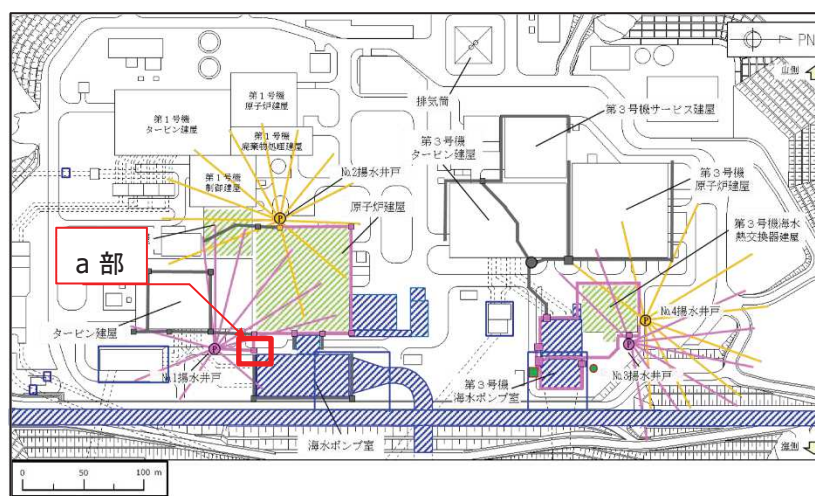
	④ヒューム管設置（盛土内）	⑤集水ビット構築・ヒューム管設置（岩盤内）	⑥排水シャフト構築，埋戻し
概要	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋近傍の接続樹（既設）～作業用立坑間にヒューム管を設置（盛土内，推進工法） 	<ul style="list-style-type: none"> No.1揚水井戸立坑内に集水ビットを構築 接続樹（新設）～No.1揚水井戸間にヒューム管を設置（岩盤内，推進工法） 	<ul style="list-style-type: none"> 新設ヒューム管の会合部に接続樹を新設 集水ビット及び排水シャフトを構築しながら埋戻し（岩盤上面以深はセメント改良土による）
平面図			
断面図			

図 3-2-1 ドレーン（鋼管）及び揚水井戸の施工手順（No.1 揚水井戸の例）

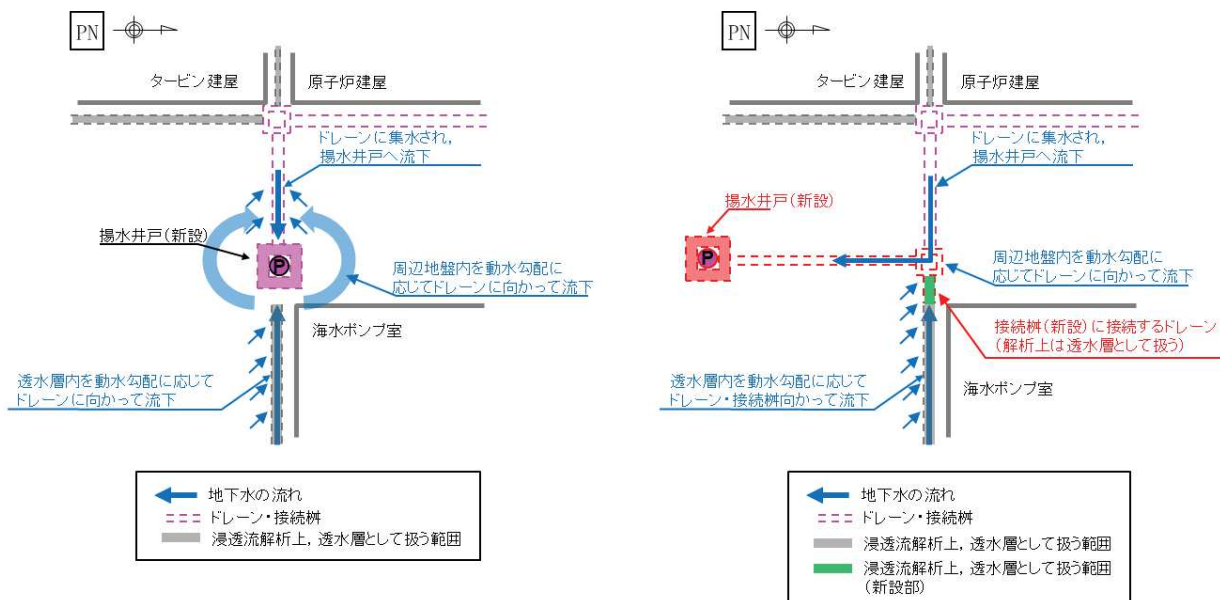
2.2 設置変更許可段階からの変更点について

海水ポンプ室周辺のドレーン（ヒューム管，φ500mm）については，設計用地下水位の設定において地盤（透水層）として扱っており，設置変更許可段階では，ドレーン端部からの排水は図 3-2-2 のとおり周辺地盤内を流下し，揚水井戸に集水されることで行われるという経路を想定していた。

詳細検討の結果，当初，揚水井戸を新設する予定としていた地点に接続枿を設置する方針に変更したことから，集水を確実にを行うため，ドレーン端部と新設する接続枿を接続する設計とした。



KEYPLAN



a部拡大図（設置変更許可段階）

a部拡大図（変更後）

図 3-2-2 海水ポンプ室周辺のドレーンからの地下水の排水経路
（設置変更許可段階の提示例に一部加筆）

3. ドレーン（鋼管）の施工成立性について

3.1 概要

原子炉建屋及び3号機海水熱交換器建屋周辺に設置するドレーン（鋼管）は、 $\phi 142.5\text{mm}$ 、最大延長 100m 程度の有孔鋼管であり、3次元浸透流解析結果に基づき設置範囲を設定している。

当該ドレーンは所要の排水勾配を確保しながら、所要の位置に設置する必要があるが、狹隘な立坑内（ $\phi 8\text{m}$ ）での作業となることも踏まえ、試験施工により施工成立性を確認した。

3.2 試験方法

試験施工実施箇所は、ドレーン（鋼管）設置範囲と岩盤構成が類似する事務本館西側を選定した。この上で、立坑内に相当する $\phi 8\text{m}$ 程度の施工ヤードを設定しドレーン（鋼管）の掘進を行い、作業成立性及び鋼管の設置精度を確認した。

試験施工の目的を表 3-2-1 に示す。また、ドレーン（鋼管）の試験施工実施箇所を図 3-2-3 に示す。

なお、試験施工実施箇所については、ドレーン（鋼管）の設置箇所である原子炉建屋及び第3号機海水熱交換器建屋周辺の岩級区分が概ね同等であることをボーリングデータ等により確認している。

表 3-2-1 ドレーン（鋼管）の試験施工の目的

目的	確認事項	備考
①作業成立性	<ul style="list-style-type: none">・ $\phi 8\text{m}$の作業スペースに掘削機械を設置できること・ 延長 100m程度の連続掘進が可能であること	
②精度	<ul style="list-style-type: none">・ 指定方向に対し、$\pm 1\%$程度の施工誤差で掘進できること（鉛直方向）・ 逆勾配となる区間が生じないこと	排水勾配（1%）

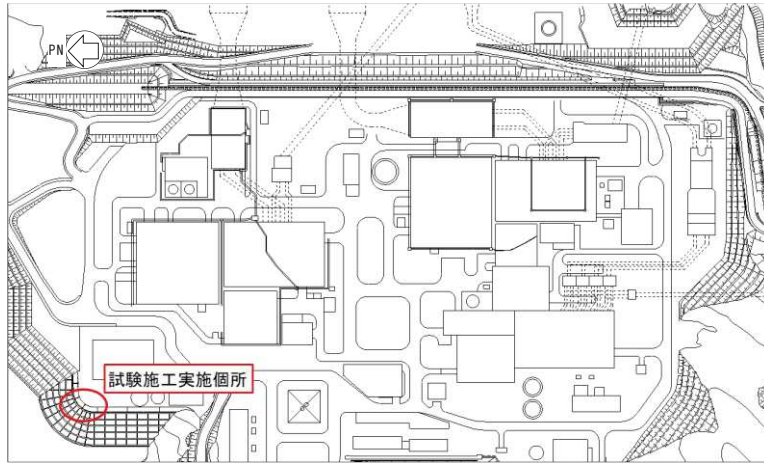


図 3-2-3 ドレーン（鋼管）試験施工位置

3.3 試験結果

①作業成立性

立坑内に相当するφ8m程度の施工ヤードに掘削機械を設置し、所定の距離の掘進及び鋼管挿入・設置が可能であることを確認した。なお、鋼管は最長100mであるが、試験施工においては120m（水平距離）まで掘進が可能であることを確認した。試験施工の状況を図3-2-4に示す。

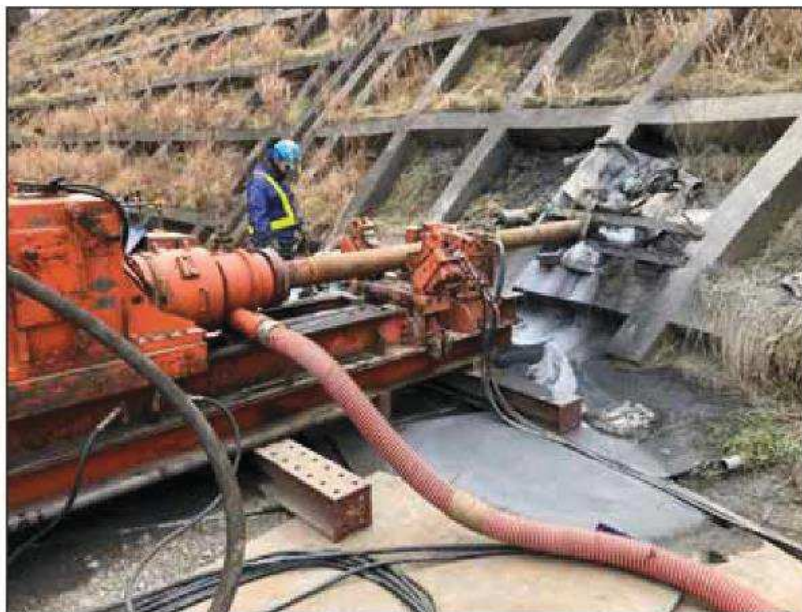


図 3-2-4 (1) ドレーン（鋼管）試験施工状況

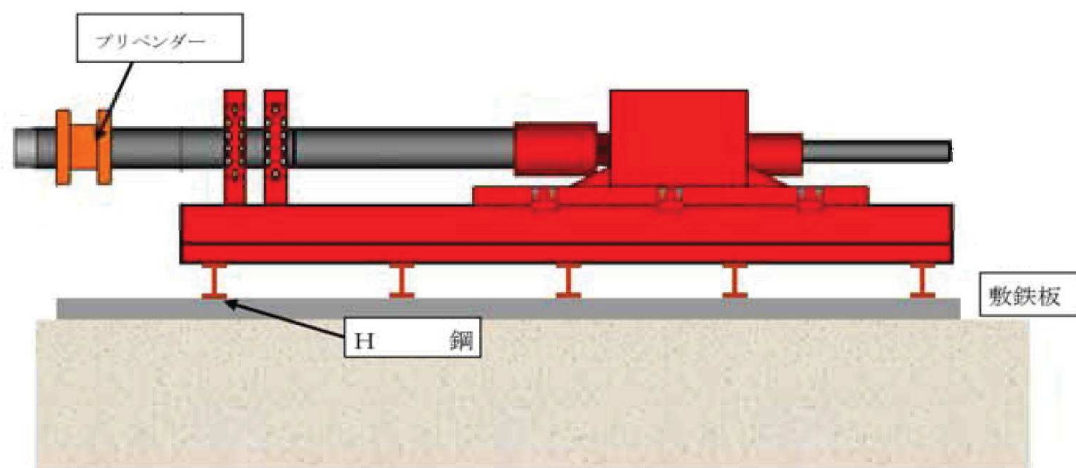


図 3-2-4 (2) ドレーン（鋼管）試験施工状況

② 精度

掘進始点からの水平距離と変位（上下方向）の関係を表 3-2-2 及び図 3-2-5 に示す。

表 3-2-2 及び図 3-2-5 に示すとおり，所定の延長（L=120m）まで掘進した段階で，目標点からの施工誤差は 25mm であり，排水勾配が確保できていること，また目標誤差（±1%）の範囲内での施工が可能であることを確認した。

表 3-2-2 鋼管の試験施工における鉛直方向の誤差

水平距離 (m)	鉛直変位 (mm)		誤差 (mm) (A)-(B)
	計画位置 (A)	試験施工 (B)	
10	100	136	36
60	600	702	102
120	1200	1225	25

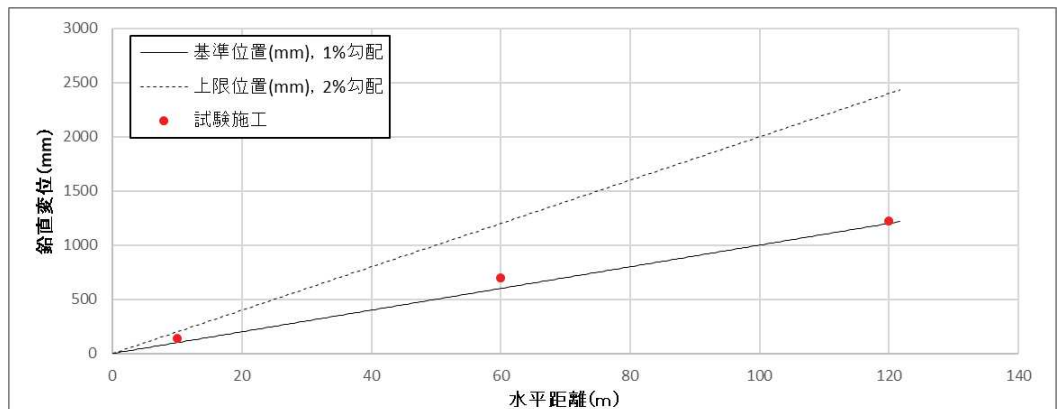


図 3-2-5 ドレーン（鋼管）設置位置の目標値と計測結果の比較

1. はじめに

地下水位低下設備を考慮した浸透流解析を実施する上でドレーンの有効範囲を設定するが保守管理性を有することを要件の一つとしている。

本資料では、保守管理性の確保方法と確認結果等について示す。

2. ドレーンの保守管理について

2.1 ドレーンの機能喪失要因と対応方法

集水機能を担うドレーン・接続桝は、閉塞による機能喪失リスクを考慮する必要がある。設置状況や保守管理性を踏まえ、機能を喪失する可能性のある事象を網羅的に挙げ、それらに対する対応の考え方を整理した。ドレーンの機能喪失要因と対応の考え方を表 3-3-1 に示す。

ここに示すとおり、土砂流入をはじめとして、機能喪失への影響が想定される全ての事象は、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。

なお、ドレーンは技術基準規則第 14 条の要求事項への配慮の観点から、部分閉塞を想定した設計を行っているが、ドレーンは耐久性・耐震性を確保したものを使用すること、有孔部から流入する土砂は非常に緩速に堆積すること、今後予防保全対象として定期的な点検・土砂排除を行うことから、管の閉塞に至るリスクはなく、有孔部からの流入土砂に起因するドレーン機能の喪失は保守的な想定である。

表 3-3-1 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・保守管理における事象への対応	設計上の考慮	機能喪失の想定
経年劣化や地震によりドレーンが損壊し、断面形状を保持できなくなる。	<ul style="list-style-type: none"> 耐久性のある材料を使用するとともに、耐震性（S s 機能維持）を確保する設計とする。 	要	不要
ドレーンの有効範囲以外等からの雨水流入、その他想定以上の雨水流入によりドレーンの集水能力が不足する。	<ul style="list-style-type: none"> 湧水量の算定においては、設置される全てのドレーンからの流入を考慮する。また、湧水量を大きく算定するように透水係数を設定し、得られた湧水量を包絡するスペックの揚水ポンプ能力を設定する。 	要	不要
土砂流入により閉塞又は通水断面が減少し、集・排水機能を喪失する。	<ul style="list-style-type: none"> 既設ヒューム管内部のカメラ調査結果から、ドレーンの設備供用開始後の堆積土砂は僅かである。（有孔部（ヒューム管φ25mm、鋼管φ7mm）から管内への土砂流入は微量であり、有孔部に対し管径が十分大きく、土砂堆積による通水断面の減少は非常に緩慢*1*2に進行する。） ドレーンは設計湧水量に対し十分な排水能力が確保されている。新設ドレーンは設計湧水量に対して十分な排水能力を確保されるよう設計する。 予防保全として、定期的な点検、土砂排除を実施する。 	要	要
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。	<ul style="list-style-type: none"> 施工方法や規制等によりドレーン流入を防止する。 施工後のドレーン状況の確認を行う。 	要	不要
バクテリア影響によりドレーンに目詰まりが生じ、集水機能を喪失する。	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機、第3号機の既設ヒューム管はそれぞれ設置から約25年、18年経過しているが、内部カメラ調査結果から、同影響による目詰まり等は確認されていない。 バクテリアが大量に増殖するためには豊富な有機物が常に供給される必要があるが、本設備は地下の湧水を集水している設備であり、定常的に有機物が少ない環境下であることからバクテリアが大量に増殖することは考えにくい*3。 また、構内排水は生活排水とは独立した系統を有しており、発電所周辺において大きな環境変化も予定されておらず、今後も有機物の供給の急激な増加はないと考えられる。 予防保全として、定期的な点検を実施する。 	不要	不要
鉄酸化細菌（鉄バクテリア）によりドレーンに目詰まりが生じ、集水機能を喪失する。	<ul style="list-style-type: none"> 地下水は中性であること、また鉄分含有量が少ないことから鉄バクテリアが増殖することは考えにくい*4。 予防保全として、定期的な点検を実施する。 	不要	不要

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

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

*3 地下水を排水している北側及び南側排水路から採取した水（2020年1月20日採水）のCOD（化学的酸素要求量：有機汚濁を測る指標）は環境省が定める一律排水基準値160mg/lに対し、北側は4.2mg/l、南側は1.5mg/lと非常に小さい値であった。

*4 地下水を排水している北側及び南側排水路から採取した水（2020年1月20日採水）のpHは7.5～7.9であり、鉄イオンも最大で0.07mg/L（環境基準値；0.3mg/L以下）であった。
 なお、鉄バクテリアはFe⁺²がFe⁺³へ酸化するエネルギーを用いて増殖する原核生物であり、増殖するにはpH5以下の酸性環境、あるいはそれ以上のpHでは酸素の極めて少ない環境が必要である。

2.2 ドレーンの保守管理性の確保方法

ドレーンの機能喪失事象を踏まえ、保守管理性を有することについては、経路の連続性に関する確認、通水断面の確保の可否により判断する。ドレーンの構造・形状別の部位に応じた保守管理性の確保方法について、表 3-3-2 のとおり整理した。

ここで、表 3-3-2 における「流末部」とは同径の管の最下流部を表す。有孔ヒューム管（φ500mm）は立入りできないが、立入り可能なφ800mm、φ1050mmの有孔ヒューム管と会合している最下流部の接続柵や近傍の保守管理立坑から、最下流部周辺にアクセスでき、目視・カメラ等による確認が可能である。

図 3-3-1 に示す範囲における各部位のアクセス性を表 3-3-2 に示す。また、表 3-3-2 で示した保守管理立坑及びトレーサー投入孔の概要図を図 3-3-2 及び図 3-3-3 に示し、第 3 号機海水ポンプ室周辺の保守管理立坑等を用いた保守管理性の確認方法を図 3-3-4 に示す。

なお、以下に示す理由から、ドレーンは一定の品質が確保され、供用環境も同様と考えられるため、通常時は流末部で外観点検を行うことで異常等の確認が可能であると判断している。

- ・施工方法・仕様の共通性：既設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。新設部も既設と同等の施工方法、施工管理基準のもと施工予定であり、仕様も共通である。
 - ・建設時記録の信頼性：既設ドレーンは同時期に同一施工体制のもと設置されており、施工記録等により設置時の情報を確認できる。新設ドレーンも同様に施工管理記録から情報を確認できる。
 - ・耐久性・耐震性（S s 機能維持）が確保されている。
 - ・安定的な供用環境にある。（岩着構造、外力（土被り）の変動が小さい、地下空間のため紫外線等の劣化要因が少ない、流入する地下水に有害な物質が含まれない等）
 - ・流末部は土被りが最大（上載荷重最大）であり、設計上最も厳しい部位である。
- 以下、各部位の保守管理方法の成立性について整理する。

表 3-3-2 保守管理性の確保方法

部位	設置状況と調査項目*			保守管理性の確保方法	
	立入	カメラ	トレーサー試験＋ 流末部確認	経路の連続性 確認方法	通水断面の 確保方法
鋼管 (φ142.5mm)	×	○	×	・カメラ	・設計 (Ss機能維持) ・維持管理 (定期的な点検・ 土砂排除)
ヒューム管 (φ500mm)	×	△	○	・トレーサー試験 ・流末部の確認 (カメラ・目視)	
ヒューム管 (φ800mm)	○	○	○	・目視(人の立入) ・トレーサー試験 ・流末部の確認 (カメラ・目視)	
ヒューム管 (φ1050mm)					

* : 各部位における調査可否 (○全範囲可, △部分的に可, ×不可)

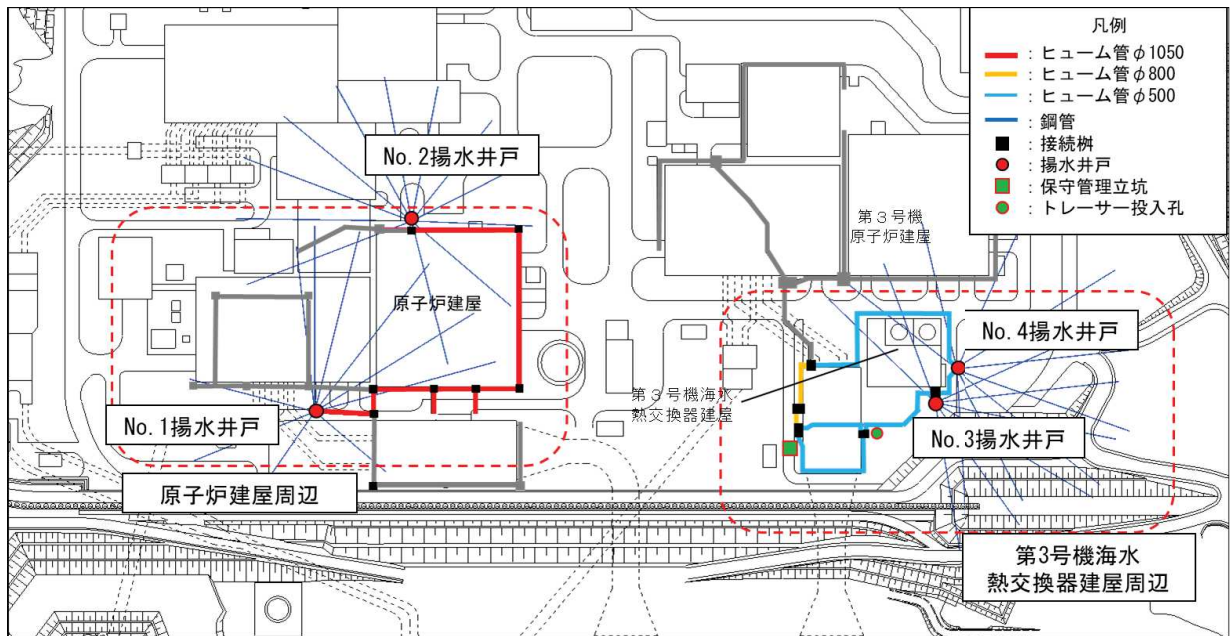


図 3-3-1 保守管理範囲の概要図

表 3-3-3 各部位へのアクセス性

エリア	主な構成部位	アクセス性
原子炉建屋周辺	ヒューム管 (φ 1050 mm)	・ No.1, 2 揚水井戸内にステージを設け接続部から直接, 人がアクセスできる
	鋼管 (φ 142.5 mm)	・ No.1, 2 揚水井戸内の作業ステージからカメラ, 洗浄ホースが挿入できる
第 3 号機海水熱交換器建屋周辺	ヒューム管* ¹ (φ 800 mm, φ 500 mm)	<ul style="list-style-type: none"> ・ No.3, 4 揚水井戸の接続部または下流側の保守管理立坑からカメラが挿入できる ・ No.3, 4 揚水井戸の接続部またはトレーサー投入孔からトレーサーを投入でき, 下流側の保守管理立坑から試料回収できる。 ・ No.3, 4 揚水井戸の接続部のトレーサー投入孔から洗浄用ホースが挿入できる。
	鋼管 (φ 142.5 mm)	・ No.3, 4 揚水井戸内の作業ステージからカメラ, 洗浄ホースが挿入できる

注記* 1 : 土砂の堆積状況により土砂排除が必要と判断した場合は, 上流側の揚水井戸またはトレーサー投入孔より洗浄水を送水し, 下流側の保守管理立坑においてバキューム等で土砂回収を実施する

* 2 : 保守管理立坑及びトレーサー投入孔は直接集・排水機能を担うものではないことから, 設計基準対象施設には該当しないが, ドレーンの有効範囲維持に必要であることを踏まえ, ドレーンと同様に基準地震動 S_s に対する機能維持を図る。

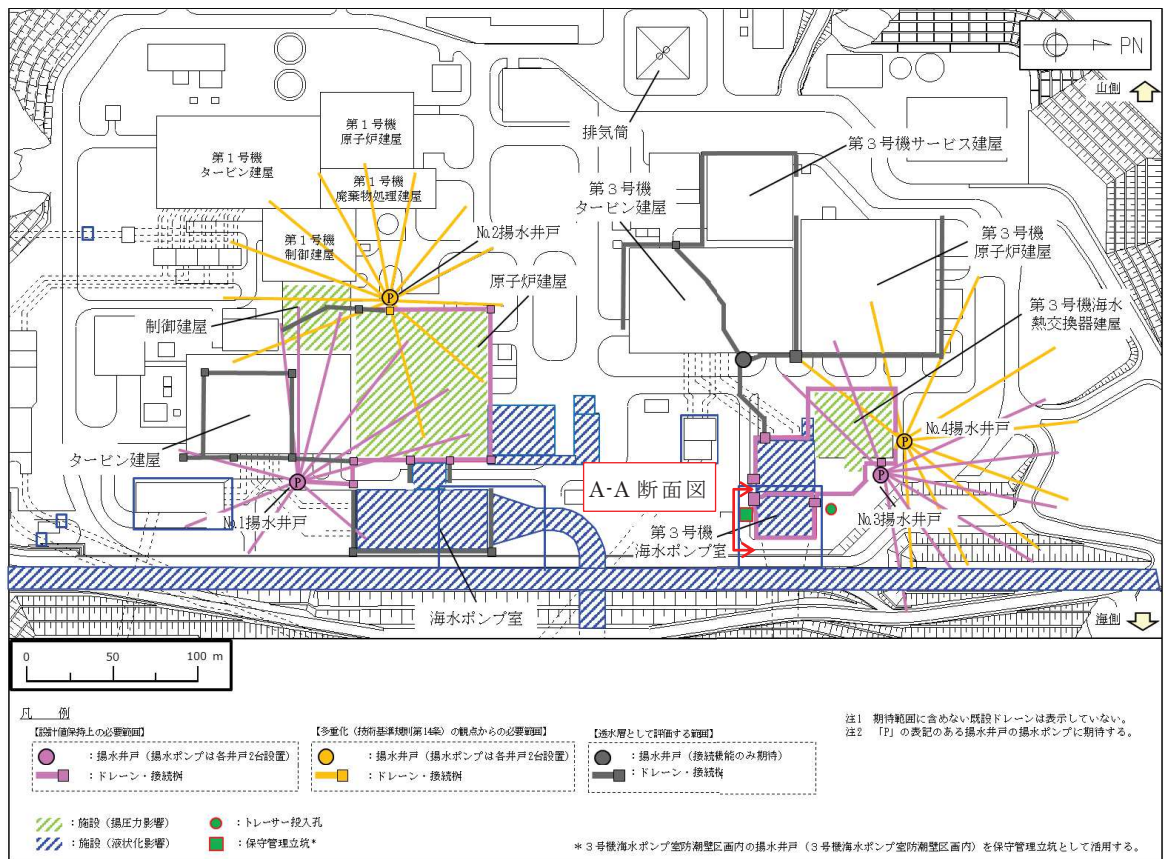


図 3-3-2(1) 保守管理立坑の概要図 (断面位置図)

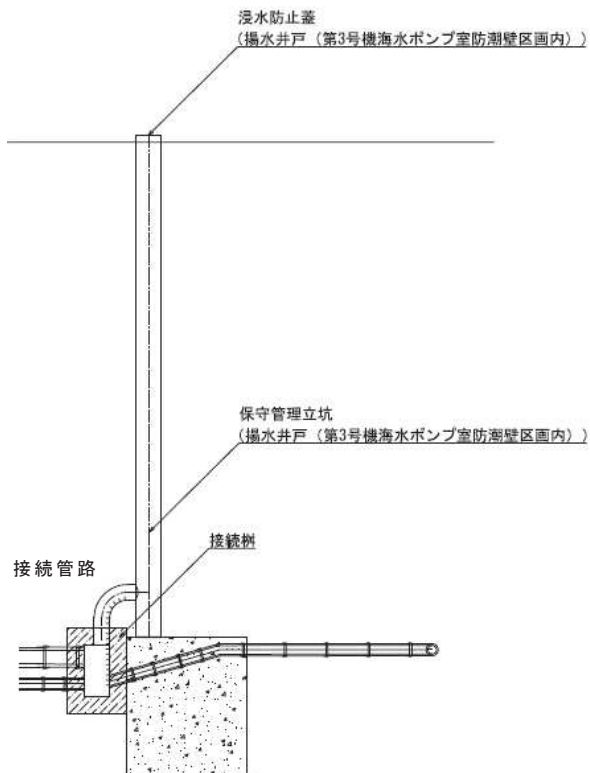
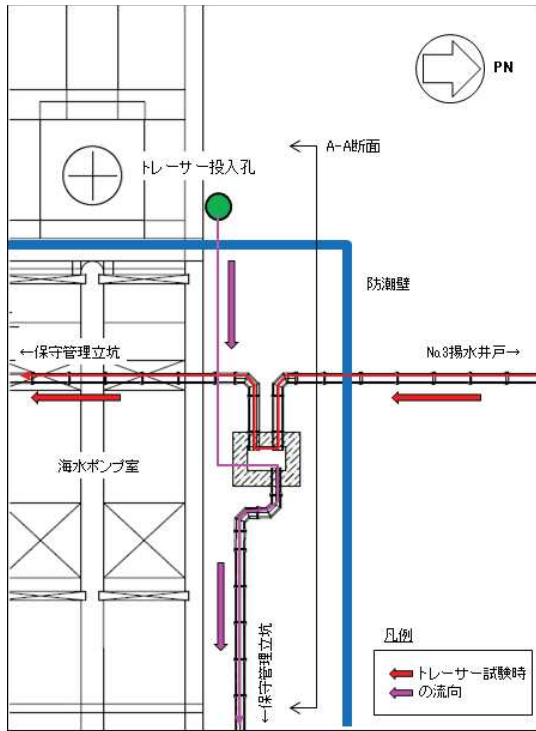
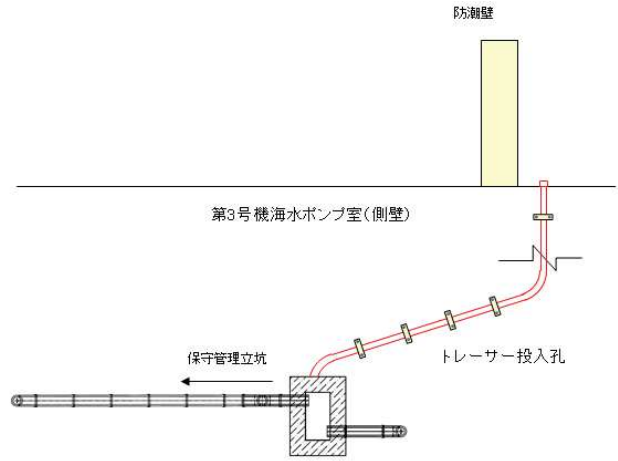


図 3-3-2(2) 保守管理立坑の概要図 (A-A 断面図)
(参考) 3-3-6

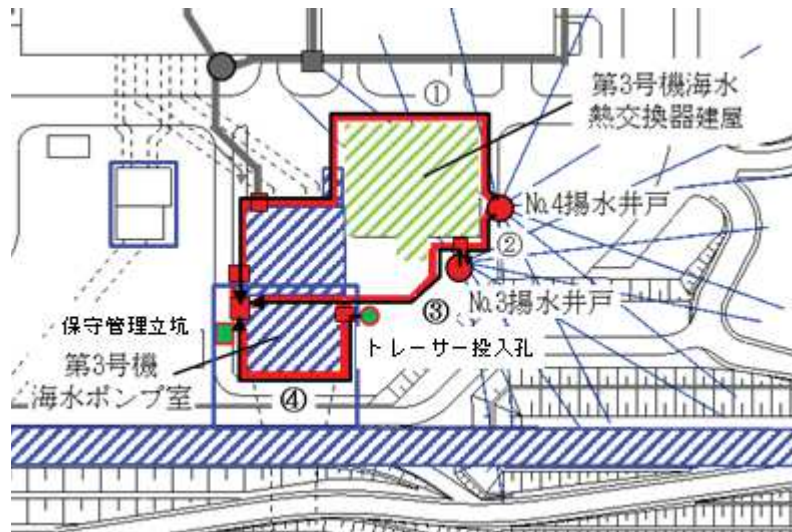


(a) 平面概要図



(b) A-A 断面図

図 3-3-3 トレーサー投入孔の概要



No.	トレーサー投入箇所	トレーサー回収及び 流末部目視調査箇所
①	No.4 揚水井戸	保守管理立坑
②	No.4 揚水井戸	No.3 揚水井戸
③	No.3 揚水井戸	保守管理立坑
④	トレーサー投入孔	保守管理立坑

図 3-3-4 第 3 号機海水ポンプ室エリア周辺の保守管理方法

2.3 保守管理の成立性確認（鋼管）

鋼管は表 3-3-3 に示すとおり，カメラ調査により経路の連続性の有無を確認する。また，基準地震動 S_s に対する耐震性を確保するとともに，定期的な点検・土砂排除により機能維持を図る。

以下，鋼管を対象としたカメラ調査と，土砂堆積を想定した洗浄試験の状況を示す。

2.3.1 カメラ調査（鋼管）

(1) 概要

カメラ調査は揚水井戸内の各鋼管付近に設けた作業ステージで行う。

ここでは，鋼管の保守管理を想定し，新設するドレーンの試験施工により設置した模擬管路を対象に，カメラ調査の適用性を確認した。

(2) 調査方法

図 3-3-5 に示す自走式 TV カメラによる。これらの調査資機材はケーブルドラム及びカメラモニタを搭載した TV カメラ搭載車と自走式 TV カメラにより構成される。自走式 TV カメラは小型であり揚水井戸内への携行が可能である。



図 3-3-5 自走式 TV カメラの外観イメージ

(1) 調査結果

カメラ調査（鋼管）の実施状況を図 3-3-6 に示す。

カメラ挿入位置から管全長（内径 $\phi 100$ mm， $L=120$ m， $I=1.0\%$ ）を自走可能であることを確認した。撮影動画は乱れもなく鮮明であったことから，自走式 TV カメラ調査の適用性が確認された。試験完了後，自走式 TV カメラを回収した。

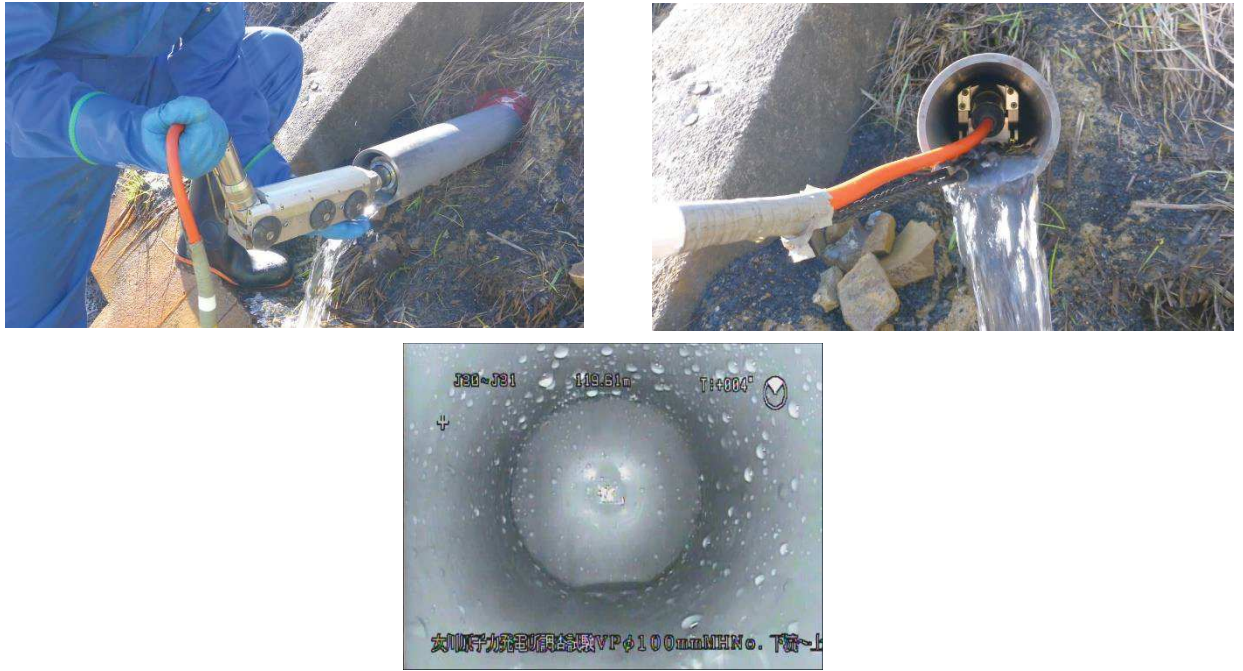


図 3-3-6 カメラ調査（鋼管）の実施状況

2.4.2 洗浄試験（鋼管）

(1) 概要

新設する鋼管の保守管理を想定し、新設するドレーンの試験施工により設置した模擬管路を対象に、洗浄工の適用性を確認した。

洗浄工はカメラ調査と同様、揚水井戸内の各鋼管付近に設けた作業ステージで行う。

(2) 試験方法

洗浄工は高圧洗浄車により管内の堆積物や管壁の付着物の除去を実施するものである。洗浄機械は井戸内への持ち込みが可能な小径のφ30mm（外径）の高圧ノズルを用いた。

(3) 試験結果

洗浄工の実施状況を図 3-3-7 に示す。

延長 120m、勾配 1%の模擬管路に対し、高圧ノズルにて管内への挿入及び洗浄が可能であったことから、適用性が確認された。洗浄完了後、洗浄用治具を回収した。

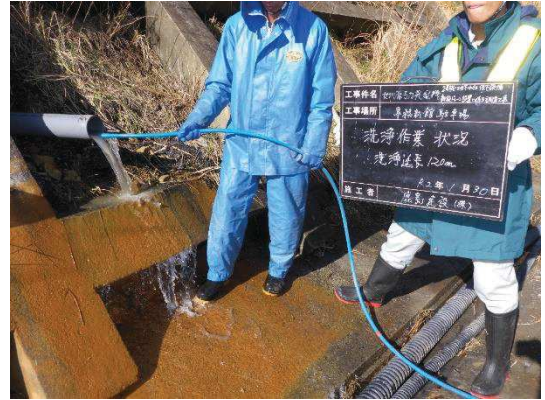


図 3-3-7 洗浄工（鋼管）の実施状況

2.5 保守管理の成立性確認（ヒューム管）

ヒューム管は表 3-3-3 に示すとおり，管内への人の立入，カメラまたはトレーサー調査にて経路の連続性を確認する。また，基準地震動 S_s に対する耐震性を確保するとともに，定期的な点検・土砂排除により機能維持を図る。

ここでは，ヒューム管を対象としたトレーサー調査と，土砂堆積を想定した洗浄試験の状況を示す。

2.5.1 トレーサー試験（ヒューム管）

(1) 概要

トレーサー試験は，経路の上流側にある揚水井戸やトレーサー投入孔からトレーサー材（ヨウ化物イオン・蛍光塗料等）を投入し，下流側で濃度計測もしくは目視確認をすることにより集水経路の連続性を調査する手法である。

以下，トレーサー試験による集水経路の連続性確認が必要な第 3 号機エリアのヒューム管において実施したトレーサー試験結果を整理した。

(2) 試験位置

第 3 号機エリアのヒューム管のうち，トレーサーの流下経路が最も長くなる 3 号機海水熱交換器建屋西側の範囲を試験位置に選定した。

トレーサー試験位置を図 3-3-8 に示す。

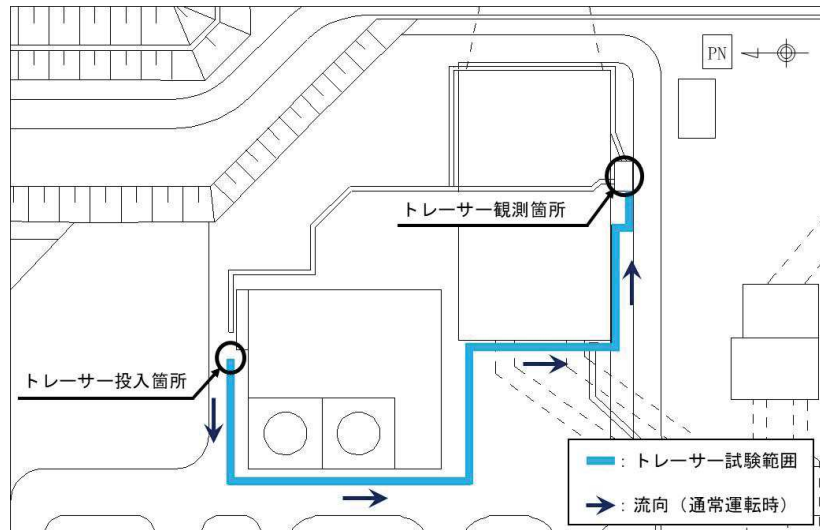


図 3-3-8 トレーサー試験位置

(3) 試験方法

a. トレーサー材の選定

試験実施時には防潮堤の沈下対策（地盤改良等）の実施前であり，試験範囲周辺地下水は海水の影響を受ける可能性が考えられたことから，塩水が試験結果に影響を与えない「ヨウ化物イオン (I⁻)」*及び「蛍光塗料（ローダミン）」をトレーサー材として採用し，試験を実施した。

注記*：トレーサー材は，一般的に水溶性化学物質である塩化ナトリウムを使用し，電気伝導度計にて塩分濃度を測定するが，周辺環境や投入・収集口を直接目視できる場合は，蛍光色素を混合した溶液を使用し，直接視認することも可能である。

b. 観測方法

トレーサー投入箇所よりトレーサー材 600L(20L/min)を投入後，試験範囲下流端にて採水を行い，ヨウ化物イオン及び蛍光塗料の検出状況を確認した。

トレーサー材は，図 3-3-9 に示すようにヒューム管へ直接投入した。

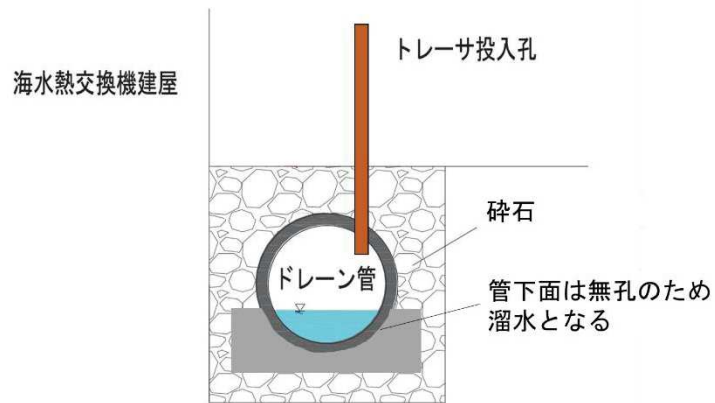


図 3-3-9 トレーサー材の投入方法

(2) 試験結果

トレーサー試験の実施状況を図 3-3-10 に、試験結果を図 3-3-11 に示す。

試験の結果、ヨウ化物イオン及び蛍光塗料ともに検出を確認し、集水経路の連続性を確認した。

また、試験で使用したトレーサー材は 600L であり、揚水井戸及びトレーサー投入孔近傍に持ち込み、流下させることが可能な容量である。



(a) 投入孔設置状況 (塩ビ管挿入)



(b) 採水状況

図 3-3-10 トレーサー試験 実施状況

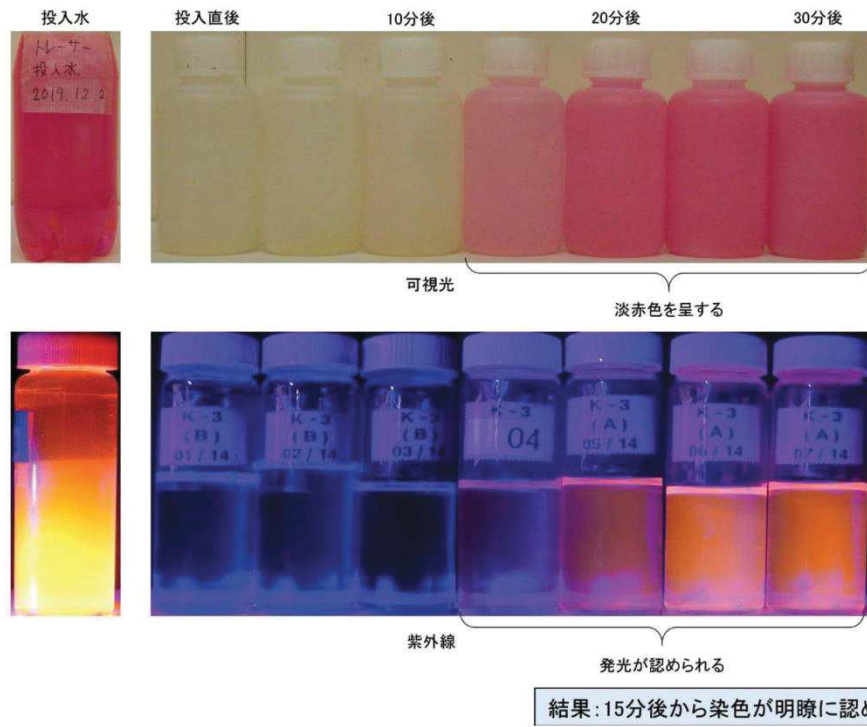
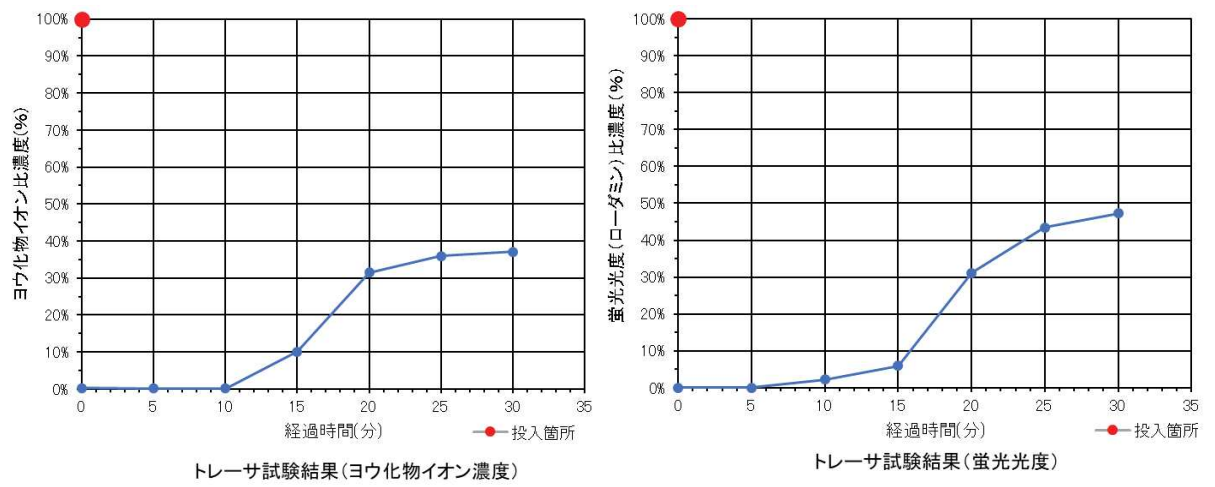


図 3-3-11 トレーサー調査結果

2.5.2 洗浄試験（ヒューム管）

(1) 概要

ヒューム管の保守管理を想定し、直接目視が不可能な①第3号機海水熱交換器建屋山側及び②第3号機海水ポンプ室海側の既設ヒューム管を対象として、高圧洗浄車による洗浄の適用性を確認した。

(2) 洗浄方法

洗浄工は高圧洗浄車により管内の堆積物や管壁の付着物の除去を実施するものであり、外径φ30mmの高圧ノズルを用いた。管内にノズルを挿入して高圧水を外周方向に噴射し、管内の付着物、堆積土砂等の洗浄を実施した。

洗浄工の概要を図3-3-12に示す。

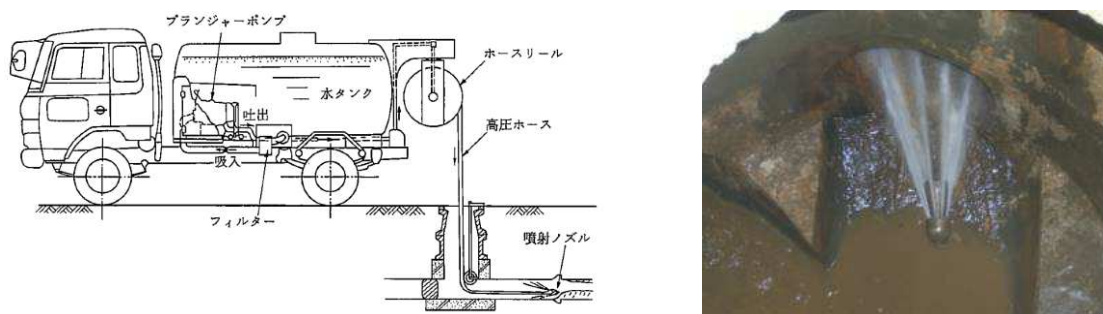


図 3-3-12 高圧ノズルの外観及び洗浄工のイメージ（ヒューム管）

(3) 試験結果

ヒューム管の洗浄状況を図3-3-13に示す。

①第3号機海水熱交換器建屋山側及び②第3号機海水ポンプ室海側において洗浄を行い、いずれも高圧ノズルにて管内の洗浄が可能であることを確認した。洗浄完了後、洗浄用治具を回収した。



(a) 3号機海水熱交換器建屋山側



(b) 3号機海水ポンプ室海側

図 3-3-13 ヒューム管洗浄状況

(参考資料 4-1) 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、施設周辺の地下水位が一定の範囲に保持され、施設に及ぶ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が設置され、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用地下水位を設定し水圧の影響を考慮するとともに、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、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るおそれがないように設計する。

また、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用地下水位を設定し水圧の影響を考慮するとともに、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設は、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るおそれがないように設計する。

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上で配慮する。

3. 地下水位低下設備の信頼性向上

地下水位低下設備の目的、機能及び要求期間を踏まえ、地下水位低下設備を設計基準対象施設として位置付けた上で、以下の信頼性向上を図る。

- ▶ 耐震重要度分類における C クラスとし、基準地震動 S_s による地震力に対して必要な機能を維持する設計とする。
- ▶ 技術基準規則第 14 条（安全設備）に基づき多重性及び独立性を考慮し、さらに外部事象を考慮した設計とする。
- ▶ 非常用電源設備に加えて常設代替交流電源設備からの給電が可能な設計とする。
- ▶

- ▶ 水位低下措置の確実性並びに施設管理性向上の観点から、各揚水井戸へ揚水ポンプを2台設置（設計上必要な揚水ポンプ1台と、同スペックの揚水ポンプ1台を追設）し、揚水ポンプの単一故障により地下水位低下設備の機能が喪失しない設計とする。
- ▶ 地下水位低下設備の機能喪失への対応として、復旧のための予備品及び可搬型設備を配備する。なお、機能喪失時の対応については、運転管理上の方針として保安規定に定めて、管理していく。

(参考資料4-2) 地下水位低下設備の多重性及び独立性を確保した設計について

1. はじめに

地下水位低下設備は、技術基準規則第14条に基づく設計とする方針としている。ここでは、地下水位低下設備の多重性及び独立性を確保するための設計概要について整理する。

2. 設備構成概要（集水機能・排水機能）

技術基準規則第5条及び第14条要求を考慮した地下水位低下設備の構成概要を図4-2-1に示す。

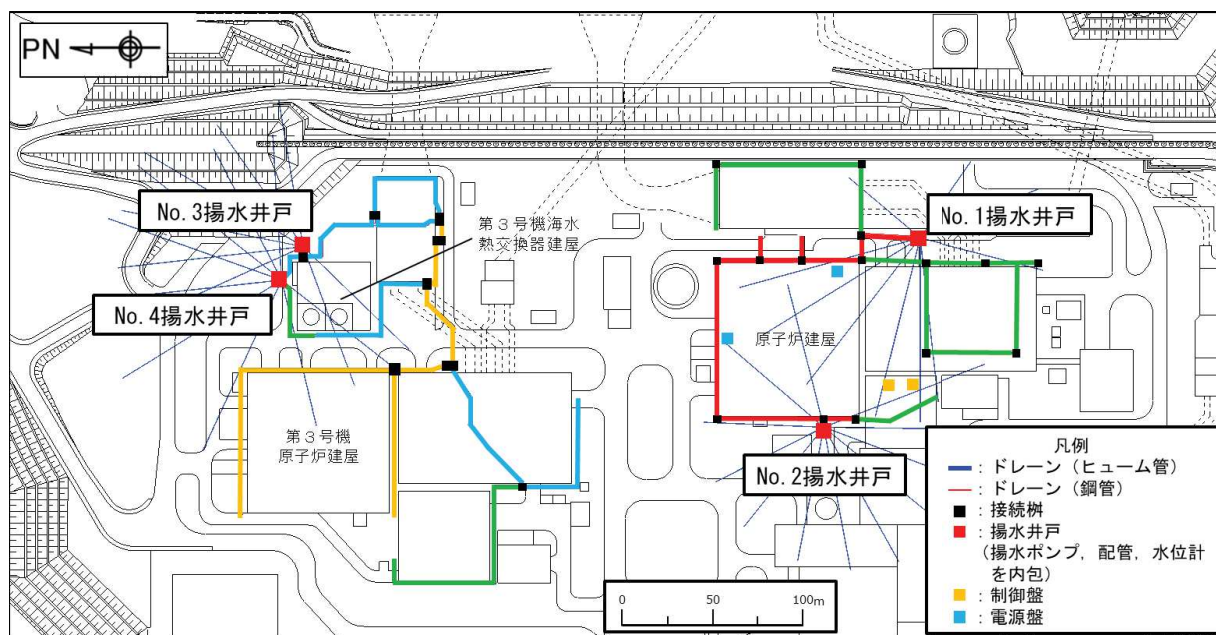


図 4-2-1 地下水位低下設備の構成概要

3. 信頼性向上のための設計上の配慮事項

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項目を抽出した。抽出結果を表4-2-1に示す。

表 4-2-1 機能喪失要因とこれを踏まえた設計上の配慮項目

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

また、抽出された個々の機能喪失要因に対する具体的な対策を表 4-2-2 に示す。

表 4-2-2 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
集水機能	ドレーン・ 接続桝	<ul style="list-style-type: none"> • Ss機能維持 • <u>ドレーンの配置・形状を考慮した新設ドレーン・揚水井戸の配置等の配慮</u>
支持・閉塞 防止機能	揚水井戸	<ul style="list-style-type: none"> • Ss機能維持 • 蓋の設置
排水機能	揚水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> • Ss機能維持 • <u>多重化</u>
	配管	<ul style="list-style-type: none"> • Ss機能維持 • <u>多重化</u>
監視・制御 機能	制御盤	<ul style="list-style-type: none"> • Ss機能維持 • <u>多重化(離隔を確保・屋内設置)</u> • <u>水位計、動力・制御盤及び中央制御室監視盤間を接続するケーブルについても多重化</u> • <u>離隔を確保した屋内設置</u> • <u>内部事象に起因する共通要因故障に配慮した配置</u>
	水位計	<ul style="list-style-type: none"> • Ss機能維持 • <u>多重化</u>
電源機能	電源 (非常用DG)	<ul style="list-style-type: none"> • <u>多重化</u>

青字: 新たに設計上の配慮事項として講じる対策

(参考資料 4 - 3) 地下水位低下設備の機能喪失時の措置について

1. 地下水位低下設備の機能喪失時の運用管理について

地下水位低下設備については、設置変更許可段階における説明として、基準地震動 S_s に対し機能を維持する設計とするとともに、設計値保持並びに技術基準規則第 14 条で要求される多重化の観点から、各エリアにおいてそれぞれ 2 系統の排水機能（各揚水井戸へ 1 台の揚水ポンプ）を設置し、ポンプの単一故障により 1 系統が喪失した場合に備え、可搬ポンプ（巻末に示す（補足）可搬ポンプユニットの導入について 参照）を 2 セット（対象エリア毎に 1 セット）配備し水位低下措置を行う方針としていた。

これに対し、工事計画認可段階においては、水位低下措置の確実性並びに保守管理性向上の観点から、各揚水井戸へ揚水ポンプを 2 台設置（設計上必要な揚水ポンプ 1 台と、同スペックの揚水ポンプ 1 台を追設）し、揚水ポンプの単一故障時においても集水機能が喪失しない設計とした。

また、上に示す揚水ポンプの信頼性向上を踏まえ、可搬ポンプを自主対策設備と位置付けるが、その運用については地下水位低下設備の機能喪失時の措置として保安規定に定める方針とする。

2. 運用管理に係る水位低下措置の有効性の確認

2.1 水位低下措置の有効性の確認方法

地下水位低下設備が機能喪失し、その状態が継続することを保守的に仮定^{*1}した 3 次元浸透流解析を用いて、各建屋へ作用する平均揚圧力が設計揚圧力^{*1}に到達するまでの時間余裕（ X ）を算出する。

本検討では、地下水位低下設備の機能喪失要因として揚水ポンプ故障を想定し、定常状態（エリア内全ての揚水ポンプが機能している状態）から 2 系統同時に機能喪失し、その状態が継続することを仮定する。

これに対し、地下水位低下設備の機能喪失を検知^{*2}してから可搬型設備により地下水位が低下開始するまでの時間（ α ）を積算し、 $\alpha < X$ を確認することにより、水位低下措置の有効性を確認する。

*1 地下水位低下設備の機能喪失による影響が早期に現れる揚圧力影響に着目する。

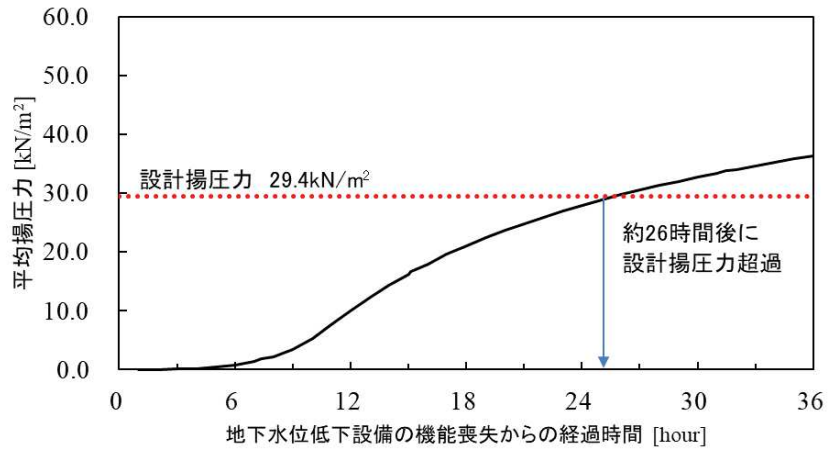
*2 揚水ポンプの故障情報は中央制御室に出力されることから、故障発生時点で検知が可能。

2.2 時間余裕（ X ）の評価

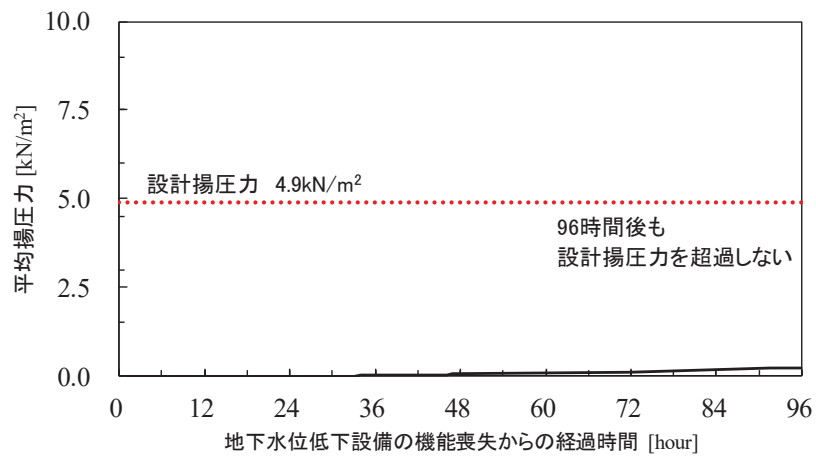
設計用地下水位の検討に用いた水位評価用モデルを用いて、揚水ポンプが機能喪失した状態^{*1}からの地下水位分布の経時変化と設計値に到達するまでの時間を非定常解析により確認する。

時間余裕の評価結果を図 4-3-1 に示す。揚圧力影響を考慮する必要がある原子炉建屋・制御建屋及び 3 号機海水熱交換器建屋のうち、時間余裕が最小となる原子炉建屋において、約 26 時間の時間余裕（ X ）が確保される。

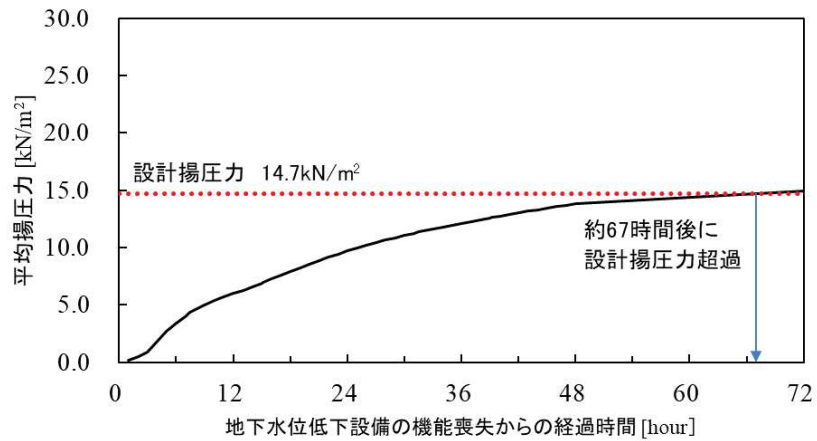
(参考) 4-3-1



a. 原子炉建屋



b. 制御建屋



c. 3号機海水熱交換器建屋

図 4-3-1 地下水位低下設備機能喪失後の時間余裕 (X)

2.3 措置時間（α）の評価

地下水位低下設備が機能喪失した後の可搬ポンプユニットによる措置時間について図 4-3-2 に示す。

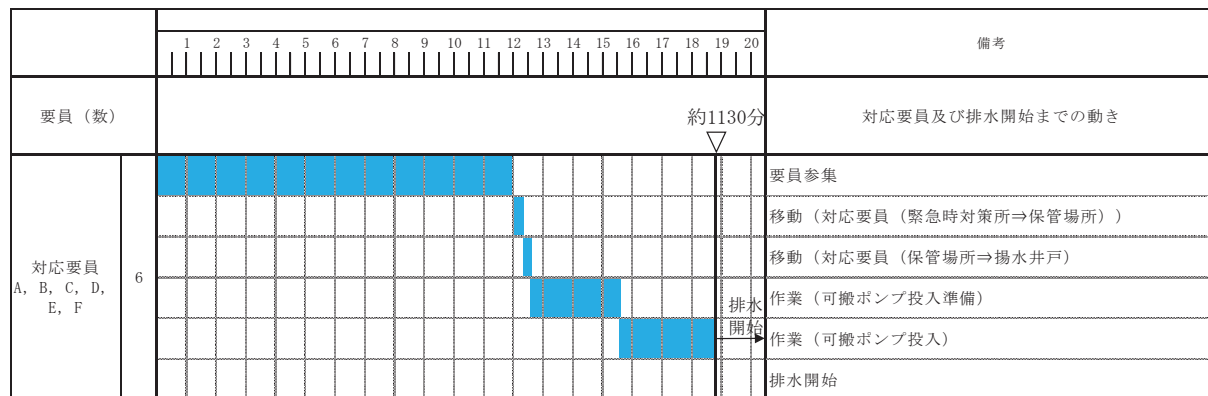


図 4-3-2 地下水位低下設備機能喪失後の措置時間（α）

2.4 水位低下措置の有効性の評価

地下水位低下設備機能喪失後，排水開始までの措置時間（α）は要員参集時間を含め約 19 時間であり，時間余裕（X）の範囲内で対応可能であることを確認した。

(補足) 可搬ポンプユニットの導入について

1. はじめに

地下水位低下設備が機能喪失した状態が長時間継続することを仮定した場合の措置時間の評価として、当初可搬ポンプ2台を投入することにより、要員参集を含め約24時間に対応することとしていたが、可搬ポンプユニットの導入により、措置時間を約19時間に短縮した。

以下に、可搬ポンプユニットの概要および導入効果を説明する。

2. 可搬ポンプユニットの概要

可搬ポンプユニットは、地下水位低下設備が機能喪失した状態が長時間継続することを仮定した場合において揚水井戸内の排水に使用できるよう、必要資機材を効率的に運用し、措置時間を合理化できる設備構成とする。

また、地下水位低下設備の保守点検において揚水井戸内の排水が必要な場合に、地下水位低下設備揚水ポンプでは困難な低水位範囲および小容量の排水を実施できるようにする。

本設備は、3台の可搬ポンプ（1台あたりの排水容量2736m³/day，最大8208 m³/day）を搭載し運転台数を切り替えることで排水容量を調整可能なポンプかご、可搬ポンプ運転を制御するための制御盤、可搬ポンプ運転に必要な電力を供給する発電機、ポンプかごを井戸内に投入するためのジブクレーン、資機材の積み降ろし等に使用するクレーンおよび排水ホース等資機材を車両に搭載し構成する。

可搬ポンプユニットを図4-3-3に示す。

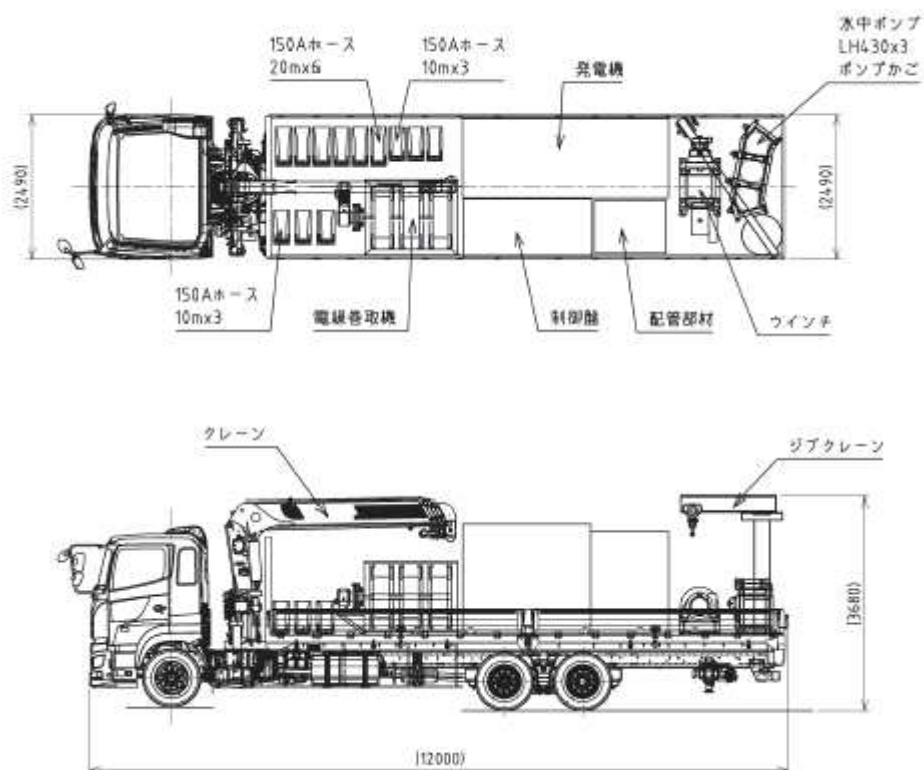


図 4-3-3 可搬ポンプユニット

(参考) 4-3-4

3. 可搬ポンプユニットの導入効果

3.1 可搬ポンプ投入資機材等の合理化

可搬ポンプユニットの導入により、荷役車両の削減を図り、可搬ポンプ投入に必要な資機材を1台の車両に一体化した。

可搬ポンプユニット導入前後の資機材等の比較を表4-3-1に示す。

表 4-3-1 可搬ポンプユニット導入前後の資機材の比較

対応項目 (資機材関連)	資機材等	
	可搬ポンプユニット導入前	可搬ポンプユニット導入後
1. 資機材の積込み	・フォークリフト	・なし(全資機材を可搬ポンプユニットに搭載)
2. 揚水井戸への資機材運搬	・20t 低床トレーラー ・20t トラック	・可搬ポンプユニット車両部
3. 可搬ポンプ投入準備 (1) 資機材荷下ろし (2) 揚水井戸蓋の開放 (3) ポンプ投入用門型クレーンの組立	・ラフテレーンクレーン	・可搬ポンプユニットクレーン
4. 可搬ポンプ投入 (1) ポンプとホース類の接続	・可搬ポンプ (2台) ・排水ホースリール ・エルボ金具 ・可搬ポンプ用ケーブル	・ポンプかご ・排水ホース ・エルボ金具 ・可搬ポンプ用ケーブル巻取機
(2) 可搬ポンプ投入	・ポンプ投入用門型クレーン	・可搬ポンプユニットジブクレーン
(3) 可搬ポンプ運転	・発電機	・可搬ポンプユニット発電機 ・可搬ポンプユニット制御盤

3.2 地下水位低下設備が機能喪失した状態が長時間継続することを仮定した場合の措置時間短縮

可搬ポンプユニットの導入により、主に資機材の車両への積込時間および可搬ポンプの投入時間を削減した。

可搬ポンプユニット導入前後の手順および措置時間の比較を表 4-3-2 に示す。

表 4-3-2 可搬ポンプユニット導入前後の措置時間の比較

対応項目 (可搬ポンプユニット導入前)	措置時間 (分)		差異理由
	導入前	導入後	
要員参集	720	720	
移動 (対応要員⇒保管場所 ^{*1})	20	20	
作業 (資機材の積込み)	105	0	可搬ポンプユニットへの資機材一体化による削減
移動 (保管場所 ^{*1} ⇒揚水井戸)	15	15	
作業 (可搬ポンプ投入準備)	255	180	ポンプ投入用門型クレーン組立時間の削減
作業 (可搬ポンプ 1 台目投入)	150	195	排水ホース敷設作業時間の増加
作業 (可搬ポンプ 2 台目投入)	150	0	ポンプかごによる可搬ポンプ全台投入による削減
措置時間合計	1415	1130	

*1 可搬ポンプユニットの保管場所は、O. P. +62m 盤周辺の堅固な地盤上に設置予定。

3.3 措置時間の算出について

措置時間の算出にあたっての考え方について表 4-3-3 に示す。

表 4-3-3 措置時間算出にあたっての考え方

対応項目	措置時間 (分)	考え方
要員参集	720	設置許可段階で算出した時間を設定
移動 (対応要員⇒保管場所)	20	保守的に事務建屋～O. P. +62m 盤 (約 1km) を徒歩移動した場合の時間を設定
移動 (保管場所⇒揚水井戸)	15	設置許可段階で算出した時間 (O. P. +62m 盤から原子炉建屋近傍までの移動) を設定
作業 (可搬ポンプ投入準備)	180	資機材荷降ろし・展開および揚水井戸開放作業の想定作業時間を 1.5 倍し余裕を設定
作業 (可搬ポンプ投入)	195	揚水井戸への可搬ポンプ投入およびホース展開作業の想定時間を 1.5 倍し余裕を設定
措置時間合計	1130	

(参考資料5-1) 既設ドレーンの部分閉塞時の自由水面の保持について

1. 概要

設計用地下水位の算定(浸透流解析)に用いるドレーンのうち、建屋外周等の有孔ヒューム管は部分閉塞時においても双方向に流下可能のため、技術基準規則第14条の要求に照らしても排水機能を保持可能と整理している。

ここでは、当該ドレーンが端部で部分閉塞した場合を仮定した場合に、有孔ヒューム管が満管状態とならず自由水面を有して流下し、浸透流解析上想定している状態(大気圧開放状態)が維持されることを確認する。

2. 評価条件

2.1 検討対象のドレーン

検討対象のドレーンは、原子炉建屋エリアはφ1050 mmの有孔ヒューム管、第3号機海水熱交換器建屋エリアはφ500 mmの有孔ヒューム管とする。

また、部分閉塞が生じた場合、逆勾配で流下可能かを検討する。検討においては、管路内で排水勾配と同等の1/1000程度の逆勾配で流下可能かを確認する。

検討対象のドレーン配置図を図5-1-1に示す。

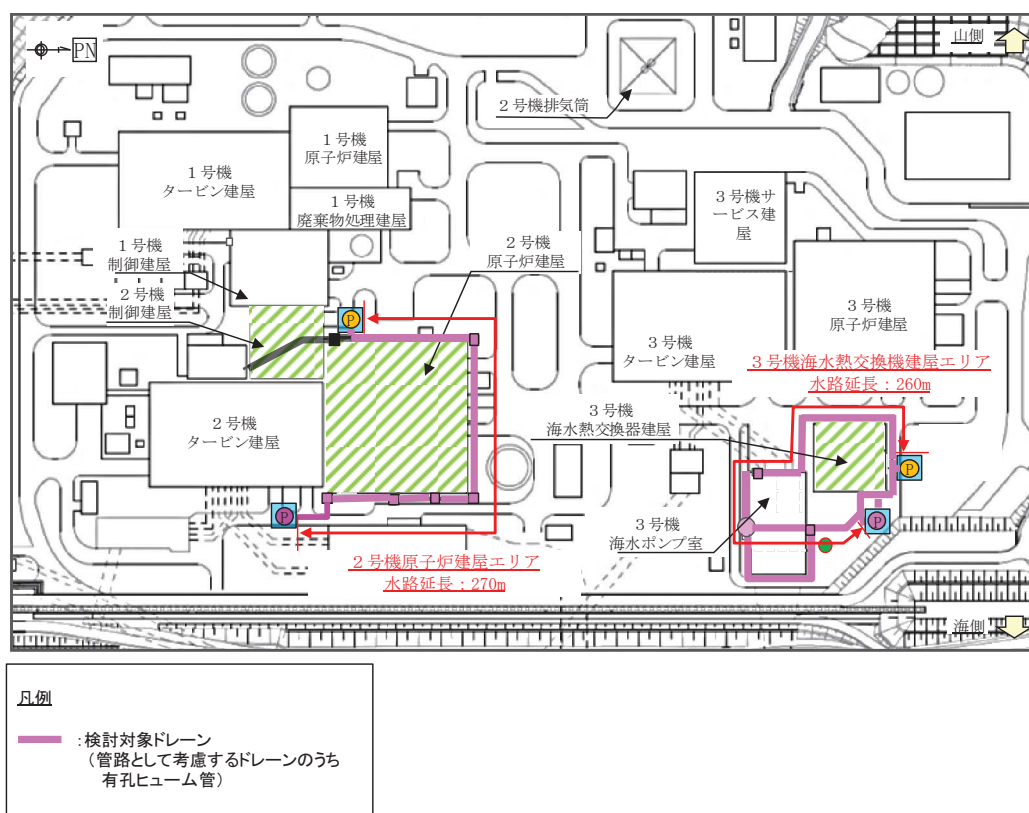


図5-1-1 検討対象ドレーン配置図

2.2 検討対象流量

検討対象流量は参考資料 3-1 表 3-1-3 に示す浸透流解析による地下水流入量を参照する。

原子炉建屋エリアのドレーンはφ1050 mmの有孔ヒューム管について、第1・2号機エリアの地下水流入量（6083m³/日）を検討対象流量とする。

また、第3号機海水熱交換器建屋エリアはφ500 mmの有孔ヒューム管について、第3号機エリアの地下水流入量（1683m³/日）を検討対象流量とする。

2.3 部分閉塞状態の想定

想定した部分閉塞の状態を図 5-1-2 に示す。この想定に基づき有孔ヒューム管の延長を原子炉建屋エリアは270m、第3号機海水熱交換器建屋エリアについては260mとして閉塞時の影響を検討する。

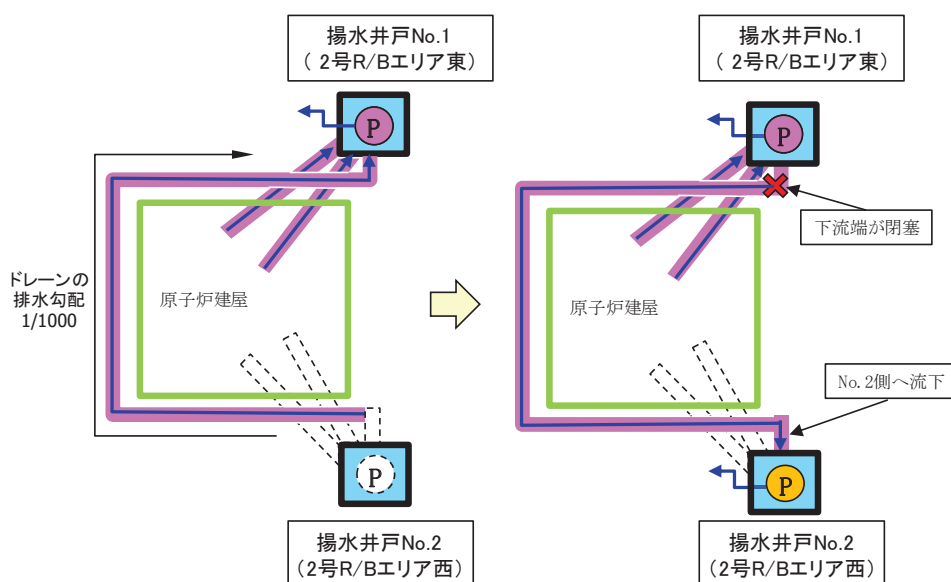


図 5-1-2 想定するドレーン閉塞ケース（模式図）
（原子炉建屋エリアの例）

3. 評価結果

閉塞時の自由水面保持状況の確認においては、逆勾配による水深に検討対象流量流下時の有孔ヒューム管端部（下流側）の限界水深と不等流計算による損失水頭を加え、上流側の断面が大気圧解放の前提となる自由水面が維持された状態（満管とならないこと）を確認する。

確認結果を以下に示す。なお、限界水深は、対象流量に対してフルード数が1となる水深を算出した。また、摩擦損失水頭は、ヒューム管の粗度係数を0.013m^{-1/3}/s*とした。

* :「火力原子力発電所土木構造物の設計—増補改訂版—（(社)電力土木技術協会編）」を参照し、ヒューム管はコンクリート管：0.013，鋼管はライニングした水路（鋼，塗装なし，平滑）：0.012 に基づき設定。

3.1 第2号機原子炉建屋エリア

φ1050mm，検討対象流量 6083m³/日での上流端での限界水深は約 144mm，摩擦損失は約 78mm となった。下流端での水深は，上流端の水深，水路勾配による水深及び摩擦損失水頭を合計し，144mm（上流端水深）+270m（水路延長）×1/1000（水路勾配）+78mm（摩擦損失水頭）=492mm<1050mm となる。

よって，途中の摩擦損失を考慮しても満管になることなく流下可能と判断できる。原子炉建屋エリアにおける下流閉塞の場合の水面形を図 5-1-3 に示す。

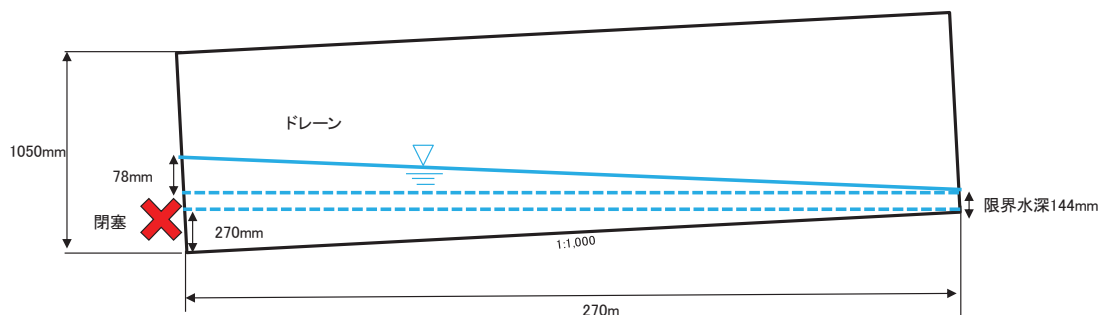


図 5-1-3 下流閉塞の場合の水面形（原子炉建屋エリア）

3.2 第3号機海水熱交換器建屋エリア

φ500mm，検討対象流量 1683m³/日において，上流端での限界水深は約 91mm，摩擦損失は 78mm となった。下流端での水深は，上流端の水深，水路勾配による水深及び摩擦損失水頭を合計し，91mm（上流端水深）+260m（水路延長）×1/1000（水路勾配）+78mm（摩擦損失）=429mm<500mm となる。

よって，摩擦損失を考慮しても満管になることなく流下可能と判断できる。

第3号機海水熱交換器建屋エリアにおける下流閉塞の場合の水面形を図 5-1-4 に示す。

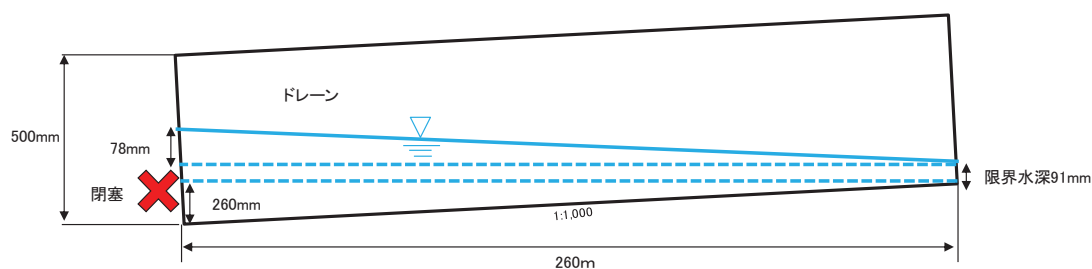


図 5-1-4 下流閉塞の場合の水面形（第3号機海水熱交換器建屋エリア）

(参考資料 5-2) 3次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響確認結果

1. 解析条件等

1.1 目的

防潮堤の沈下対策による敷地への地下水位分布への影響を確認することを目的として、防潮堤の沈下対策の有無を模擬した3次元浸透流解析を実施した。

今後の地下水位観測計画については、ここで得られる防潮堤の沈下対策の影響範囲を参考とし設定する。なお、本解析により得られた地下水位分布は、設計用地下水の設定において直接参照するものではない。

1.2 解析領域・境界条件等

解析領域は水位評価モデルと同様（施設が配置される O.P. +14.8m 盤及び周辺の法面）として、領域内の現状存在する構造物、地下水位低下設備をモデル化し、敷地造成時における掘削・埋戻しを反映する。

地下水位低下設備は、既設の全てのドレーンをモデル化し、新設するドレーン、ポンプは考慮しない。また、防潮堤下部は、沈下対策前の状態（現況モデル；防潮堤下に盛土・旧表土が存在）及び沈下対策後の状態（防潮堤下の地盤改良・前面の置換コンクリートは有）の2ケースを実施し、防潮堤沈下対策の影響確認を行う。

初期条件は淡水飽和状態とし、境界条件として陸域は地表面に静水圧固定境界、海域は H.W.L. (O.P. +2.43m) に静水圧固定境界を設定する。降水量条件は入力なし（定常解析）とする。3次元浸透流解析の範囲等を図 5-2-1 に示す。

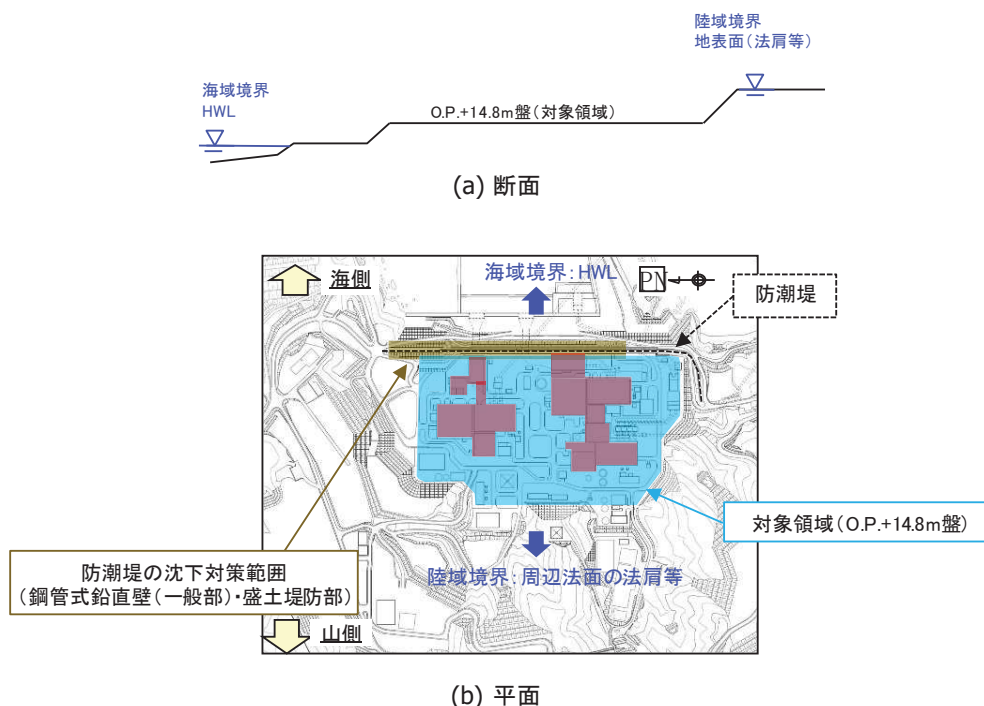


図 5-2-1 3次元浸透流解析の範囲等

(参考) 5-2-1

1.3 透水係数

水位評価モデルと同様に設定する。透水係数の一覧を表 5-2-1 に示す。

表 5-2-1 透水係数一覧

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

1.4 解析モデル

現況モデル及び沈下対策後モデルの概要を図 5-2-2 に示す。両モデルの違いは防潮堤の沈下対策の有無のみであり、他の条件は同一である。

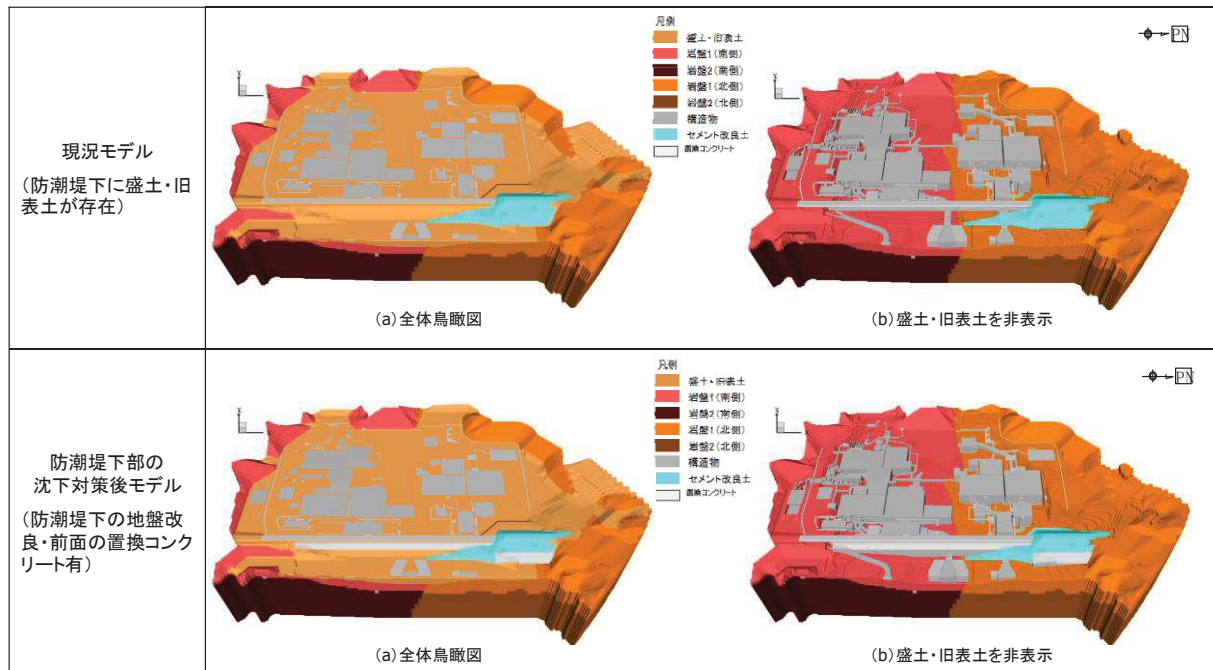


図 5-2-2 現況モデル及び沈下対策後モデルの概要

2. 解析結果

2.1 定常状態（現況モデル）

現況モデル（防潮堤下に盛土・旧表土が存在）における自由地下水位の等高線図を図 5-2-3 に示す。

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

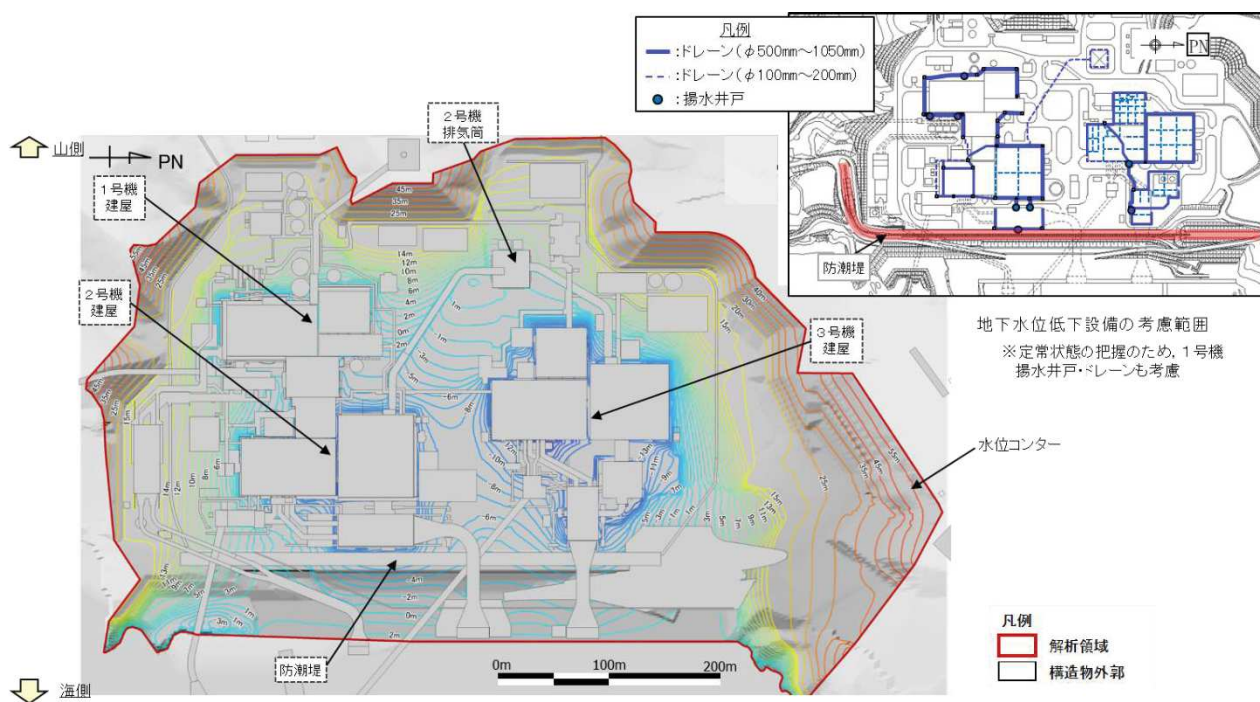


図 5-2-3 3次元浸透流解析結果（定常状態・現況モデル）

2.2 定常状態（沈下対策後モデル）

防潮堤下部の沈下対策後モデル（防潮堤下の地盤改良・前面の置換コンクリート有）における自由地下水位の等高線図を図5-2-4に示す。

これによると、防潮堤海側より防潮堤山側に向かう地下水位は、防潮堤付近で不連続となっていることから、防潮堤の沈下対策により海側から敷地内への浸水が抑制されていることが確認できる。

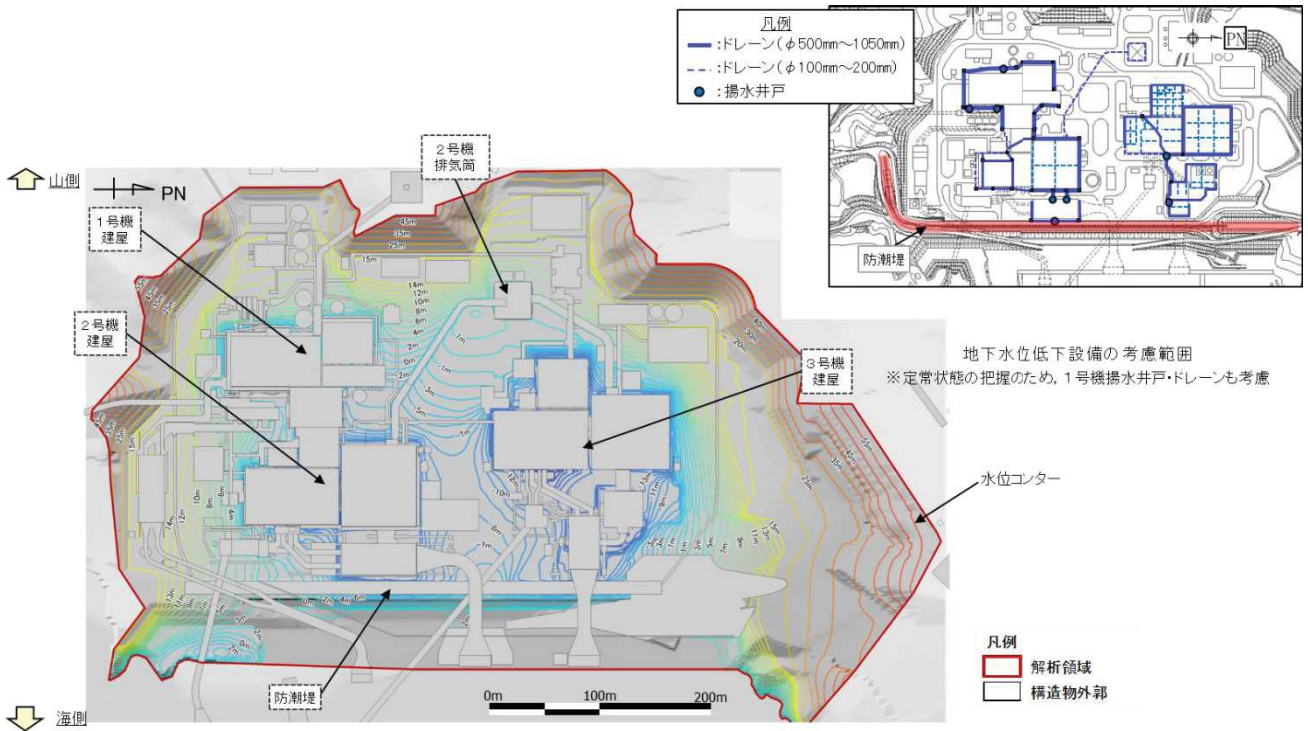


図5-2-4 3次元浸透流解析結果（定常状態・沈下対策後モデル）

2.3 定常状態（沈下対策前後の差分）

防潮堤下部の沈下対策前後における自由地下水位の差分を図 5-2-5 に示す。

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

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

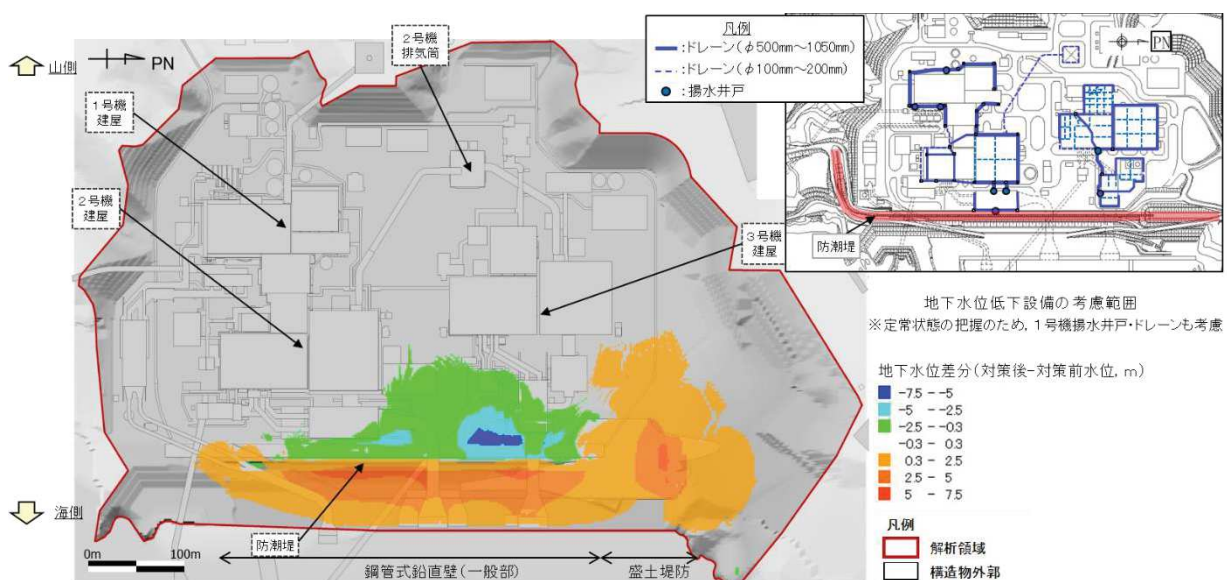


図 5-2-5 防潮堤下部の沈下対策前後における自由地下水位差分

(参考資料 5 - 3) 屋外重要土木構造物における設計用地下水位の設定方法

1. 概要

本資料では、水位評価用モデルにより求めた浸透流解析水位を用いて、屋外重要土木構造物における設計用地下水位の設定方法について示す。

2. 設計用地下水位の設定方法

設計用地下水位は、解析断面で参照する地下水位のうち、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。

2.1 箱形構造物

箱形構造物の設計用地下水位は以下の方針にて設定する。設定方法のイメージを図 5-3-1 に示す。

- (a) 浸透流解析に基づく地下水位分布より、評価対象構造物と地盤の境界面における最高水位を読み取り、構造物側面の水位とする。
- (b) 構造物周辺の水位は、構造物側面の水位とその側方地盤の最高水位を結ぶ。
- (c) 側方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用地下水位は最高水位で一定とする。

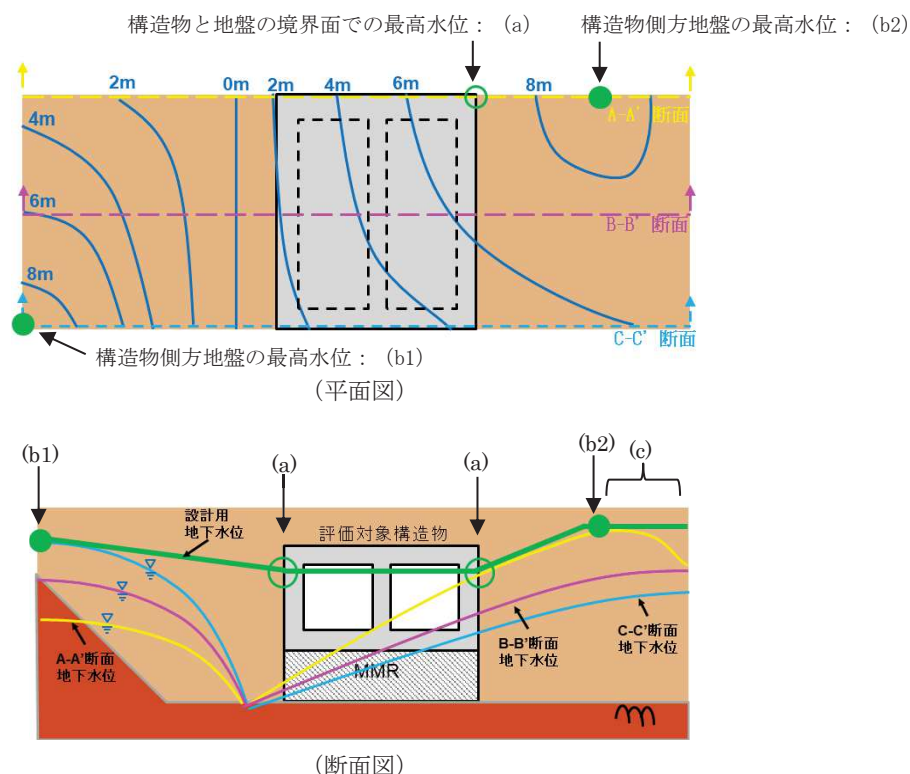


図 5-3-1 箱形構造物の設計用地下水位の設定例

2.2 線状構造物

長尺な線状構造物の設計用地下水位は以下の方針にて設定する。設定方法のイメージを図 5-3-2 に示す。

- (a) 浸透流解析に基づく地下水位分布より、縦断図において断面選定を行う区間毎に最高水位を読み取り、同区間の構造物位置の水位とする。なお、区間の設定に当たっては、耐震評価断面選定を行う過程において、部材厚や内空断面等の構造的特徴がほぼ同一な区間について、周辺地質や隣接構造物等の周辺状況の観点等を踏まえて設定する。
- (b) 構造物周辺の水位は、横断面における構造物位置の水位とその側方地盤の最高水位を結ぶ。
- (c) 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用地下水位は最高水位で一定とする。

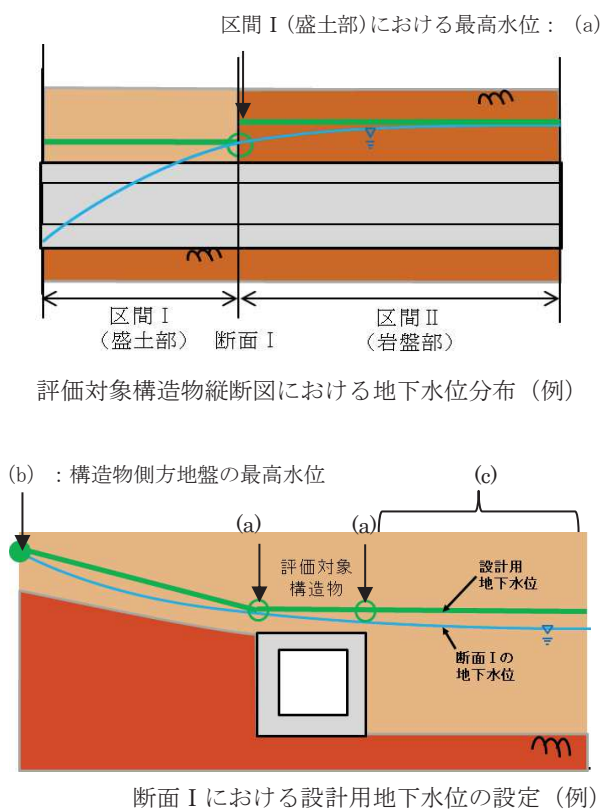


図 5-3-2 線状構造物における設計用地下水位の設定方法 (例)

(参考資料 5 - 4) 屋外の評価対象施設における液状化検討対象施設の抽出結果について

本資料では、設計用地下水位に対する液状化検討対象施設の抽出結果を示す。

評価対象施設における、液状化検討対象施設の抽出及び解析手法選定フローを図 5-4-1 に、液状化検討対象施設の抽出結果を表 5-4-1 及び表 5-4-2 に示す。

なお、フロー中(2)に示す解析手法の選定結果については、各施設の耐震計算書または「補足-610-20 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」及び「補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料」にて、それぞれの施設毎に示す。

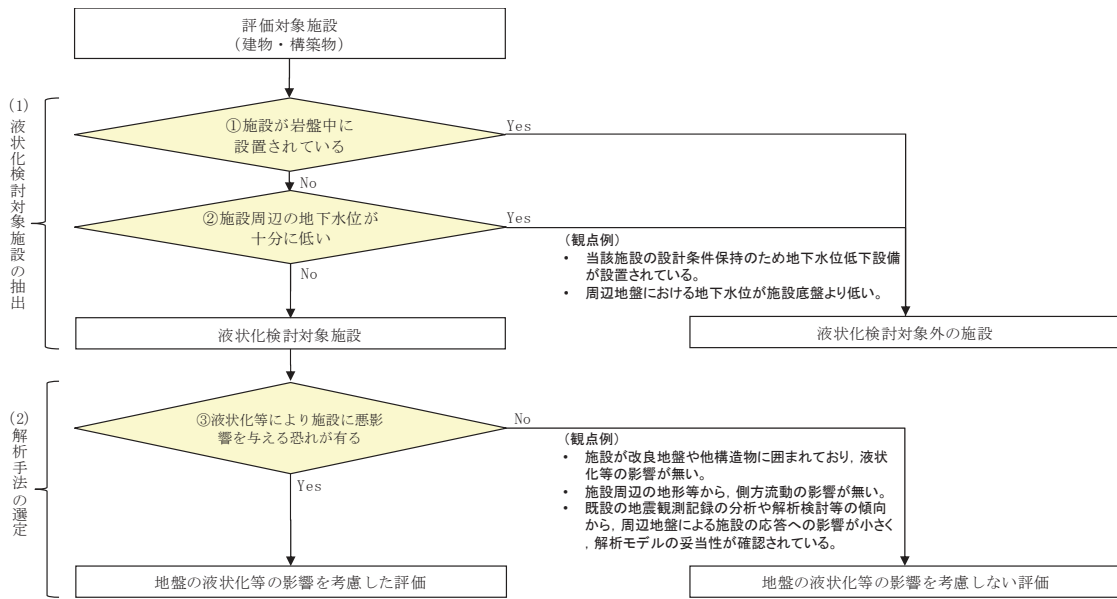
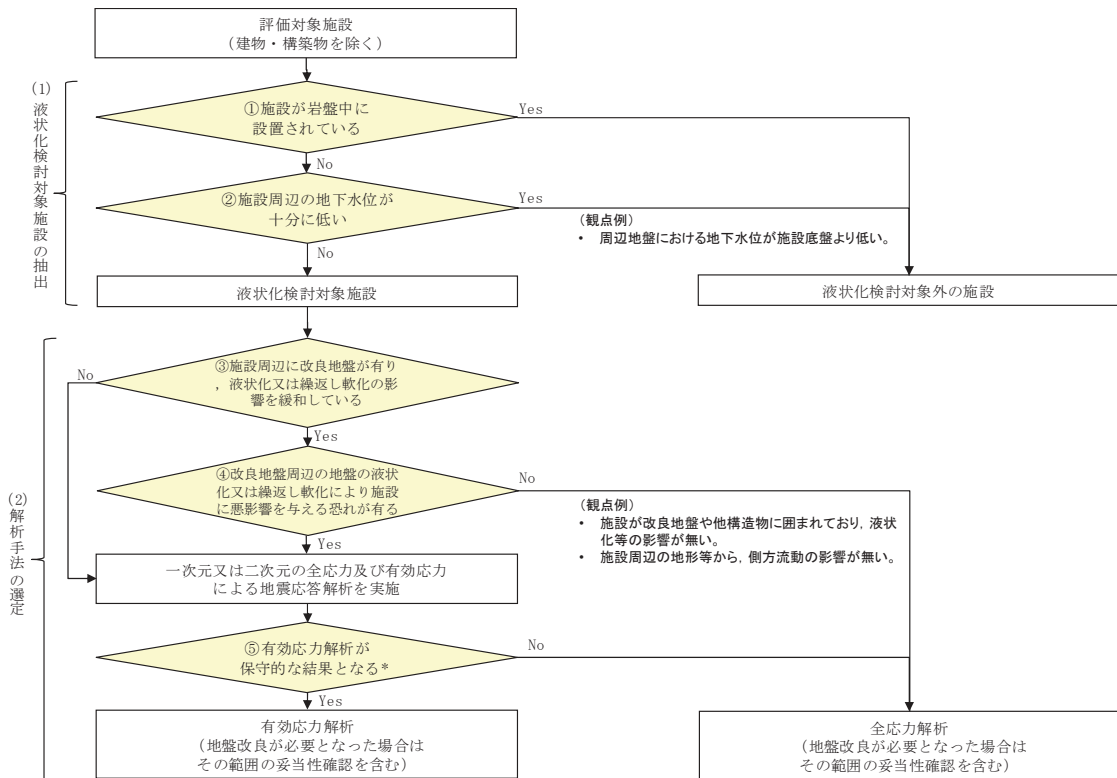


図 5-4-1 (1) 液化化検討対象施設の抽出及び解析手法選定フロー
(建物・構築物)



* : 評価対象部位によって保守的な解析方法が異なるなど保守性の判断が難しい場合は、有効応力解析及び全応力解析双方の結果を踏まえて設計する。
また、評価対象施設が耐震重要施設の間接支持構造物である場合は、床応答の観点も考慮する。

図 5-4-1 (2) 液化化検討対象施設の抽出及び解析手法選定フロー
(建物・構築物を除く)

表 5-4-1 液状化検討対象施設の抽出結果（建物・構築物）

施設名称	項目		液状化検討 対象施設 ○:対象 ×:対象外
	①施設が岩盤中に設置されている	②施設周辺の地下水位が十分に低い	
原子炉建屋	No	Yes 設計条件保持のため地下水位地下設備を設置することから、施設周辺の地下水位が十分に低い。	×
制御建屋	No	Yes 設計条件保持のため地下水位地下設備を設置することから、施設周辺の地下水位が十分に低い。	×
第3号機海水熱交換器建屋	No	Yes 設計条件保持のため地下水位地下設備を設置することから、施設周辺の地下水位が十分に低い。	×
排気筒	No	No 施設に接する高さに地下水位を設定する。	○
緊急時対策建屋	No	No 施設に接する高さに地下水位を設定する。	○
緊急用電気品建屋	No	No 施設に接する高さに地下水位を設定する。	○

表 5-4-2(1) 液状化検討対象施設の抽出結果（土木構造物）

施設名称		項目			液状化検討 対象施設 ○:対象 ×:対象外
		①施設が岩盤中に設置されている	②施設周辺の地下水位が十分に低い		
原子炉機器冷却海水配管ダクト		No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×
排気筒連絡ダクト	岩盤部	Yes	—		×
	土砂部	No	No	施設より高い位置に地下水位を設定する。	○
軽油タンク連絡ダクト		No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×
取水路	標準部	No	No	施設より高い位置に地下水位を設定する。	○
	漸拡部	No	No	施設に接する高さに地下水位を設定する。	○
海水ポンプ室	横断	No	No	施設から離れた位置で地下水位が上昇する。	○
	縦断	No	No	施設から離れた位置で地下水位が上昇する。	○
軽油タンク室	南北断面	No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×
	東西断面	No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×
軽油タンク室(H)	南北断面	No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×
	東西断面	No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×
取水口(貯留堰)	標準部(横断)	No	No	施設に接する高さに地下水位を設定する。	○
	漸縮部(横断)	No	No	施設より高い位置に地下水位を設定する。	○
	縦断	No	No	施設より高い位置又は接する高さに地下水位を設定する。	○
復水貯蔵タンク基礎	南北断面	No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×
	東西断面	No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×

表 5-4-2(2) 液状化検討対象施設の抽出結果（土木構造物）

施設名称		項目			液状化検討 対象施設 ○:対象 ×:対象外
		①施設が 岩盤中に 設置され ている	②施設周辺の地下水位が 十分に低い		
ガスタービン 発電設備軽油 タンク室	南北断面	No	No	施設周辺の地下水位を地表面に設定する。	○
	東西断面	No	No	施設周辺の地下水位を地表面に設定する。	○
防潮堤	鋼管式鉛直壁 (一般部)	No	No	施設に接する高さに地下水位を設定する。	○
	鋼管式鉛直壁 (岩盤部)	Yes	—		×
	盛土堤防	No	No	施設に接する高さに地下水位を設定する。	○
防潮壁	岩盤に 囲まれる箇所	Yes	—		×
	改良地盤に 囲まれる箇所	No	No	施設に接する高さに地下水位を設定する。	○
	岩盤・改良地盤に 囲まれる箇所以外	No	No	施設に接する高さに地下水位を設定する。	○
取放水路 流路縮小工	第1号機取水路	Yes	—		×
	第1号機放水路	Yes	—		×
第3号機 海水ポンプ室	横断	No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底版より低い。	×
	縦断	No	No	施設から離れた位置で地下水位が上昇する。	○
揚水井戸		No	No	施設から離れた位置で地下水位が上昇する。	○
第3号機補機冷却海水系 放水ピット		No	Yes	周辺地盤における地下水位が、施設底盤より低い。	×
逆流防止設備		Yes	—		×

(参考資料6-1) 設計用地下水位の設定プロセスの妥当性について

1. 概要

本資料は、3次元浸透流解析を用いた再現解析・予測解析において、プロセスの妥当性を確認したものである。

また、予測解析による解析水位を高め評価し、これを包絡するよう設計用地下水位を設定する方針としているが、予測解析は再稼働段階の条件にて行うため、直接的に比較できる観測データが存在しない。

このことも踏まえ、予測解析による解析水位及びこれに基づき設定する設計用地下水位について、内包する保守性を考察したものである。

なお、設計用地下水位の保守性の考察のうち、降雨に対する保守性の確認については参考資料6-2に示す。

2. 3次元浸透流解析の妥当性について

2.1 再現解析モデルの設定・評価プロセスの妥当性

再現解析モデルの各プロセスにおける設定・評価内容は表6-1-1のとおりであり、再現解析モデルの設定・評価プロセスは妥当であると判断した。

表 6-1-1 再現解析における各項目の設定・評価内容

項目	設定内容	補足-600-1 本文関連箇所	補足-600-1 参考資料 関連箇所	
設定	モデル化範囲	・再現解析モデルとして、施設等が配置される O.P.+14.8m 盤を含めて、分水嶺までをモデル化している。	3.3.2(2) c. (a)	—
	解像度	・格子寸法は、ドレーン・構造物近傍において最小□0.5m 程度（山側領域において□3～6m 程度）であり、構造物より十分小さく、耐震評価において参照する地下水位分布として十分な解像度を有する。	3.3.2(2) b. (f)	—
	地盤	・地盤は、建設時工事計画認可申請時で設定した調査結果に基づく第2号機側、第3号機側の境界および深度方向の透水性の違いを考慮しモデル化。また、敷地造成や盛土・旧表土の分布を考慮している。	3.3.2(2) c. (a)	参考資料 2-3
	地形・地中構造物のモデル化	・再現観測期間の状態に対応するようモデル化している。 (防潮堤の沈下対策は非考慮)	同上	—
	地下水位低下設備	・既設範囲全てをモデル化している。	同上	—
	地盤及び施設の透水係数	・地下水流動場の平均的な物性として試験平均値 (CASE2) を設定。 ・建設時工事計画認可申請時で設定した透水係数 (CASE1) を用いた場合の保守性も確認。	同上	参考資料 2-4
	境界条件	・山側の境界条件は閉境界とし、海側は平均潮位に水位固定としている。 ・ドレーンの境界条件は計画高さに水位固定としている。	同上	—
	解析種別	・再現期間の観測降雨条件を与えた非常解析を実施している。	同上	—
	再現期間	・連続観測データの多い2期間（期間1：2006年4月～2007年7月，期間2：2013年2月～2014年12月）を選定している。	同上	—
評価	観測水位との比較による検証	・透水係数を試験平均値とした場合 (CASE2)，概ね観測水位を再現できていることを確認した。 ・また，透水係数を建設時工事計画認可申請時の設定とした場合 (CASE1)，観測水位に対し解析水位は保守的な解析結果となることを確認した。 いずれのケースでも解析水位は降雨への感度があり，降雨に対する観測水位の挙動とも整合的であった。	3.3.2(2) c. (b)	—

2.2 予測解析モデルの設定プロセスの妥当性

予測解析モデルの各プロセスにおける設定内容は表 6-1-2 のとおりであり、予測解析モデルの設定プロセスは妥当であると判断した。

表 6-1-2 予測解析における各項目の設定内容

項目	設定内容	補足-600-1 本文関連箇所	補足-600-1 参考資料 関連箇所	
設定	モデル化範囲	・水位評価モデルとして、原子炉建屋等が配置される O.P. +14.8m 盤と取り囲む法面をモデル化している。	3.3.2(2) d. (a)	—
	解像度	・格子寸法は、ドレーン・構造物近傍において最小□0.5m 程度（山側領域において□3～6m 程度）であり、構造物より十分小さく、耐震評価において参照する地下水位分布として十分な解像度を有する。（再現解析と同様の設定）	3.3.2(2) b. (f)	—
	地盤	・再現解析の設定を基本とし、再稼働段階において地盤改良を追加実施している箇所はモデルに反映している（図 6-1-1 参照）。	3.3.2(2) d. (a)	—
	地形・地中構造物のモデル化	・再稼働段階における地形・地中構造物をモデル化している。 （防潮堤の沈下対策を考慮）	同上	—
	地下水位 低下設備* ¹	・集水機能に寄与するドレーンの有効範囲について、新設及び既設範囲のうち信頼性が確認された範囲に限定することで保守性を確保（既設設備の一部及び新設設備にて施設の設計値確保を図る方針）	3.3.2(2) d. (e)	参考資料 2-5, 3-1, 3-2
	地盤及び施設の 透水係数* ²	・地盤及び施設の透水係数は、再現解析で保守性が確認された建設時工事計画認可申請時の透水係数を設定する。（岩盤 I のみ試験結果の平均値-1 σ ）	3.3.2(2) d. (c)	参考資料 2-4
	境界条件	・揚圧力や水位が保守的に算出されるよう、山側の境界条件は法面の地表面（法肩）に地下水位を固定する。 ・海側の境界は H. W. L. に固定する。 ・ドレーンの境界条件は計画高さに水位固定としている。	3.3.2(2) d. (d)	—
	解析種別* ³	・解析境界に水位を固定する定常解析としている	3.3.2(2) d. (b)	—

* 1：湧水量評価モデルのドレーンは既設と新設の全範囲を管路として考慮している。

* 2：湧水量評価モデルの透水係数は全て試験結果の平均値+1 σ としている。

* 3：地下水位低下設備の機能損失を仮定した時間余裕の評価（参考資料 4-3）では、同モデルを用いた非定常解析を実施している。また、機能喪失から 2 ヶ月後の水位分布をアクセスルートの評価にて参照している。

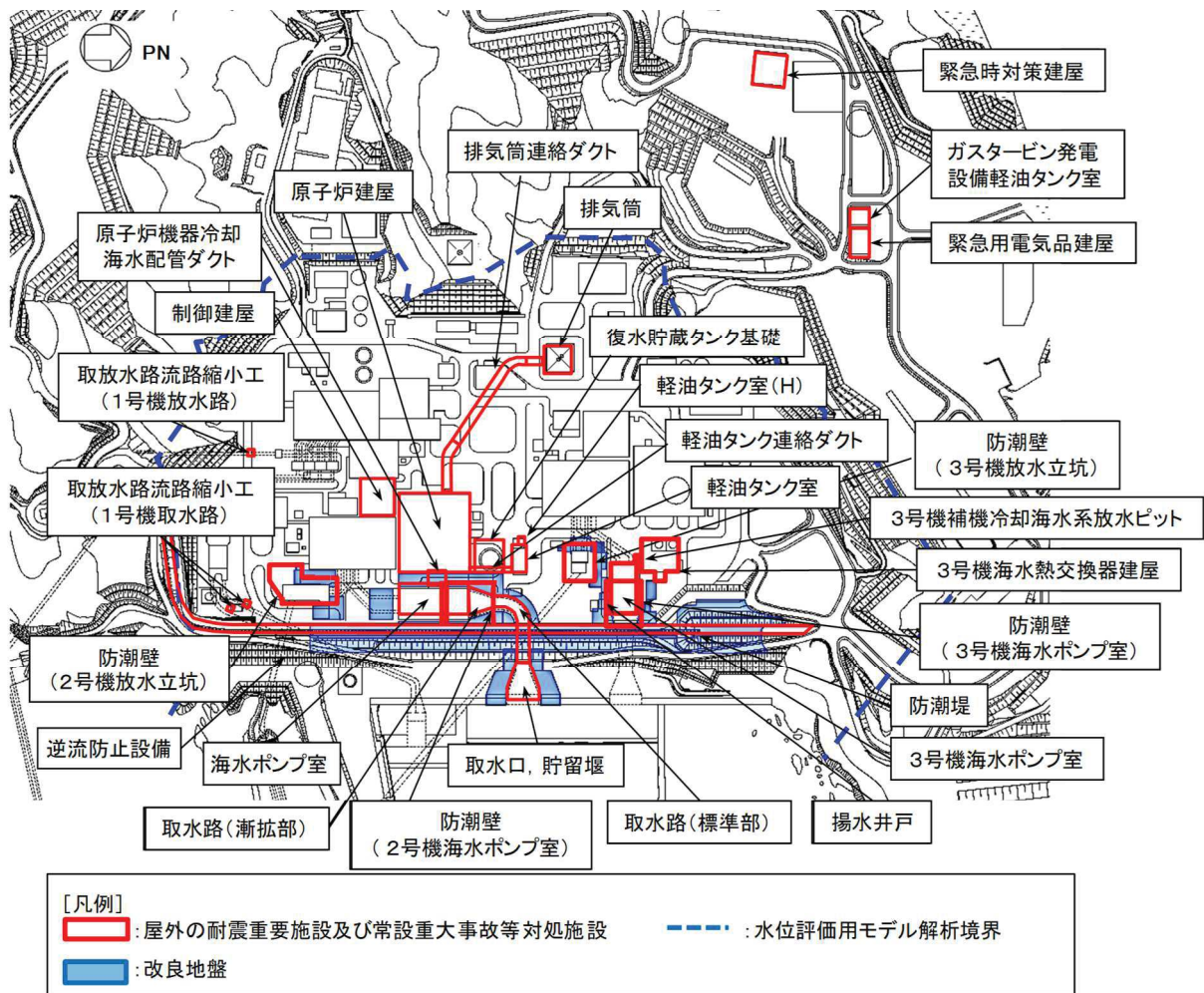


図 6-1-1 土木構造物及び地盤改良体の配置図

2.3 予測解析の妥当性の考察 1 (解析水位の保守性)

浸透流解析の解析条件として、解析に用いるパラメータ（透水係数）の設定、地下水位低下設備を信頼性が確保された範囲に限定し考慮すること、並びに境界条件を保守的に設定すること等により確保している。

解析水位における保守性の考え方を以下(1)～(5)に示す。

(1) 透水係数の設定

設計用地下水位の設定において考慮する各地層の透水係数を表 6-1-3 に示す。建設時工事計画認可申請時において岩盤 I の透水係数を試験値の平均値-1 σ の設定としており、今回の評価においても、その値を用いることで解析水位の信頼性・保守性を確保する。なお、この設定の妥当性として観測水位と降雨を用いた再現解析（既設の地下水位設備を全て考慮）により確認しており、その結果は参考資料 2-1 に、設定値の根拠となる調査結果等については参考資料 2-4 に示す。

表 6-1-3 透水係数の設定値と設定根拠（地下水位設定用）

地層		設定値 (m/s)	設定根拠	備考
盛土・旧表土		3.0×10^{-5}	試験結果の平均値に基づき設定	* 2
狐崎 部層	岩盤 I	7.0×10^{-7}	試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定* ¹	
	岩盤 II	5.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
牧の浜 部層	岩盤 I	2.0×10^{-7}	試験結果の平均値 - 1σ に基づき設定* ¹	
	岩盤 II	1.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	
セメント改良土・改良地盤		2.0×10^{-7}	試験結果の平均値に基づき設定	* 3
透水層（碎石）		1.0×10^{-2}	試験結果の平均値に基づき設定	
コンクリート 構造物 (MMR 含む)		— (不透水)	—	* 4

* 1：試験結果に対して、保守性の観点から、建設時工事計画認可申請時において、パラメータスタディを実施し、建屋揚圧力への影響が最も大きい物性として、岩盤 I を平均値 - 1σ に設定。

* 2：建設時工事計画認可申請時と同値

* 3：建設時工事計画認可申請時は設定なし

* 4：建設時工事計画認可申請時においては透水係数を設定（コンクリート工学ハンドブックに基づき 1.0×10^{-11} (m/s)）していたが、岩盤と比べても十分に小さな値であり、影響は小さいと考えられるため不透水として扱う

(2) 地下水位低下設備のモデル化範囲

ドレーンは参考資料 1-1 に示すとおり各号機の建設段階に主要エリアに設置されているが、設計用地下水位の設定において考慮する範囲は耐震性等の機能維持の信頼性が確保される範囲に限定することにより、解析水位の信頼性・保守性を確保する。また、施設の設計値を確保するために必要な範囲において、信頼性が確保されたドレーンを新設する。

(3) 地下水位低下設備の運転状態の想定

解析水位は地下水位低下設備の機能喪失を仮定し算出*⁵している。

地下水位低下設備は、参考資料 4-1 及び参考資料 4-2 に示す信頼性向上を図ること、更に参考資料 3-1 のとおり各揚水井戸へ揚水ポンプを 2 台設置し揚水ポンプの単一故障時においても機能喪失に至らない設計としていることから、平常時は地下水位低下設備が全て機能した状態の地下水位が保持されと考えられるため、上記の運転状態の想定は保守的である。

* 5 原子炉建屋エリア及び 3 号機海水熱交換機建屋エリアにおいて、保守的にエリア毎に 1 系統ずつ機能喪失すると仮定した機能喪失モードを設定し浸透流解析を実施し、各解析ケースの包絡水位を解析水位としている。

(4) 境界条件の設定

境界条件として、モデル境界に水位固定条件を与える。モデル境界山側における地下水位は、図 3.3-16 で示した再現解析結果から地表面より低いが、保守的に一律地表面とし、

(参考)6-1-5

以上の考え方を踏まえた原子炉建屋の算定例を表 6-1-3 に示す。

表 6-1-3 設計用地下水位の算定（原子炉建屋の例）

	運転状態（○：機能保持，－：機能喪失）				各ケースの 解析水位 (揚圧力)	全ケースを 包絡する 解析水位 (揚圧力)	設計 揚圧力
	2号R/B (東)	2号R/B (西)	3号Hx/B (東)	3号Hx/B (北)			
CASE①	○	－	○	－	8.4 kN/m ²	8.4kN/m ²	29.4 kN/m ²
CASE②	○	－	－	○	8.3 kN/m ²		
CASE③	－	○	○	－	1.5 kN/m ²		
CASE④	－	○	－	○	1.5 kN/m ²		

2.4 予測解析の妥当性の考察 2（観測水位との比較）

設計用地下水位の設定において参照する予測解析（定常解析）により得られた解析水位について、地下水位観測記録との比較による検証結果を示す。検証に用いた観測井位置の平面図を図 6-1-2 に、観測水位と解析水位の関係を表 6-3 に示す。連続観測データとの比較については巻末に示す。

検証の結果、観測井①を除く全ての観測井において、解析水位が観測最高地下水位を上回っており、解析水位が保守的な結果であることを確認した。

観測井①については、降雨量が多かった 2019 年 10 月に観測水位が解析水位を僅かに上回っているが、観測水位は降雨に対する感度が非常に小さく、定常的に岩盤表面付近に固定されていることから、岩盤上面を流下した地下水が観測孔内に流れ込むことで水位が上昇したものと考えられる。よって、解析水位は定常的に岩盤内の地下水位分布を包絡できていることから、観測井①においても解析結果は妥当と判断できる。

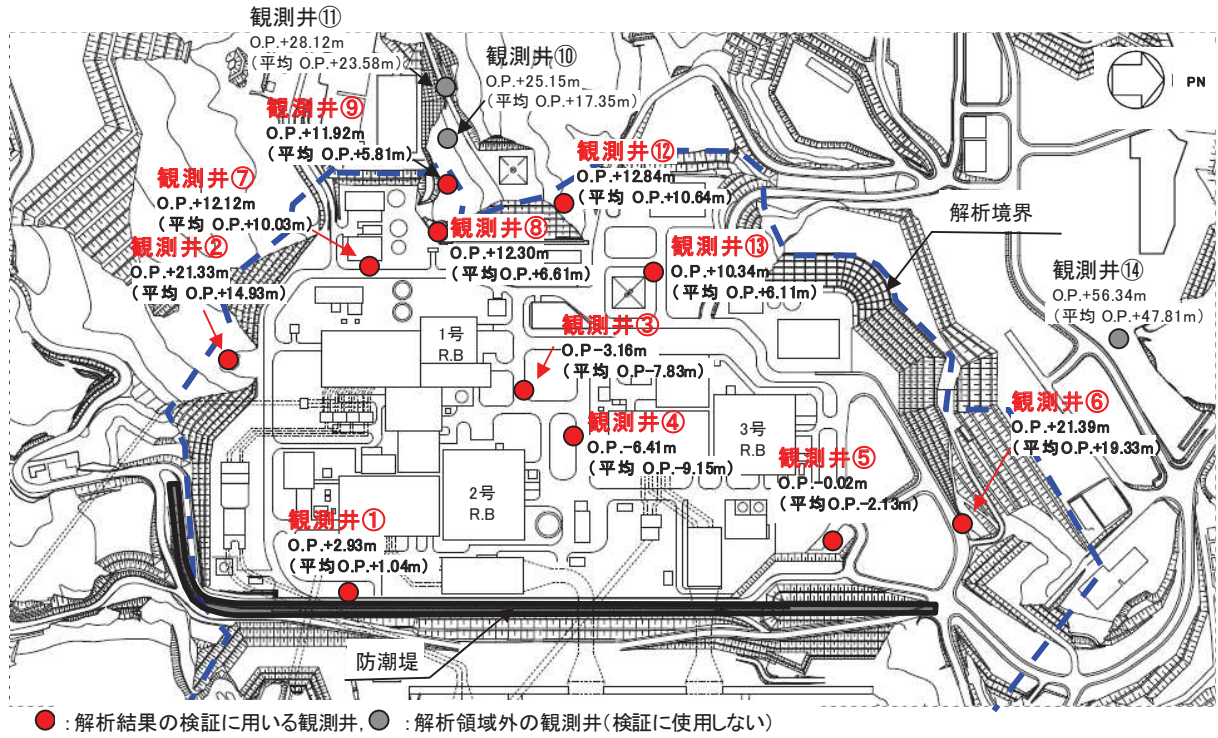


図 6-1-2 検証に用いる観測井位置図

表 6-1-4 観測水位と解析水位の関係

観測井	(A)観測水位 (O. P. m)		(B)解析水位 (O. P. m)	差分* ¹ (m) (B) - (A)	備考
	最高	平均			
観測井①	最高	+2.93	+1.68	-1.25	差分の理由は前述 のとおり
	平均	+1.04		(0.64)	
観測井②	最高	+21.33	+22.07	0.74	
	平均	+14.93		(7.14)	
観測井③	最高	-3.16	+0.10	3.26	
	平均	-7.83		(11.09)	
観測井④	最高	-6.41	-1.82m	4.59	
	平均	-9.15		(7.33)	
観測井⑤	最高	-0.02	+0.47	0.49	
	平均	-2.13		(2.60)	
観測井⑥	最高	+21.39	+25.01	3.62	
	平均	+19.33		(5.68)	
観測井⑦	最高	+12.12	+13.68	1.56	
	平均	+10.03		(3.65)	
観測井⑧	最高	+12.30	+16.65	4.35	
	平均	+6.61		(10.04)	
観測井⑨	最高	+11.92	+27.24	15.32	
	平均	+5.81		(21.43)	
観測井⑫	最高	+12.84	+25.68	12.84	
	平均	+10.64		(15.04)	
観測井⑬	最高	+10.34	+12.38	2.04	
	平均	+6.11		(6.27)	

* 1 : 上段は最高水位との差分を、下段の () 内は平均水位との差分を示す。

観測水位の気象庁アメダスの観測記録に基づき、石巻地点における平年値（1990年～2019年の30年間の平均値）と敷地内の地下水位の観測期間（期間①：2006年～2007年、期間②：2013年～2014年、期間③：2016年～2017年、期間④：2018年～2019年）との降雨量を比較した結果を図6-1-3に示す。

図6-1-3より、敷地内の地下水位観測期間は平年値と比較して、7～11月頃にかけて、降水量のばらつきが見られ、50～100mm/月程度少ない期間及び多い期間があるものの、表6-1-5に示すとおり、月降水量（年間平均）はいずれの観測期間においても平年並みであり、いずれの観測期間も特異性はないと判断できる。

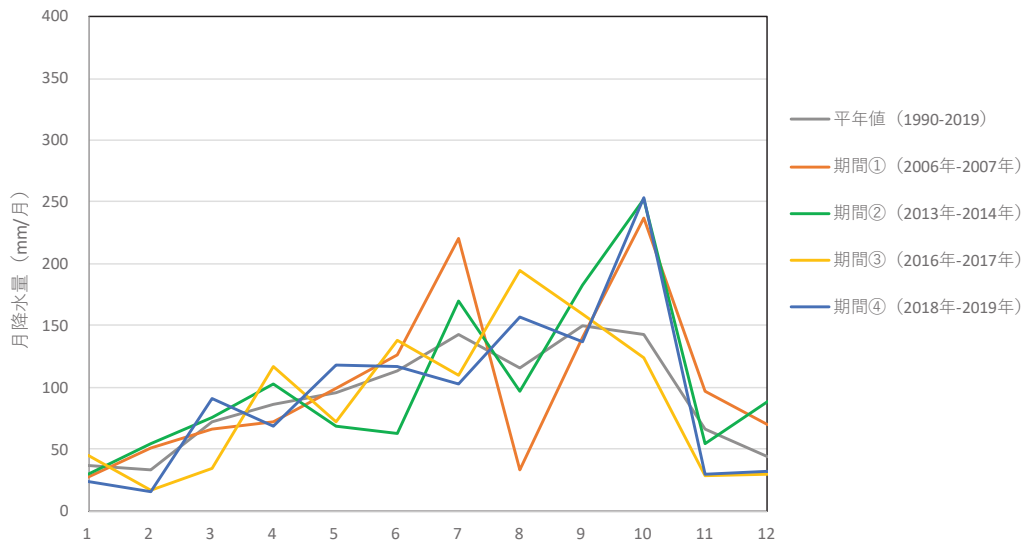


図 6-1-3 石巻地点における平年値と観測時期の降水量の比較結果

表 6-1-5 石巻地点における月降水量の年間平均値の比較

	平年値	期間①	期間②	期間③	期間④
降水量 (mm/月)	92	104	104	89	96

3. 設計用地下水位の保守性

3.1 設計用地下水位の保守性の考察

予測解析で得られた解析水位に対し、前述の変動要因や観測水位の不確かさ等を考慮し、解析水位に対し概ね 1m～2m 程度の余裕を考慮し各施設の耐震評価に用いる設計用地下水位を設定している。設定方法については参考資料 5-3 に示している。

また、設定結果の妥当性として、観測孔近傍に位置する施設における観測水位と設計用地下水位の関係を表 6-1-7 及び図 6-1-4～図 6-1-8 に示す。いずれの観測位置においても、設計用地下水位は観測水位及び解析水位に対して十分な余裕を有している。

なお、前述のとおり、予測解析は再稼働段階の条件にて行っているため、観測水位とは以下の点で前提が異なる。

- ・ 予測解析は既設の地下水位低下設備の範囲を信頼性のある範囲に限定（観測水位は既設の効果全てが含まれる）
- ・ 予測解析は新設ドレーン及び防潮堤の沈下対策の効果考慮（観測水位はその効果が含まれない）

このため、本章で行う設計用地下水位と観測記録の比較は同条件での比較ではないものの、以下の点を踏まえると、将来的に予測解析に基づく設計用地下水位の妥当性を説明できる。

<既設の地下水位低下設備>

0. P. +14. 8m 盤の 1・3 号機エリアや排気筒周辺において、観測記録には当該範囲に設置される既設の地下水位低下設備の効果が含まれる一方、解析水位はこれらの効果が含まれないため高めに算出されている。当該範囲の評価対象施設である排気筒においては、保守的に地表面に設計用地下水位を設定しているため、観測水位が設計用地下水位を上回ることはない。

<新設ドレーン及び防潮堤の沈下対策>

0. P. +14. 8m 盤の原子炉建屋等が配置されているエリアにおいて、観測記録には当該範囲に設置される既設の地下水位低下設備の効果が含まれる一方、解析水位はこれらの効果が含まれないため高めに算出されている。しかしながら、今後、防潮堤の沈下対策や新設ドレーンの設置により、地下水位は現状より低下する方向に作用すると考えられることから、本章の比較において確保される保守性は、防潮堤の沈下対策や新設ドレーンの工事完了後も維持される。

表 6-1-6 観測水位と解析水位及び設計用地下水位の関係

観測井	観測水位 (O. P. m)		解析水位* ¹ (O. P. m)	設計用地下水位* ¹ (O. P. m)	備考
	最高	平均			
観測井①	最高	+2.93	+1.68 (-1.25m)	+5.12 (+2.14m)	海水ポンプ室 (縦断)
	平均	+1.04		+7.00 (+4.02m)	防潮壁 (放水立坑)
観測井③	最高	-3.16	+0.10 (+3.26m)	+8.19 (+11.35m)	排気等連絡ダクト (横断 (断面⑤))
	平均	-7.83			
観測井④	最高	-6.41	-1.82 (+4.59m)	+3.75 (+10.16m)	軽油タンク室, 軽油 タンク室 (H) (横断)
	平均	-9.15			
観測井⑤	最高	-0.02	+0.47 (+0.49m)	+14.80 (地表面) (+14.82m)	防潮堤 (横断②)
	平均	-2.13			
観測井⑬	最高	+10.34	+12.38 (+2.04m)	+14.80 (地表面) (+4.46m)	排気筒
	平均	+6.11			

* 1 : 下段の () 内は観測水位 (最高) との差分を示す。

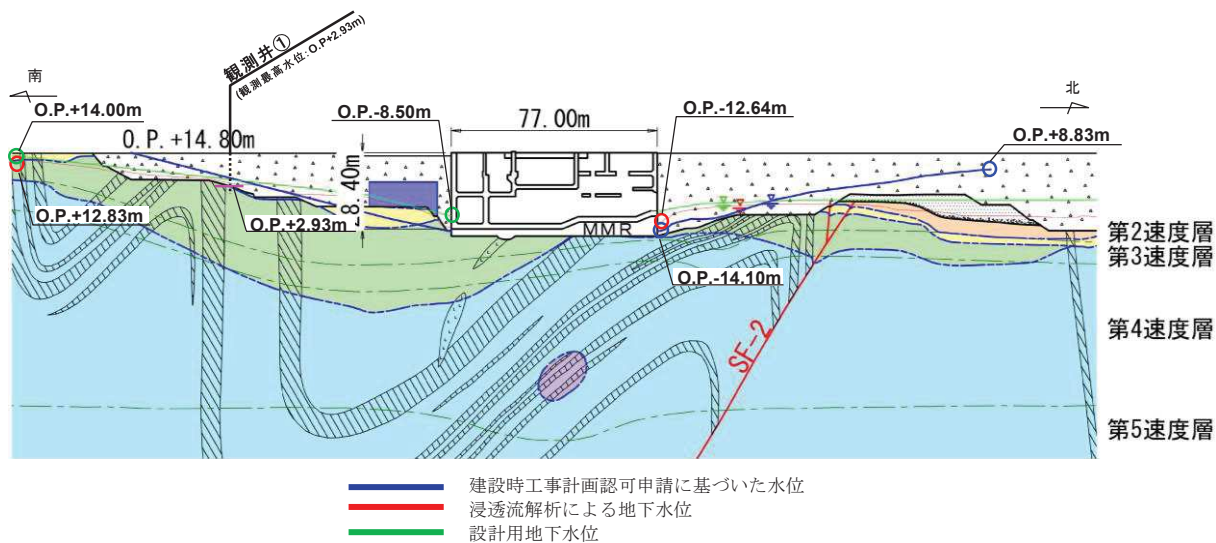


図 6-1-4 海水ポンプ室の設計用地下水位（縦断）

（本文-図 3. 3-30(1)に観測井①を投影）

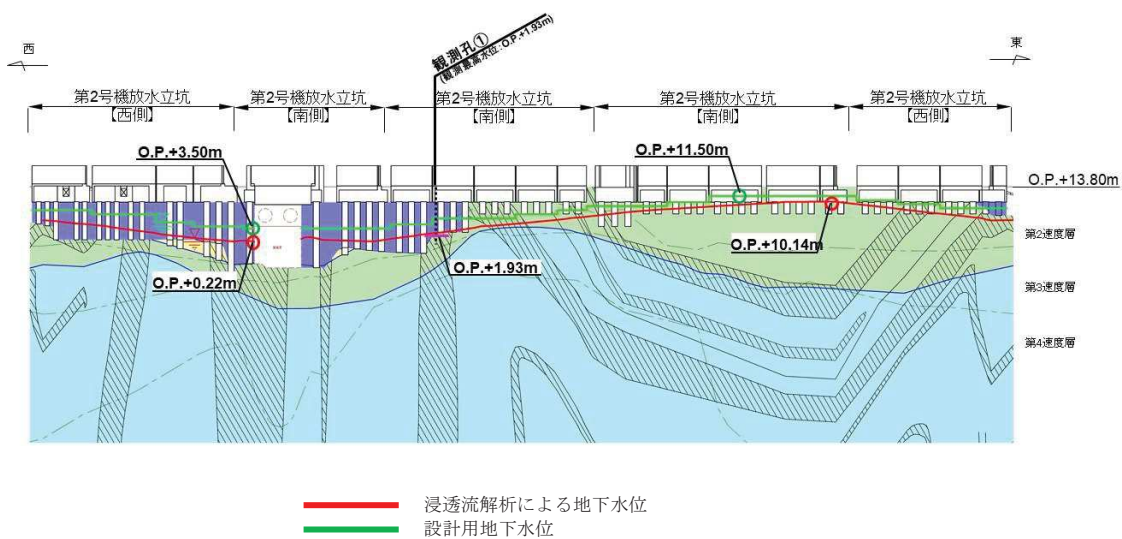


図 6-1-5 防潮壁の設計用地下水位（2号機放水立坑）

（本文-図 3. 3-37(2)に観測井①を投影）

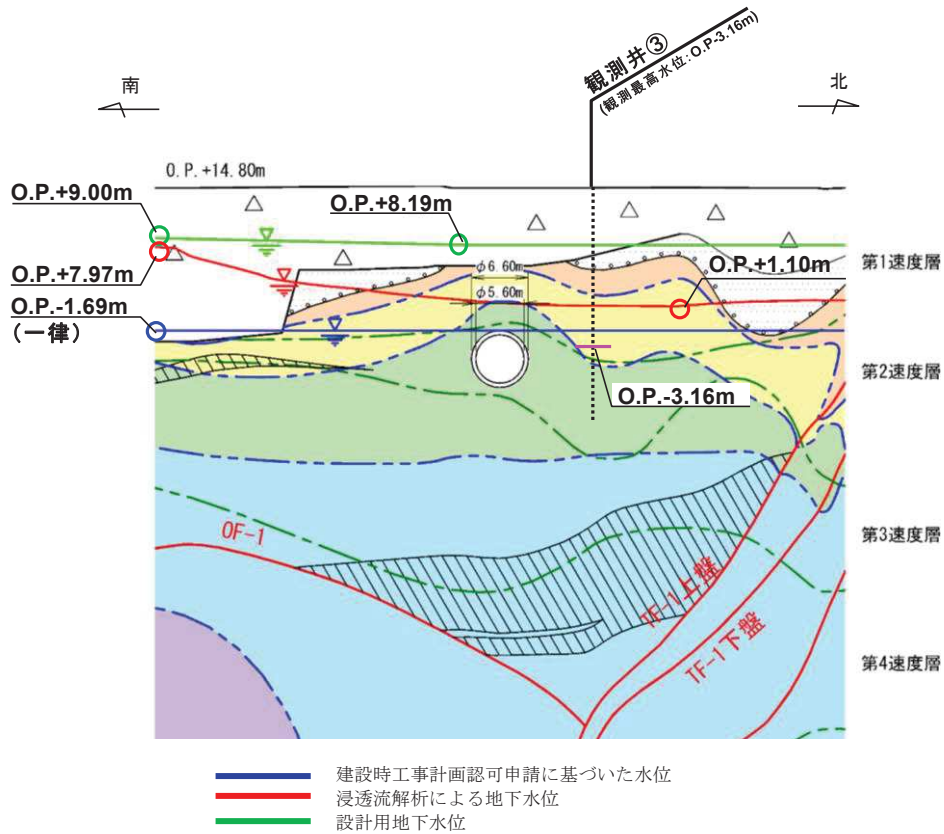


図 6-1-6 排気筒連絡ダクトの設計用地下水位（横断(断面⑤)）
 (本文-図 3. 3-27 (5) に観測井③を投影)

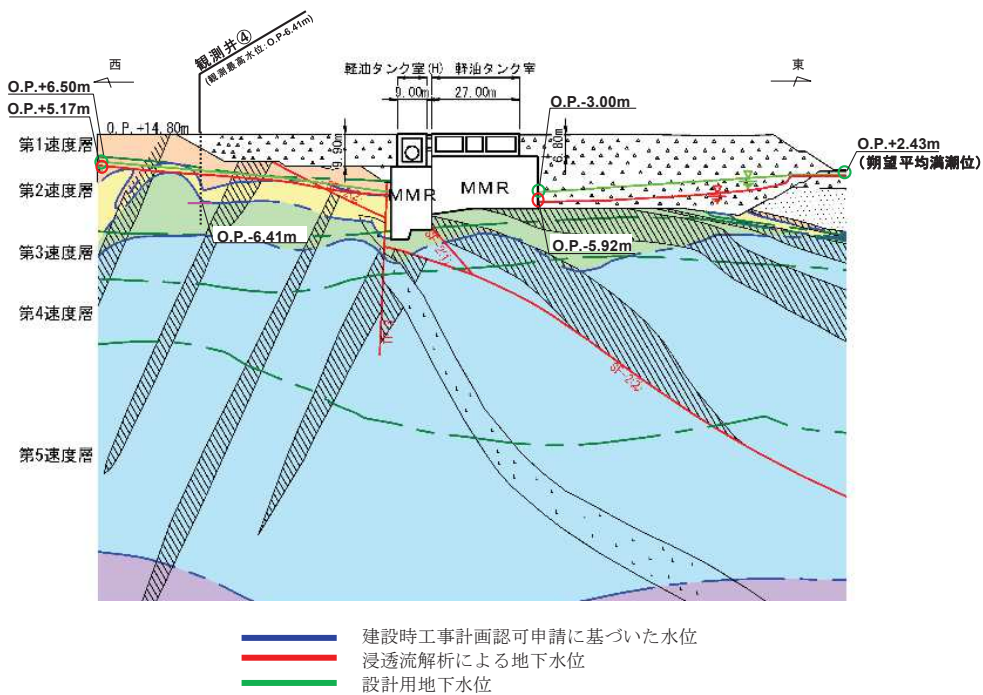
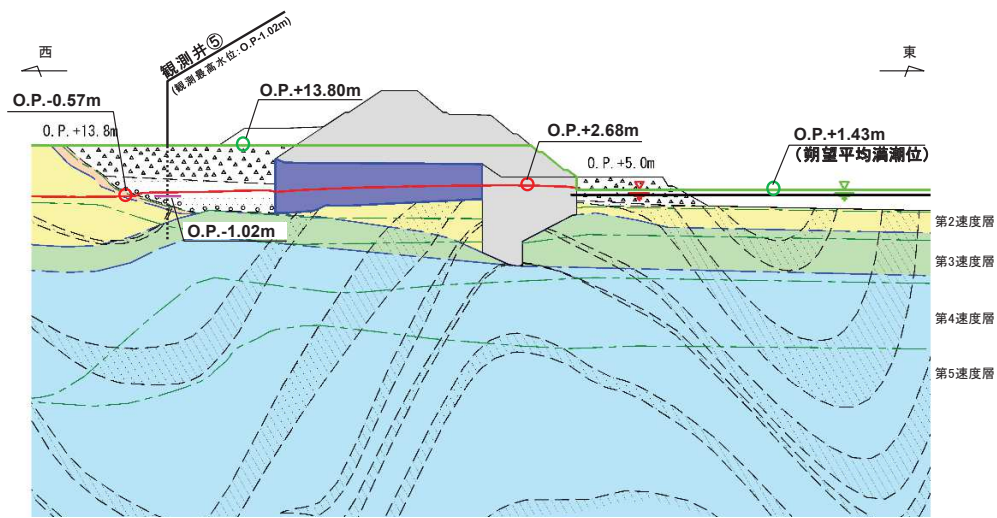


図 6-1-7 軽油タンク室，軽油タンク室（H）の設計用地下水位（東西）
 (本文-図 3. 3-32 (1) に観測井④を投影)



- 建設時工事計画認可申請に基づいた水位
- 浸透流解析による地下水位
- 設計用地下水位

図 6-1-8 防潮堤（盛土堤防）の設計用地下水位（横断①）
 （本文-図 3. 3-36 (8) に観測井④を投影）

3.2 解析条件に対する変動要因への対応について

浸透流解析に用いる三次元解析モデルにおいて、前述のとおり、地下水の流動場に変化を与えると考えられる防潮堤下部の地盤改良を考慮しているが、その他の地下水位を上昇させる要因として、基礎が岩着している施設及び基盤まで地盤改良した地盤改良体が挙げられ、図 6-1-1 に示すとおり、これらの構築物は再稼働段階の計画に基づき適切にモデルに組み込んでいるため、再稼働後の変動要因は現時点ではない。

ただし、将来的な特重施設の設置や他号機申請等に伴う新たな構築物等の構築など、耐震評価における設計用地下水位を設定した後に、設計用地下水位を超過する可能性のある事象が発生した場合は、設計用地下水位の再検討を行う。

(補足) 連続観測データとの比較

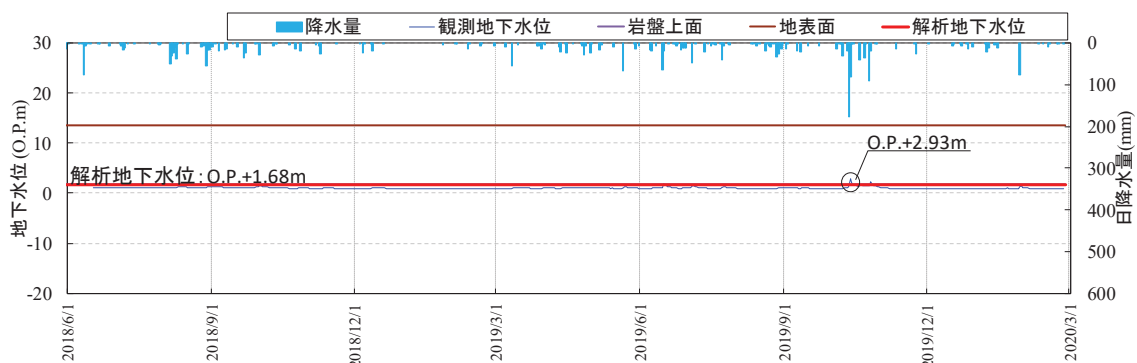


図 6-1-9(1) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井①)

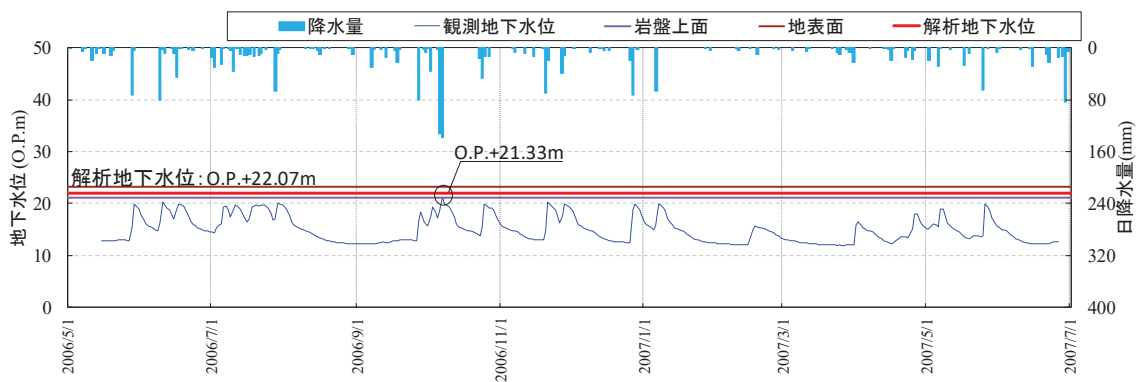


図 6-1-9(2) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井②)

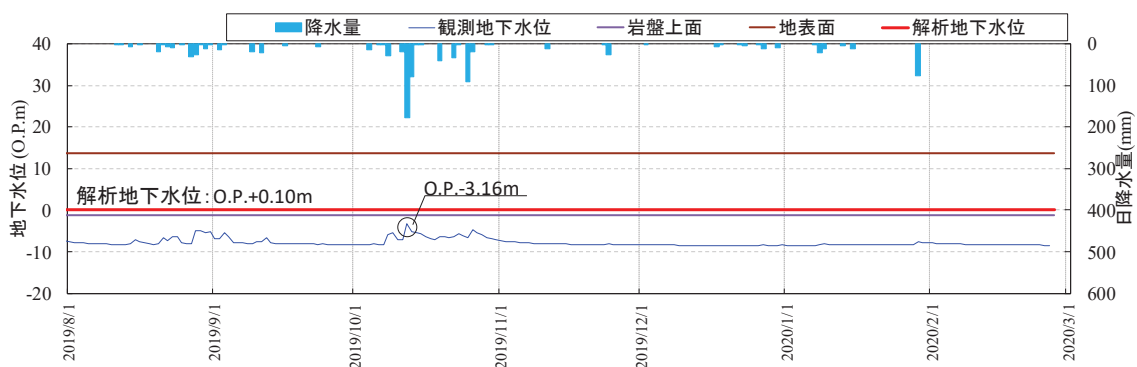


図 6-1-9(3) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井③)

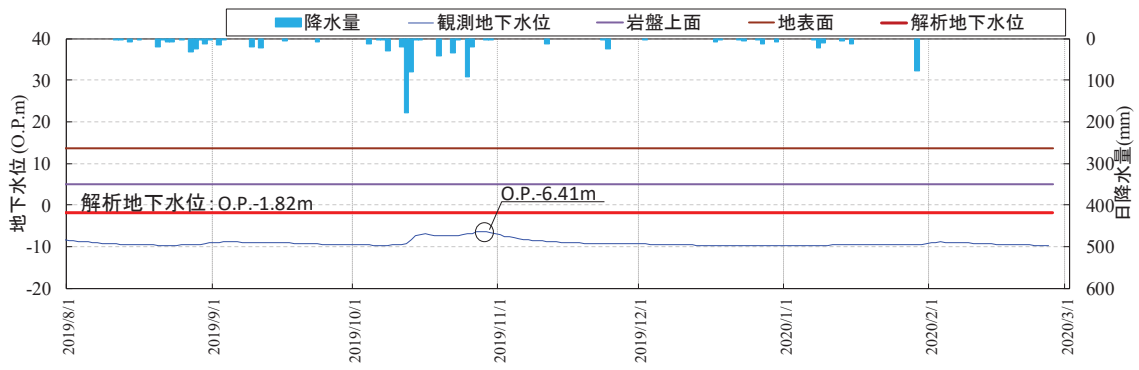


図 6-1-9(4) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井④)

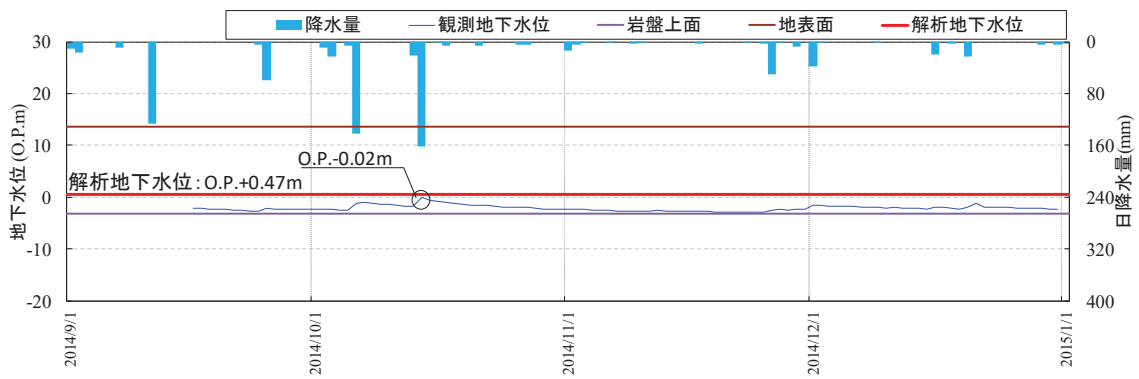


図 6-1-9(5) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井⑤)

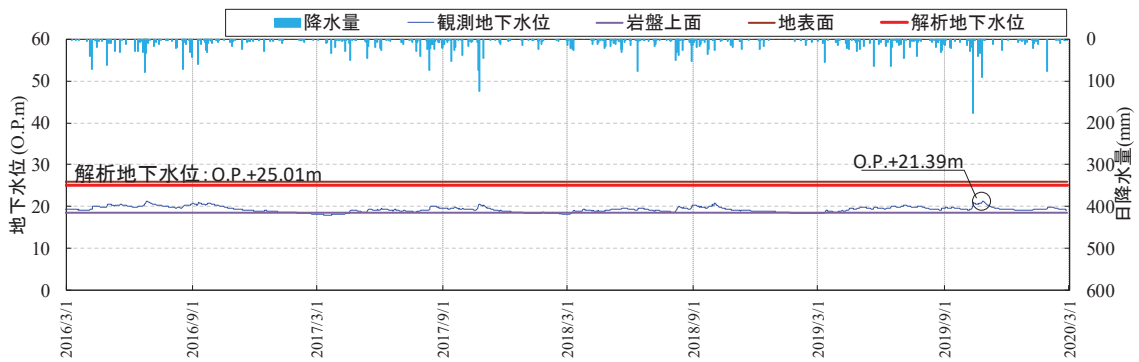


図 6-1-9(6) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井⑥)

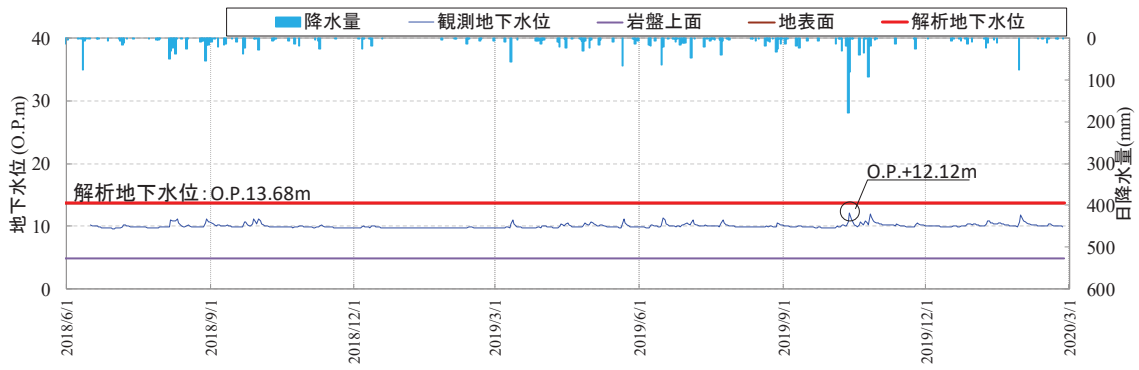


図 6-1-9(7) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井⑦)

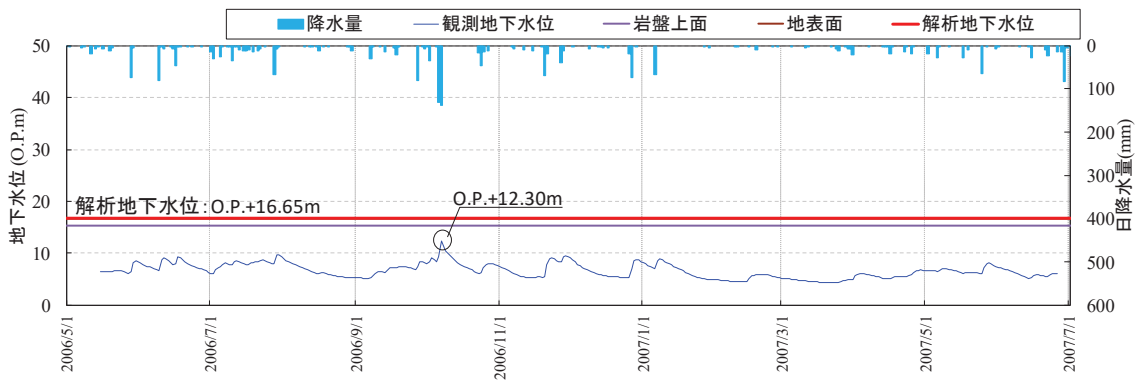


図 6-1-9(8) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井⑧)

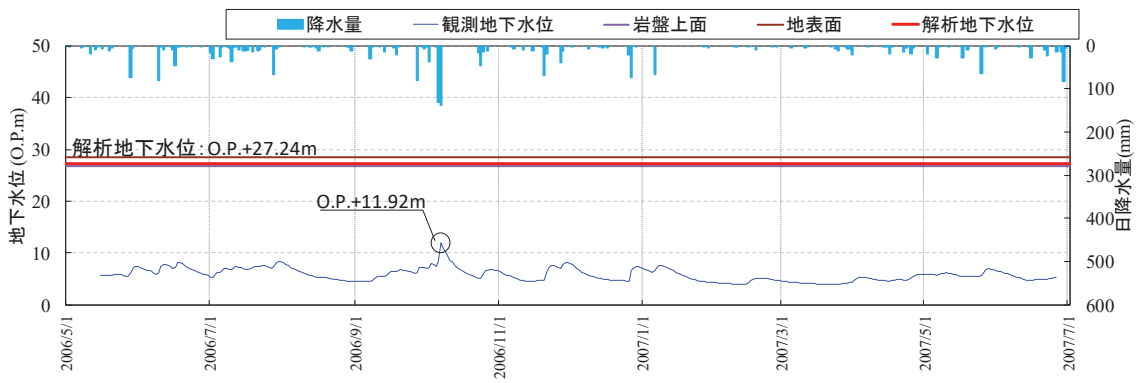


図 6-1-9(9) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井⑨)

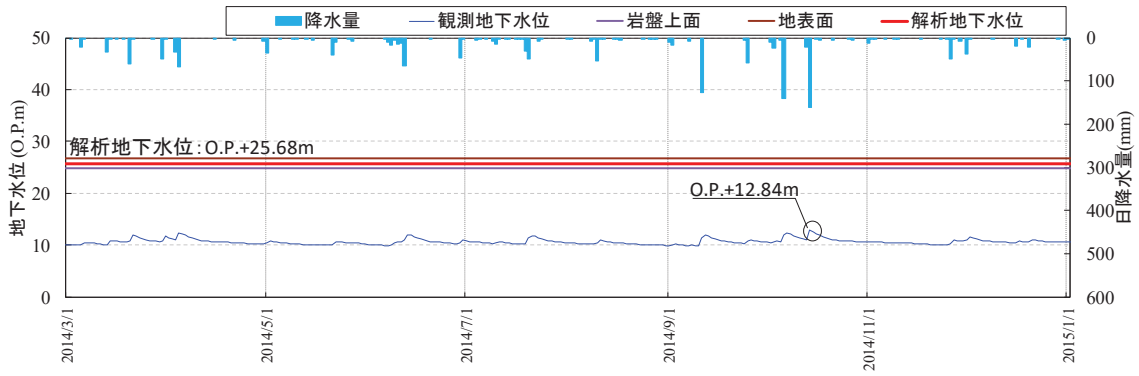


図 6-1-9(10) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井⑫)

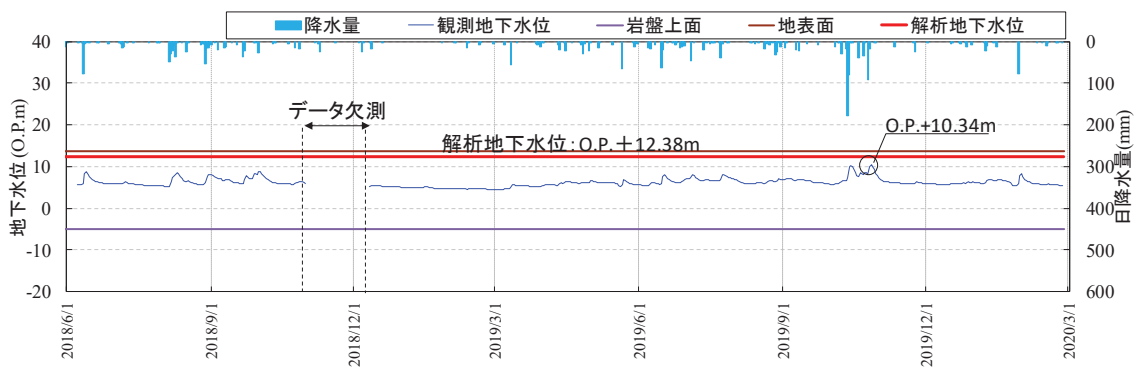


図 6-1-9(11) 地下水位観測記録と解析水位の関係 (観測井⑬)

(参考資料6-2) 降雨に対する設計用地下水位の余裕について

1. 概要

各施設の耐震評価に用いる設計用地下水位は、3次元浸透流解析モデルを用いた定常解析により解析水位を評価し、得られた解析水位に余裕を考慮し設定している。

この3次元浸透流解析モデルは、再現解析にて観測水位より保守的に（高めに）解析水位が評価されることを確認しており、更に境界条件を解析境界において水位固定することで保守性を確保している。

本資料は、上記の考え方で設定した各施設の設計用地下水位の保守性について、降雨条件を仮定した非定常解析を実施し、設計用地下水位と比較することにより、設計用地下水位が有する設計余裕について確認するものである。

2. 解析条件

入力する降雨の条件を表6-2-1に示す。設計上の余裕を確認することを目的としているため、想定豪雨として、石巻特別地域気象観測所における既往の観測記録を踏まえ保守的に設定した降雨量とする。

解析モデルは本文に示す再現解析モデル同様、水位評価用モデルを敷地周辺の分水嶺まで拡張した広域モデルを用い、評価対象エリア付近の構造物や地下水位低下設備等の配置やモデル化については水位評価用モデルと同一条件とする。

境界条件として、モデル境界は閉境界とし、初期条件として過去の日平均降水量（3.57mm/日）を定常的に与え続け、その後、想定豪雨として450mm（150mm/日×3日）を、モデル全体に一律に与える。

表6-2-1 入力降雨条件

分類	降水条件	備考
初期条件 (定常降雨)	3.57mm/日	2001年-2018年の観測降雨の日平均値
降雨入力時 (想定豪雨)	150mm/日×3日 (総降水量450mm) *1	再現確率：約400年相当*2 (石巻特別地域気象観測所： 統計期間1950年-2019年)

注記*1：設計基準降水量（91mm/h）を観測した2014年9月11日の日降水量158.5mm/日及び72時間降水量の最大306.5mm（2011/9/23）を包絡する降水量である。
(いずれも石巻特別地域気象観測所による既往の観測記録)

*2：国土交通省河川砂防技術基準（平成30年3月）における、一級河川の主要区間での砂防計画における対象降雨の降雨量の超過確率年（200年以上）を踏まえ、余裕を考慮し400年とした。

3. 解析結果

設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位の比較結果を 3.1 及び 3.2 に示す。なお、降雨を考慮した解析水位は、非定常解析のため経時的な水位変動があるが、ここでは保守的に全時刻を包絡した最大水位を示している。

建物・構築物については、排気筒を除く原子炉建屋他においては降雨条件を与えた解析水位が設計揚圧力設定高さに相当する建屋底面を下回り、排気筒においても同様に解析水位は設計用地下水位（地表面）を下回ることを確認した。

土木構築物については、いずれの断面でも概ね降雨条件を与えた解析水位が設計用地下水位を下回っている。なお、一部断面で局所的に解析水位が設計用地下水位を上回る箇所があるが、範囲が限定的かつ断面全体での差分としては全ての断面で下回っていること、定常的に上回るものではないこと（全時刻を包絡した最大水位であり、実際の水位は経時的に変動）も踏まえると、設計用地下水位にて担保される耐震安全性に包絡されていると判断できる。

以上から、モデル境界に水位固定条件を与えた定常解析に基づき設定した設計用地下水位は、設計余裕として再現期間 400 年相当の降雨を包絡できていることが確認できた。

3.1. 建物・構築物

建物・構築物（地表面に設計用地下水位を設定している排気筒、緊急時対策建屋及び緊急用電機品建屋は除く）の、設計用揚圧力と降雨を考慮した解析水位の比較を表6-2-2に、建屋周辺の水位分布を図6-2-1～図6-2-5に示す。

表6-2-2 建物・構築物における設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位の比較

施設名称	設計用揚圧力	設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位との差分*1（断面平均）	備考
原子炉建屋 （基礎底面O. P. -14. 1m）	29. 4kN/m ²	— *2	
制御建屋 （基礎底面O. P. -1. 5m）	4. 9kN/m ²	— *2	
第3号機 海水熱交換器建屋 （基礎底面O. P. -12. 5m～ O. P. -16. 25m）	14. 7kN/m ²	— *2	

*1：設計用地下水位-降雨を考慮した解析水位

*2：底面位置よりも水位が低い

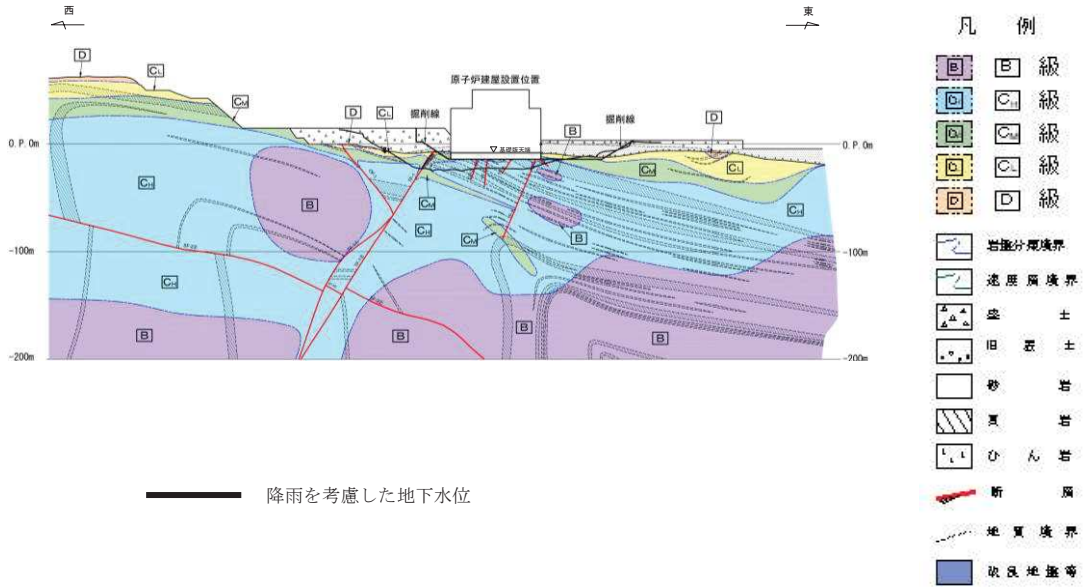


図 6-2-1 原子炉建屋における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較(東西)

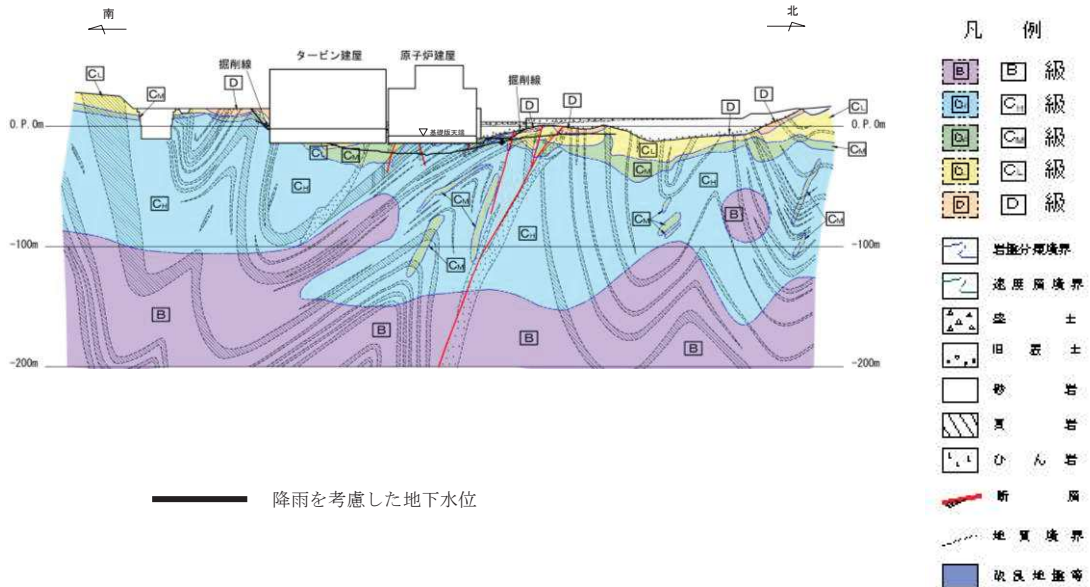


図 6-2-2 原子炉建屋における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較(南北)

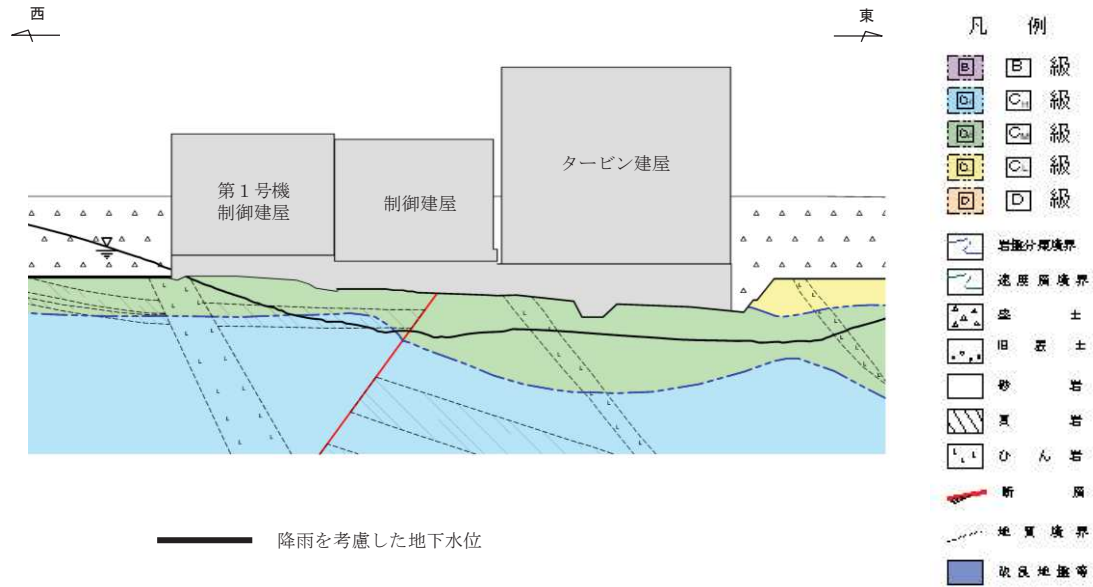


図 6-2-3 制御建屋における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較

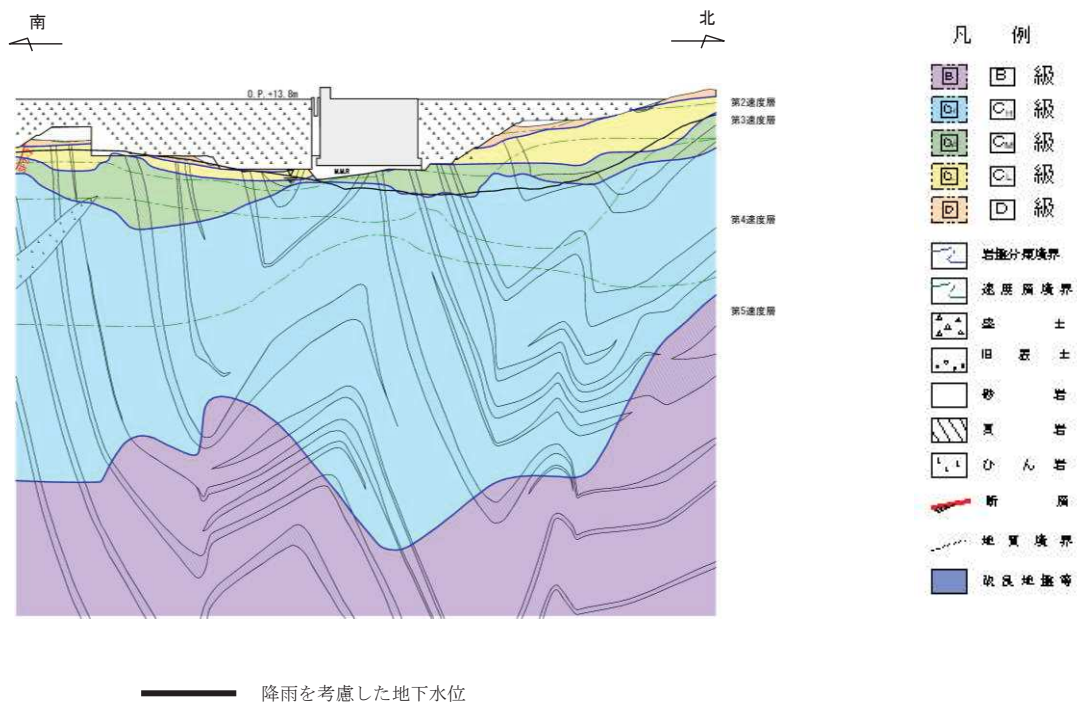


図 6-2-4 第 3 号機海水熱交換器建屋における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較

3.2. 土木構造物

土木構造物（地表面に設計用地下水位を設定しているガスタービン発電設備軽油タンク室，防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうちRC遮水壁部及び取放水路流路縮小工は除く）の設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位の比較を表6-2-3及び図6-2-5～図6-2-18に示す。

表6-2-3 (1) 土木構造物における設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位の比較

施設名称		設計用地下水位	設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位との差分*1 (断面平均)	備考
原子炉機器冷却海水配管ダクト	横断	O. P. -10.50m～ O. P. -3.50m	-9.0m	
排気筒連絡ダクト	縦断	O. P. +5.73m～ O. P. +14.80m	-10.9m	
	横断 (断面①)	O. P. +5.73m	-25.9m	
	横断 (断面②)	O. P. +5.80m	-24.7m	
	横断 (断面③)	O. P. + 5.80m	-23.1m	
	横断 (断面⑤)	O. P. +8.19m～ O. P. +9.00m	-8.9m	
	横断 (断面⑦)	O. P. +10.10m～ O. P. +12.00m	-1.8m	
軽油タンク連絡ダクト		O. P. -3.00m～ O. P. +3.00m	-7.0m	
取水路	縦断	O. P. -4.53m～ O. P. +2.43m	-2.1m	
	横断 (標準部①)	O. P. +2.43m	0.2m	朔望平均満潮位
	横断 (標準部②)	O. P. +2.43m	-1.0m	朔望平均満潮位
	横断 (標準部③ (防潮堤横断部))	O. P. +2.43m	-5.5m	朔望平均満潮位
	横断 (標準部④ (防潮堤横断部))	O. P. -1.00m	-2.5m	
	曲がり部 南北	O. P. -1.01m	-4.4m	

*1：降雨を考慮した解析水位-設計用地下水位
(参考)6-2-5

表6-2-3 (2) 土木構造物における設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位の比較

施設名称		設計用 地下水位	設計用地下水位と 降雨を考慮した 解析水位との差分*1 (断面平均)	備考
取水路	曲がり部 東西	O. P. -1.03m～ O. P. +2.43m	-4.7m	
	漸拡部 東西	O. P. -4.53m～ O. P. +2.43m	-5.7m	
海水 ポンプ室	縦断	O. P. -8.50m～ O. P. +14.00m	-6.7m	
	横断	O. P. -8.50m～ O. P. +2.43m	-3.9m	
軽油 タンク室	南北	O. P. -3.00m	-12.3m	
	東西	O. P. -3.00m～ O. P. +6.50m	-4.6m	
軽油 タンク室 (H)	南北	O. P. -3.00m	-6.8m	
	東西	O. P. -3.00m～ O. P. +6.50m	-4.6m	
取水口 (貯留堰)	南北 (標準部)	O. P. +2.43m	-0.8m	朔望平均 満潮位
	南北 (漸縮部)	O. P. +2.43m	-0.8m	朔望平均 満潮位
復水貯蔵 タンク基礎	南北	O. P. -3.00m	-12.3m	
	東西	O. P. -3.00m ～O. P. +3.00m	-7.0m	

*1：降雨を考慮した解析水位-設計用地下水位

表6-2-3 (3) 土木構造物における設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位の比較

施設名称		設計用 地下水位	設計用地下水位と 降雨を考慮した 解析水位との差分*1 (断面平均)	備考
防潮堤 (鋼管式 鉛直壁)	横断 (岩盤部①)	O. P. +2.50m～ O. P. +18.50m*2	0.8m	
	横断 (岩盤部②)	O. P. +5.00m～ O. P. +17.00m*2	-3.2m	
	横断 (一般部①)	O. P. +1.43m*2	-13.4m	
	横断 (一般部②)	O. P. +1.43m*2	-4.7m	
	横断 (一般部③)	O. P. +1.43m*2	-8.7m	
防潮堤 (盛土堤 防)	横断①	O. P. +1.43m～ O. P. +13.80m*2	-20.6m	
	横断②	O. P. +1.43m～ O. P. +13.80m*2	-17.6m	
防潮壁	第2号機 海水ポンプ室	O. P. -12.50m～ O. P. -4.00m*2	-1.6m	
	第2号機 放水立坑	O. P. +3.50m～ O. P. +11.50m*2	-8.3m	
	第3号機 海水ポンプ室	O. P. -11.00m～ O. P. -7.50m*2	-2.2m	
	第3号機 放水立坑	O. P. -10.00m～ O. P. +4.00m*2	-2.8m	

*1：降雨を考慮した解析水位-設計用地下水位

*2：平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高

表6-2-3 (4) 土木構造物における設計用地下水位と降雨を考慮した解析水位の比較

施設名称		設計用 地下水位	設計用地下水位と 降雨を考慮した 解析水位との差分* ¹ (断面平均)	備考
第3号機 海水ポンプ室	縦断	O. P. -12.00m～ O. P. +2.43m	-4.1m	
	横断	O. P. -12.00m～ O. P. -2.51m	-8.2m	
揚水井戸	南北	O. P. -13.50m～ O. P. -8.00m* ²	-1.1m	
	東西	O. P. -13.50m～ O. P. -5.50m* ²	-2.2m	
第3号機補機冷却海水系 放水ピット		O. P. -15.00m～ O. P. -6.00m* ²	-3.1m	
屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側)		O. P. +5.00m～ O. P. +17.00m* ²	-3.2m	

*1：降雨を考慮した解析水位-設計用地下水位

*2：平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高

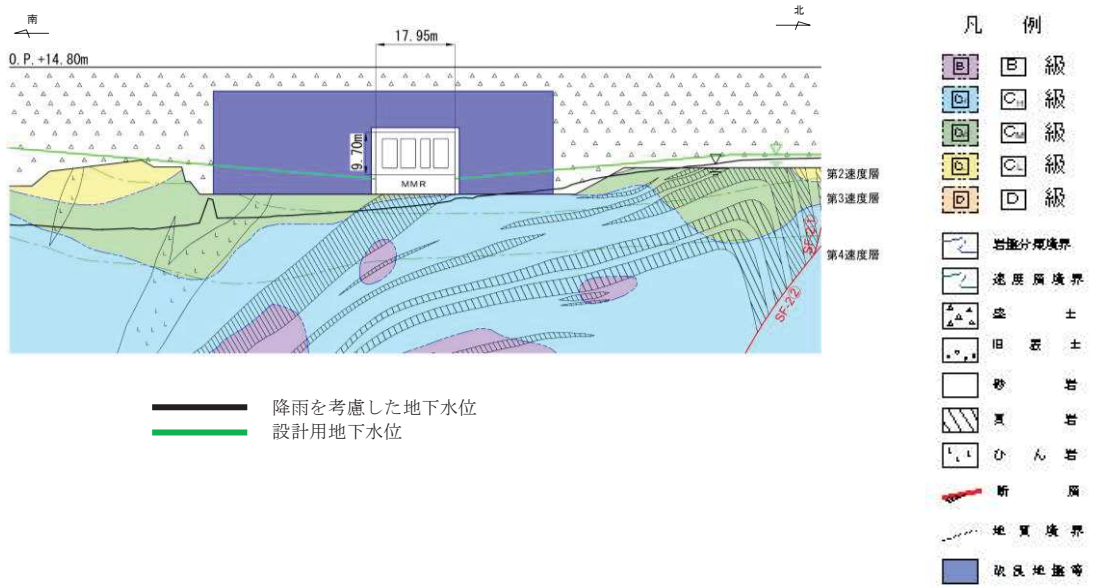
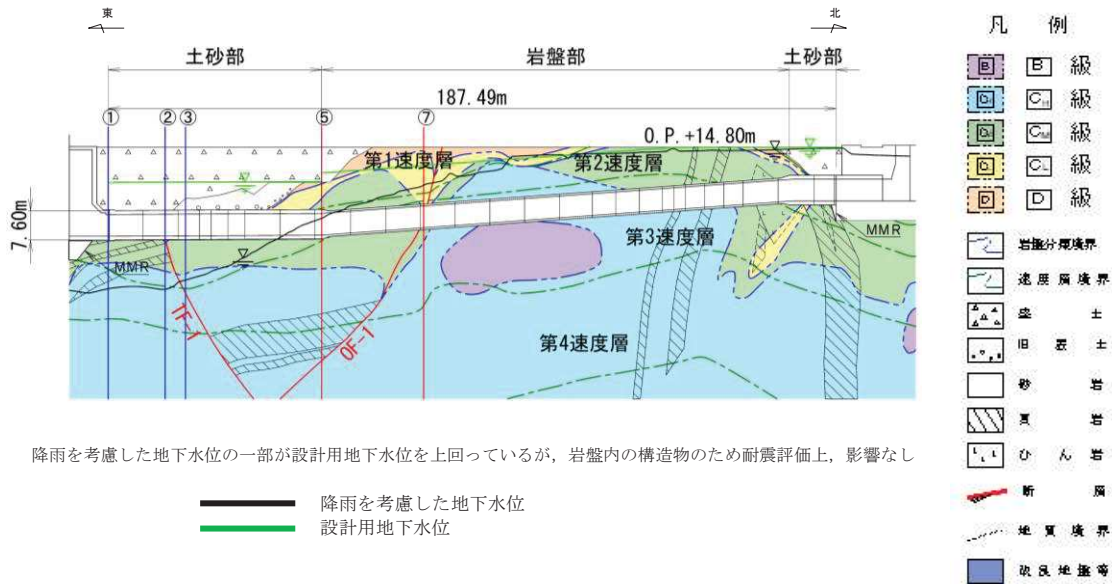


図 6-2-6 原子炉機器冷却海水配管ダクトにおける
設計用地下水水位と降雨を考慮した水位の比較
(横断)



降雨を考慮した地下水水位の一部が設計用地下水水位を上回っているが、岩盤内の構造物のため耐震評価上、影響なし

図 6-2-7 (1) 排気筒連絡ダクトにおける
設計用地下水水位と降雨を考慮した水位の比較
(縦断)

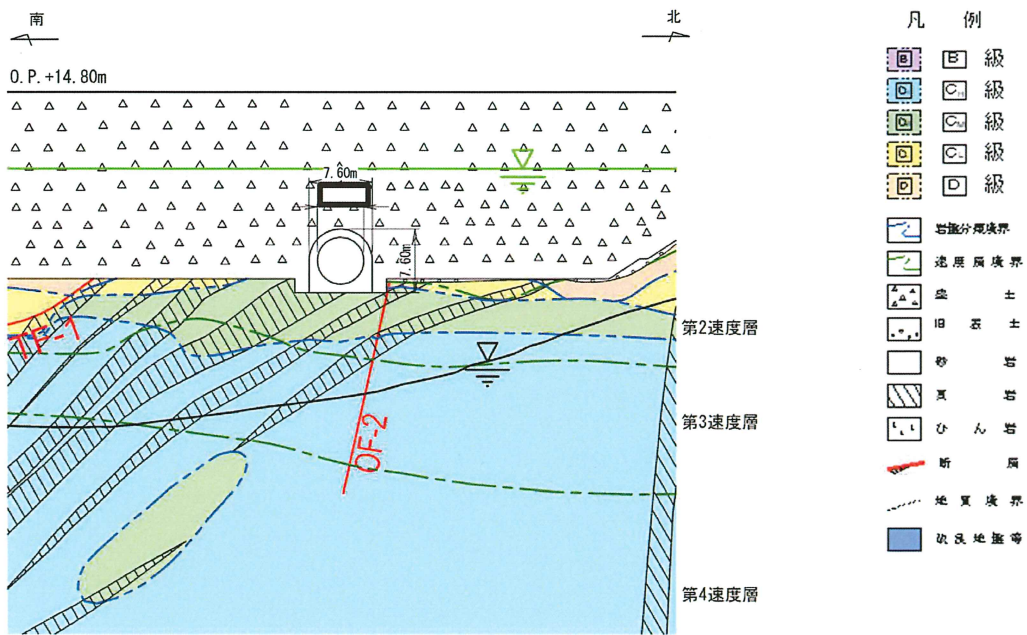


図 6-2-6 (2) 排気筒連絡ダクトにおける
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較 (横断(断面①))

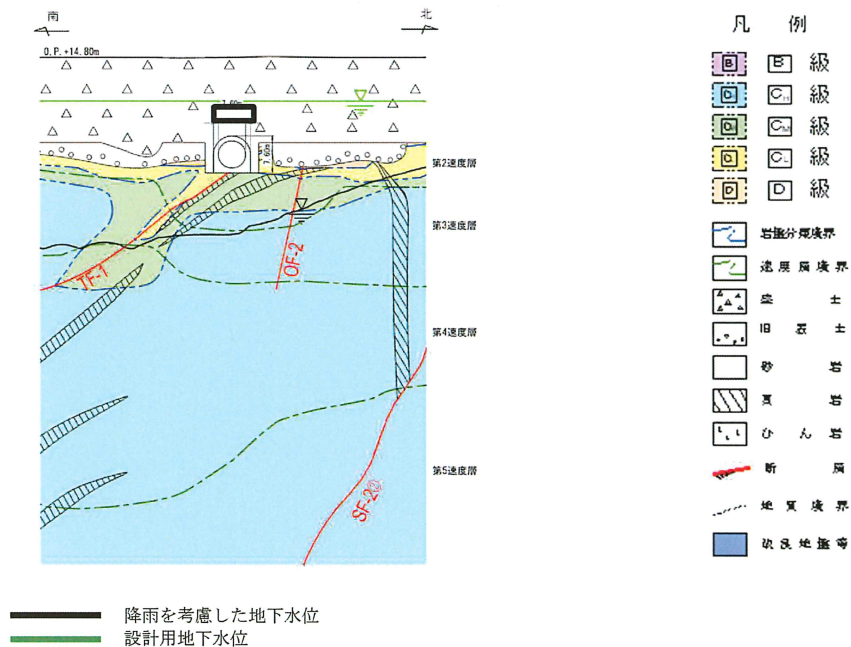


図 6-2-6 (3) 排気筒連絡ダクトにおける
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較 (横断(断面②))

(参考)6-2-10

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

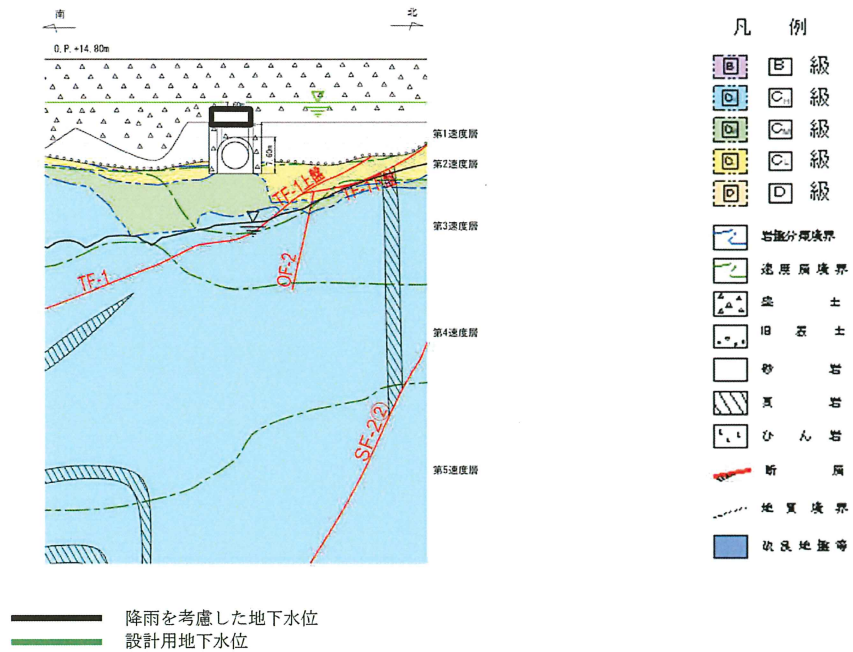


図 6-2-6 (4) 排気筒連絡ダクトにおける
 設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較 (横断(断面③))

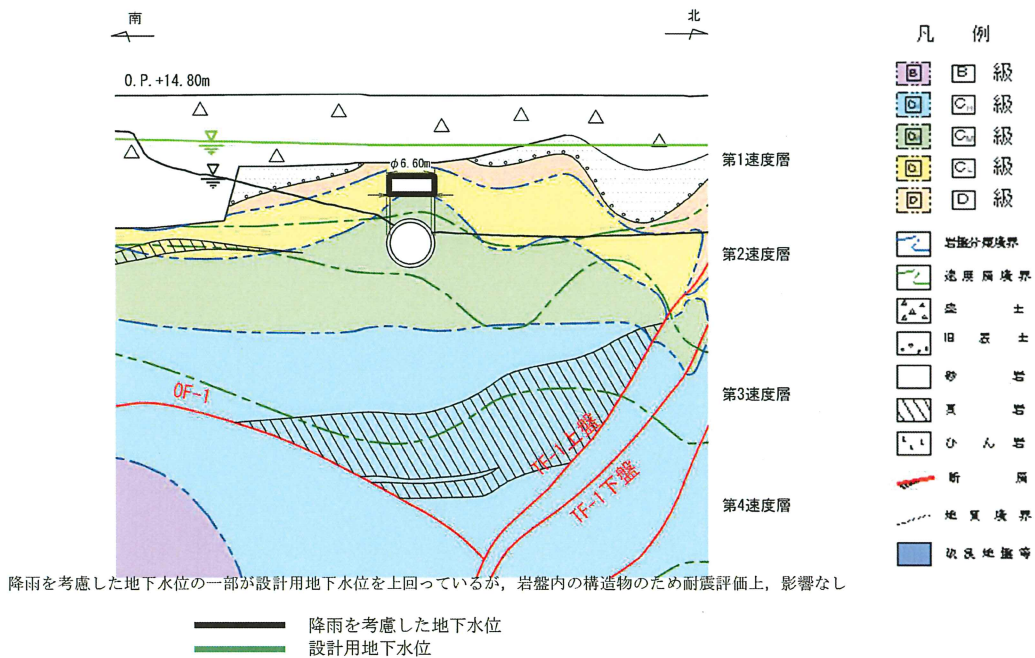
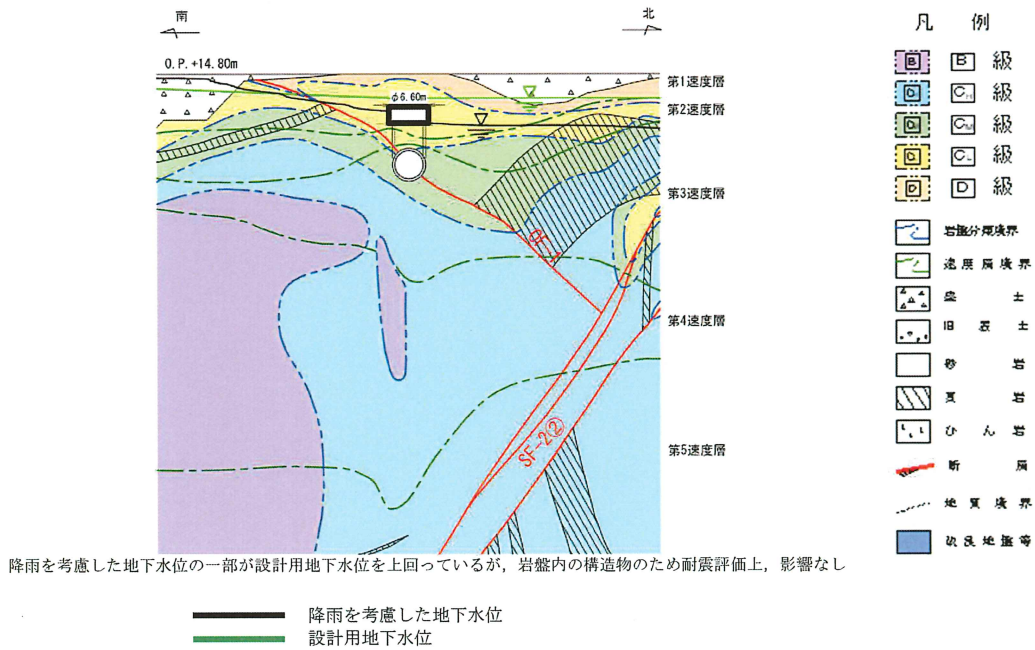


図 6-2-6 (5) 排気筒連絡ダクトにおける
 設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較 (横断(断面⑤))

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



降雨を考慮した地下水位の一部が設計用地下水位を上回っているが、岩盤内の構造物のため耐震評価上、影響なし

図 6-2-6 (6) 排気筒連絡ダクトにおける
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較 (横断(断面⑦))

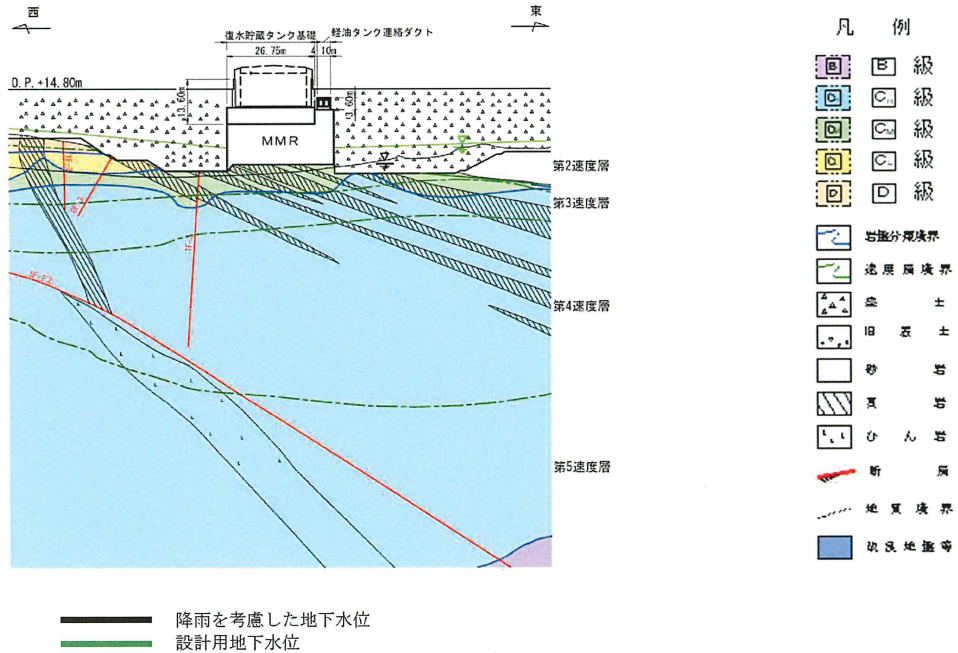
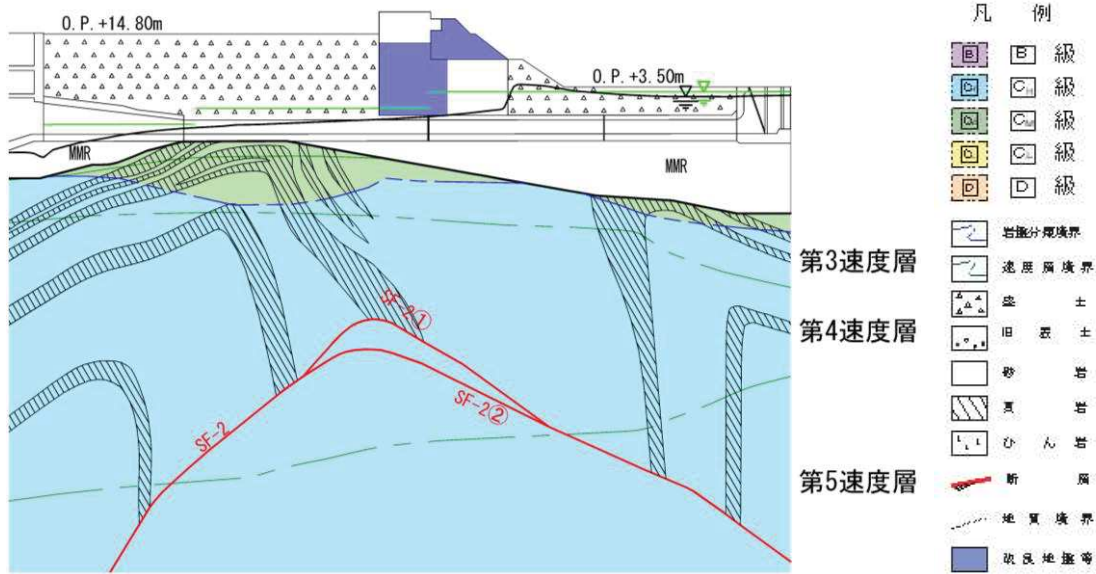


図 6-2-7 軽油タンク連絡ダクトにおける
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較 (東西)
(復水貯蔵タンク基礎の東西方向断面の設計用地下水位含む)

(参考)6-2-12

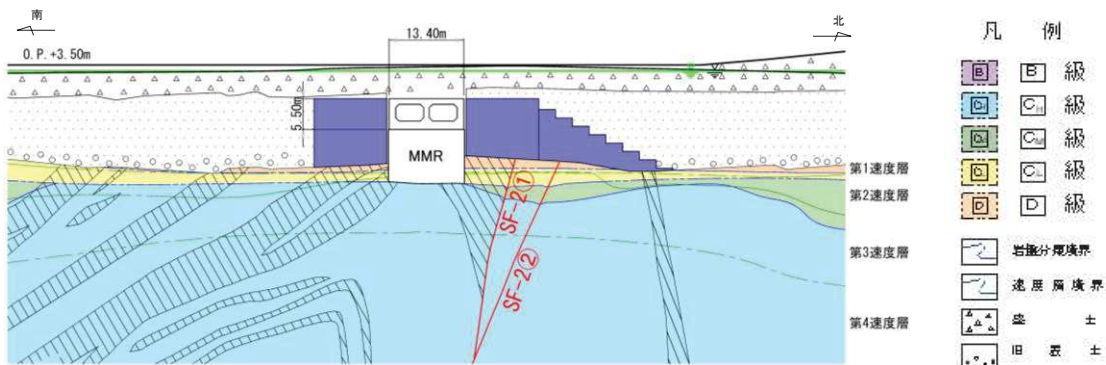
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



降雨を考慮した地下水位の一部が設計用地下水位を上回っているが、耐震評価上、影響ない程度と判断

— 降雨を考慮した地下水位
— 設計用地下水位

図 6-2-9 (1) 取水路における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(縦断)



降雨を考慮した地下水位の一部が設計用地下水位を上回っているが、地盤改良するため耐震評価上、影響なし

— 降雨を考慮した地下水位
— 設計用地下水位

図 6-2-9 (2) 取水路における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(横断(標準部①))
(改良地盤に囲まれる箇所)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

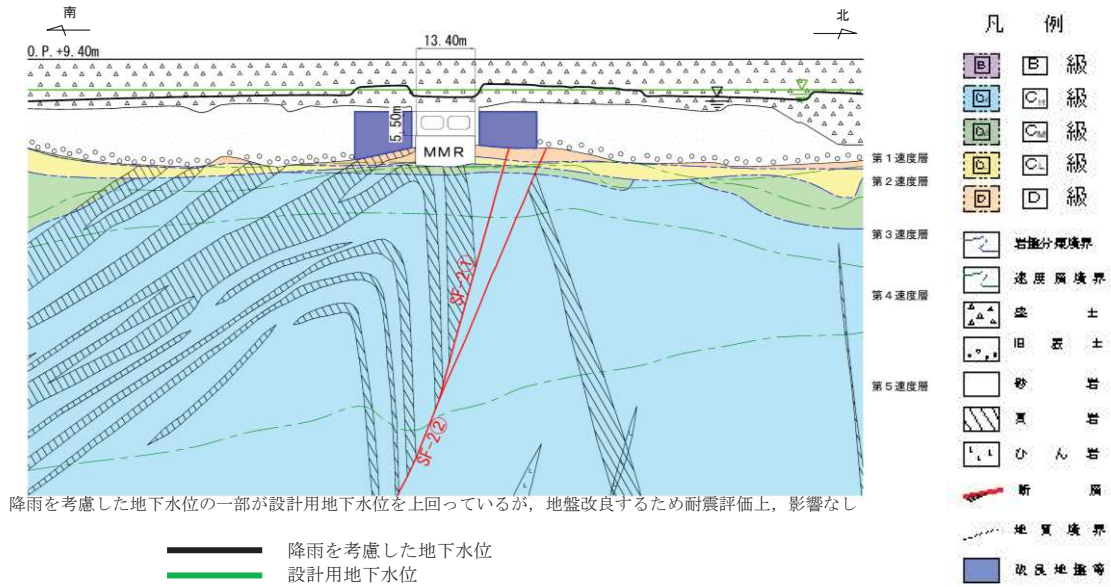


図 6-2-9 (3) 取水路における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(横断(標準部②))
(改良地盤に囲まれる箇所以外)

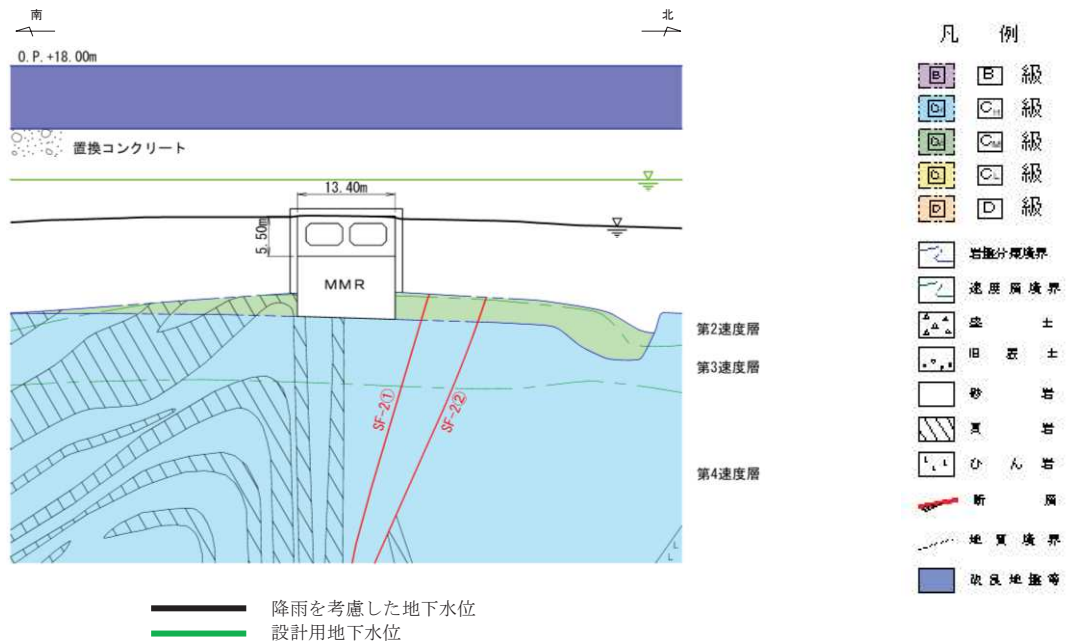


図 6-2-9 (4) 取水路における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(横断(標準部③))
(防潮堤を横断する箇所(1))

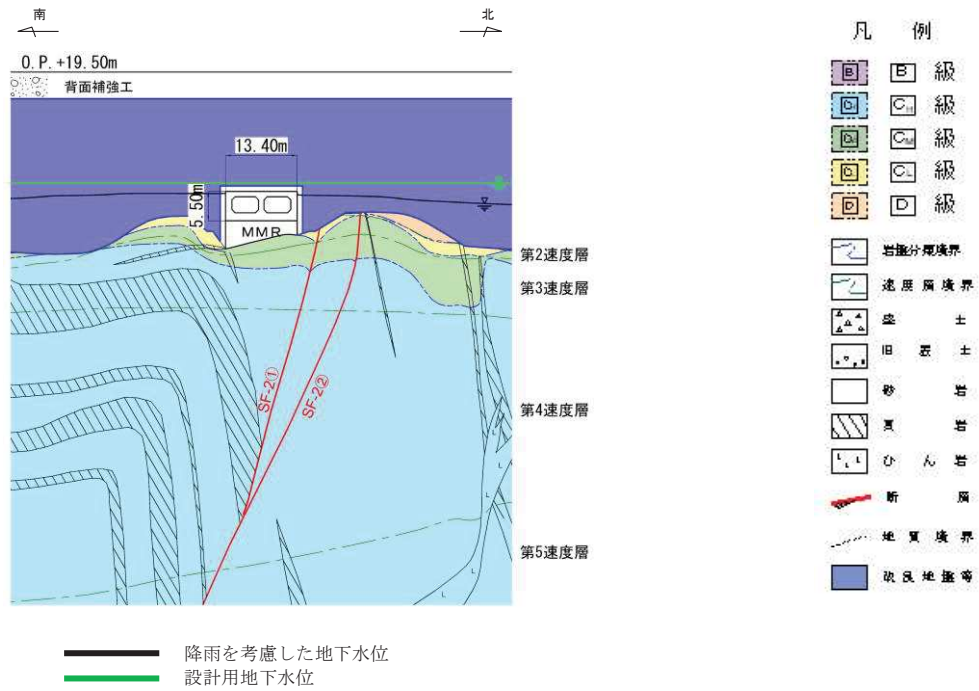


図 6-2-9 (5) 取水路における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(横断 (標準部④))
(防潮堤を横断する箇所(2))

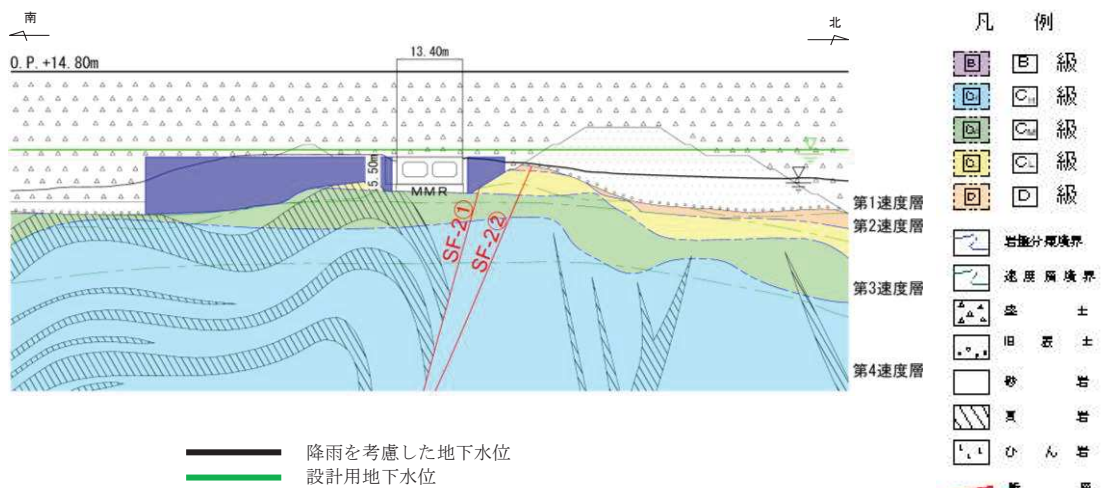


図 6-2-9 (6) 取水路における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(曲がり部) (南北)

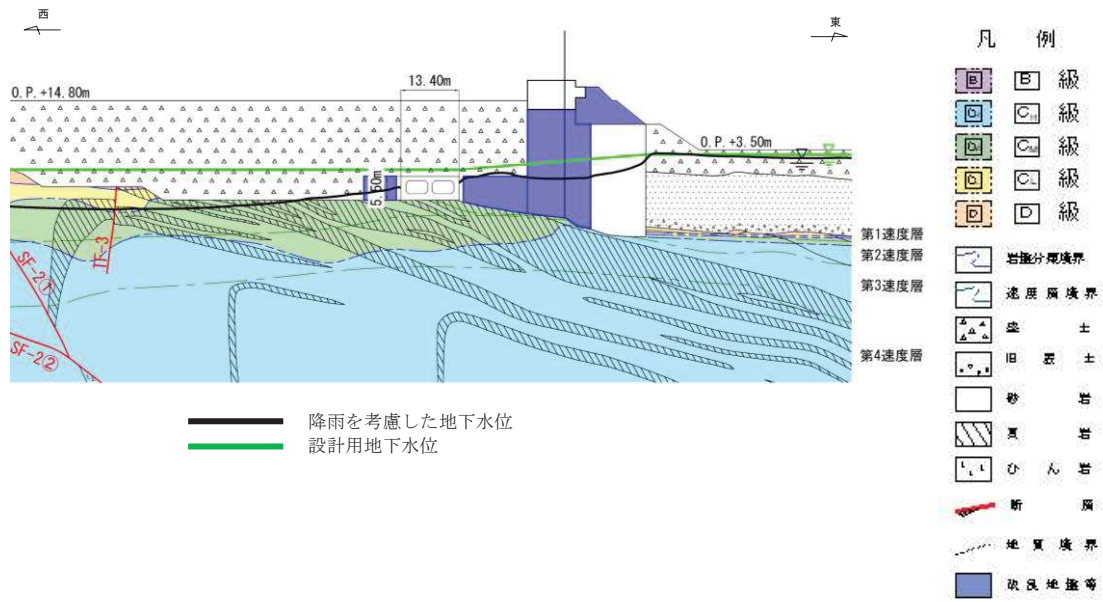


図 6-2-9 (7) 取水路における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(曲がり部) (東西)

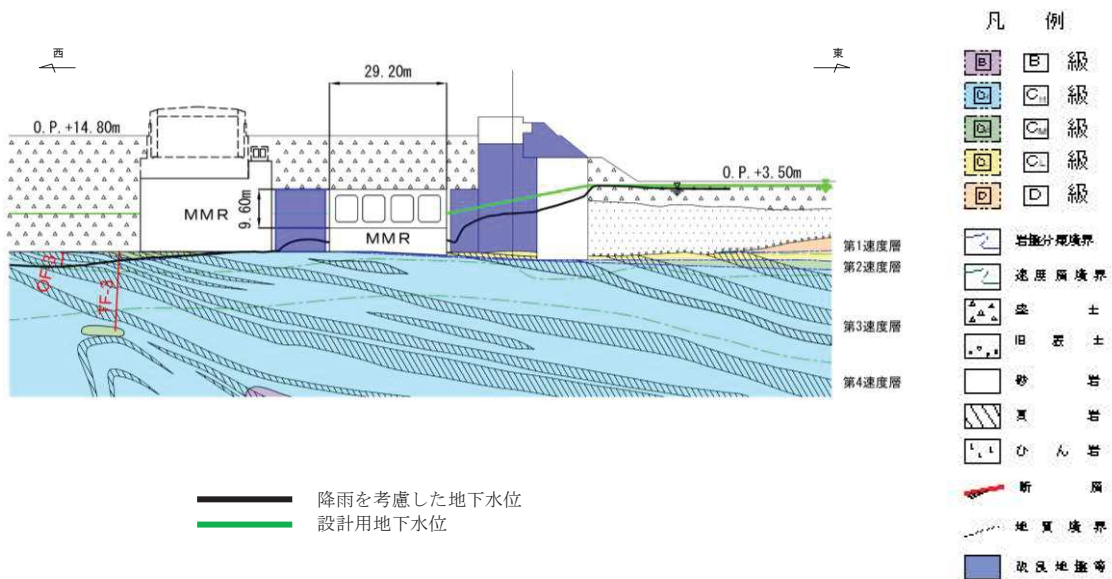


図 6-2-9 (8) 取水路における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(漸拡部) (東西)

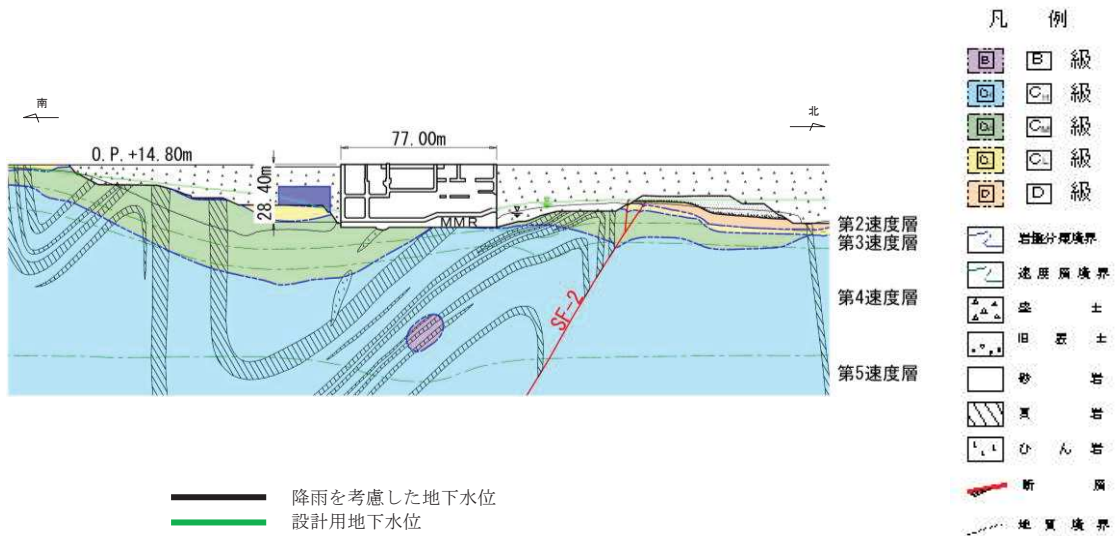


図 6-2-10 (1) 海水ポンプ室における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(縦断)

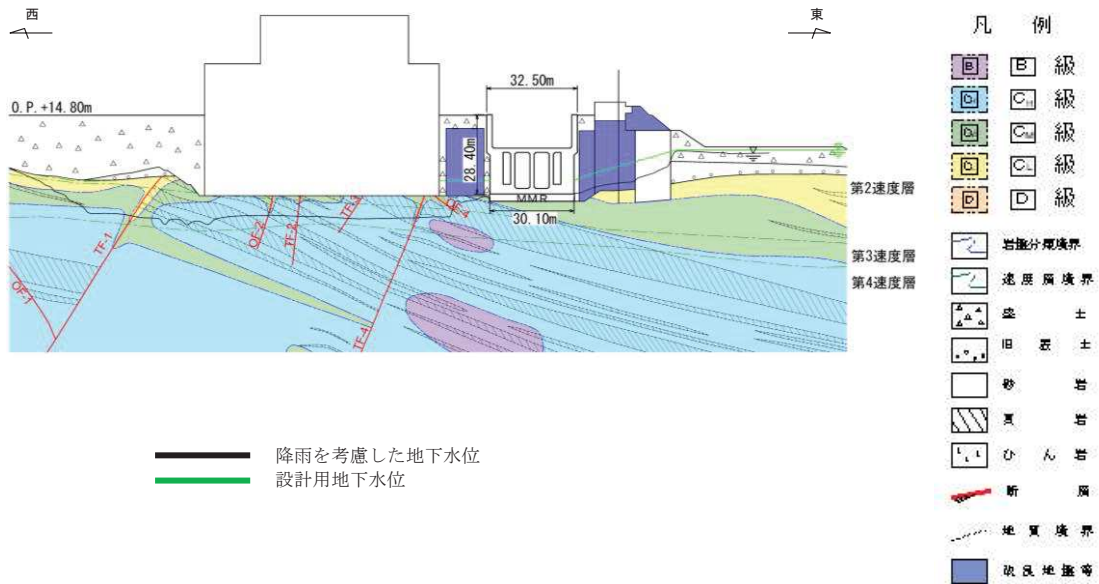


図 6-2-10 (2) 海水ポンプ室における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(横断)

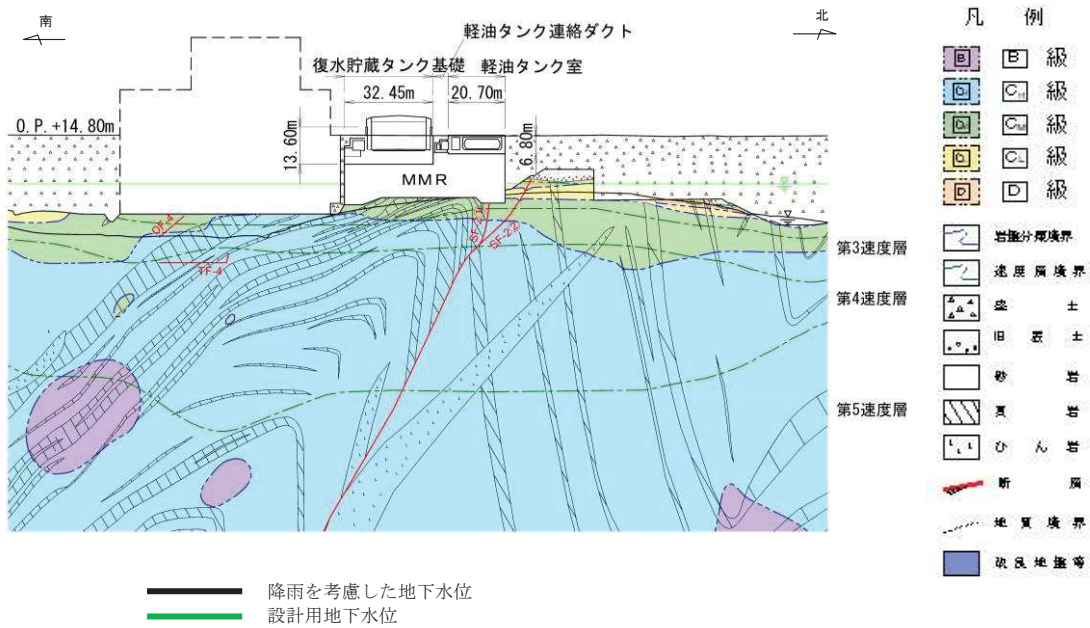


図 6-2-11 軽油タンク室における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(南北)

(復水貯蔵タンク基礎の南北方向断面の設計用地下水位を含む)

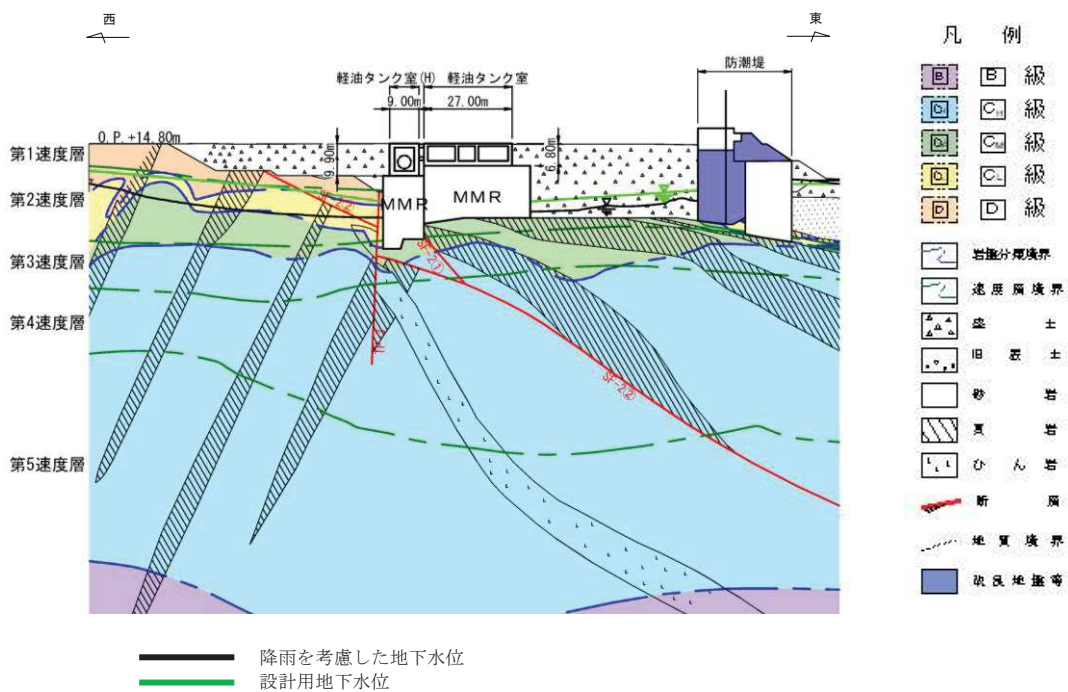


図 6-2-12 (1) 軽油タンク室, 軽油タンク室 (H) における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(東西)

(参考)6-2-18

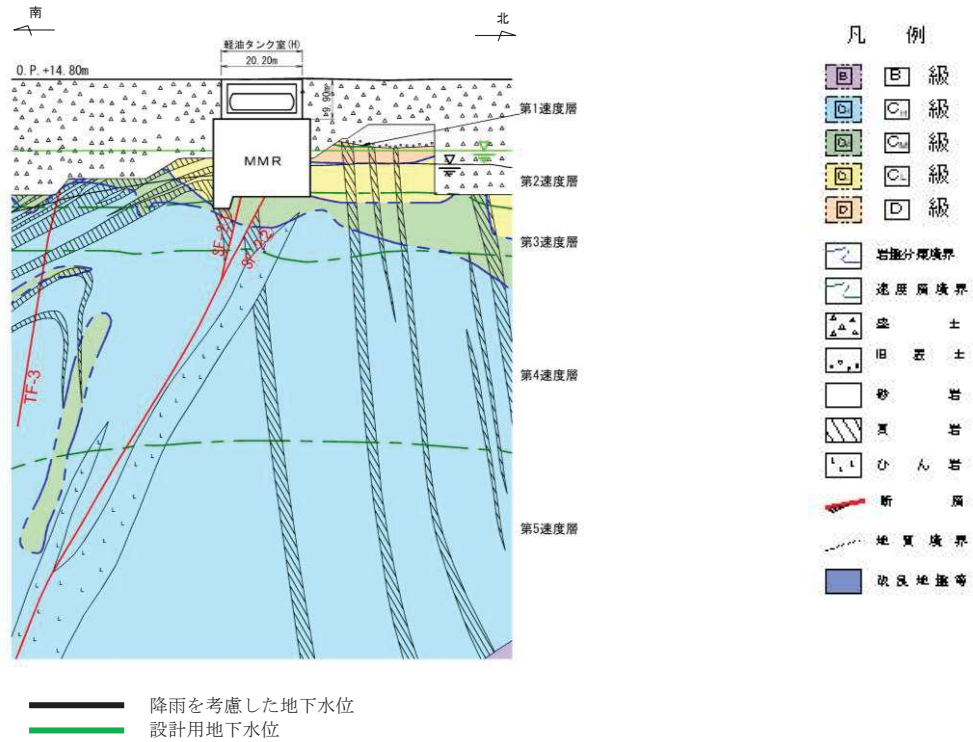


図 6-2-12 (2) 軽油タンク室 (H) における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(南北)

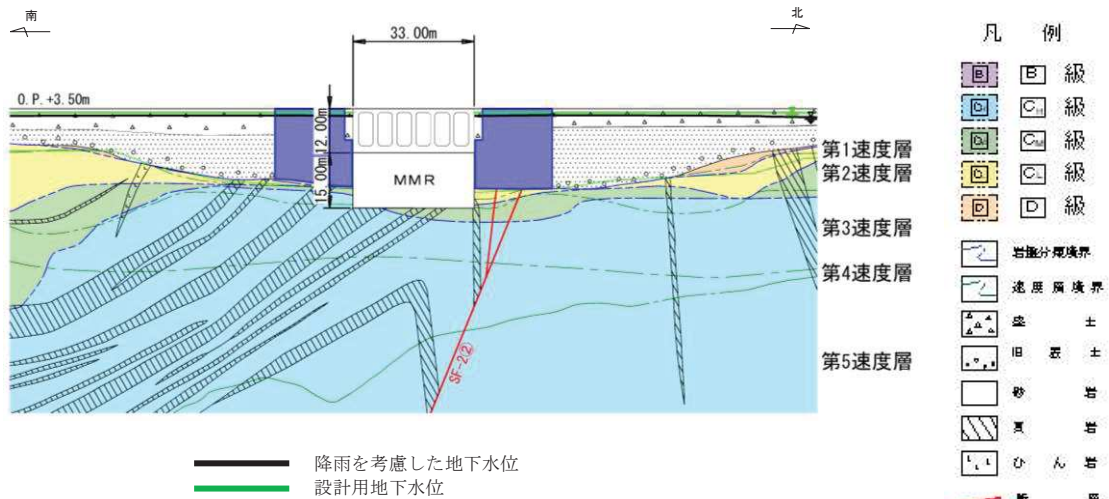


図 6-2-12 (1) 取水口 (標準部) における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(南北)

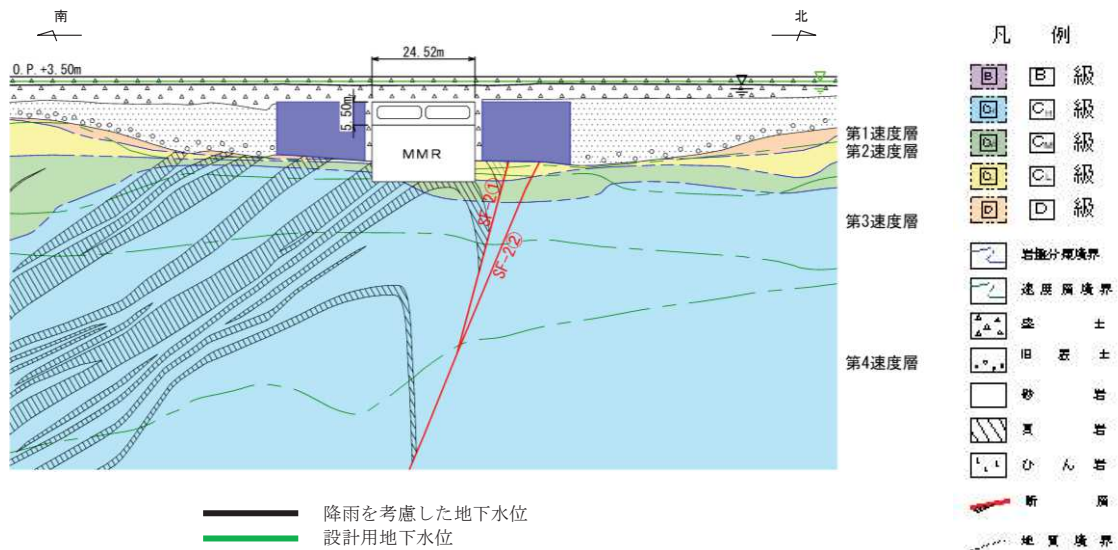
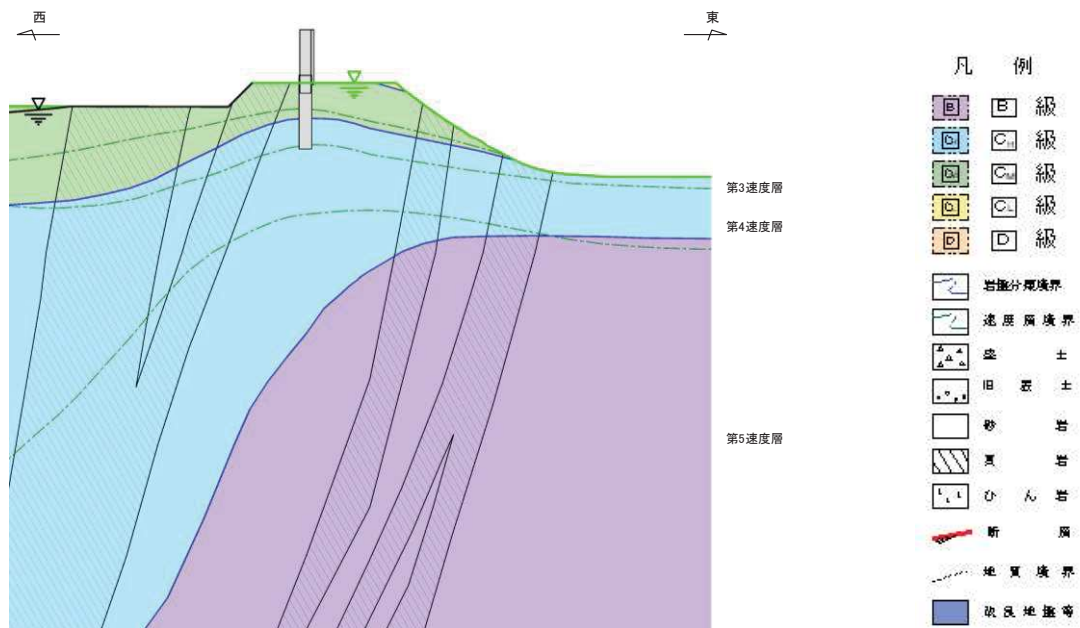


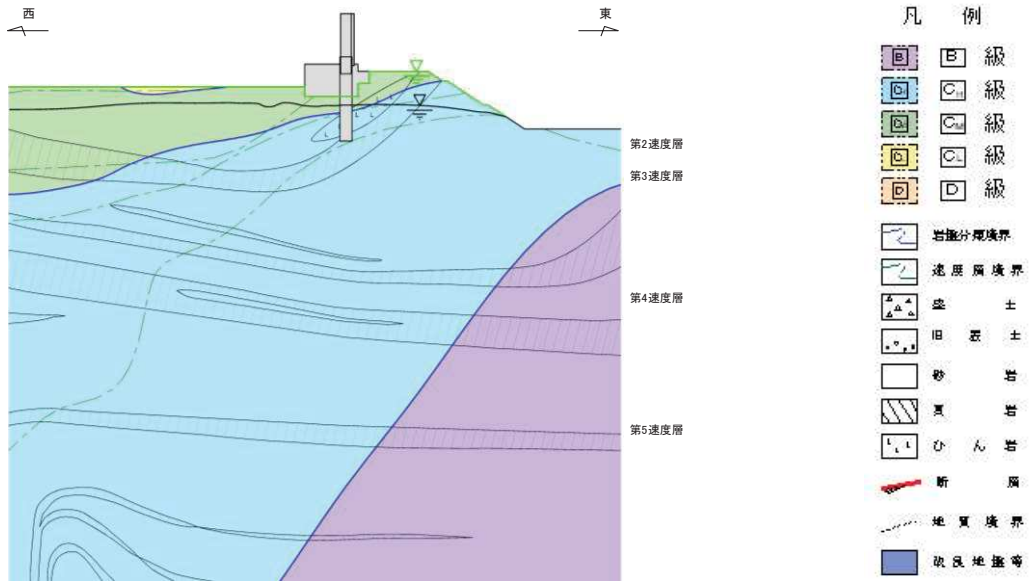
図 6-2-12 (2) 取水口（漸縮部）における
 設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
 （南北）



*：防潮堤の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

図 6-2-13 (1) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）における
 設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
 （岩盤部①）

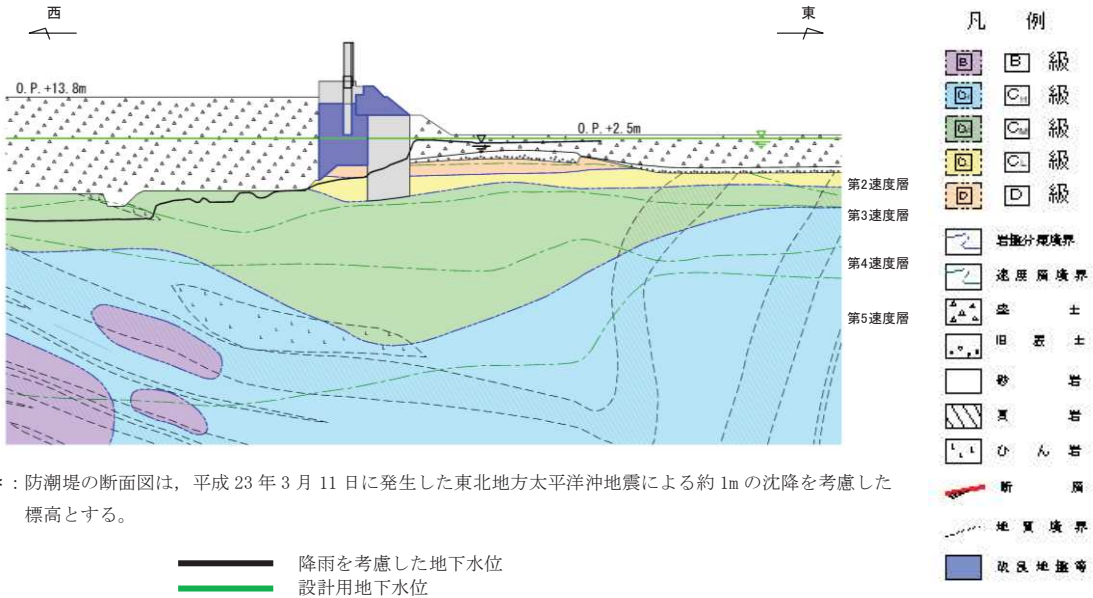
（参考）6-2-20



*：防潮堤の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

—— 降雨を考慮した地下水位
 —— 設計用地下水位

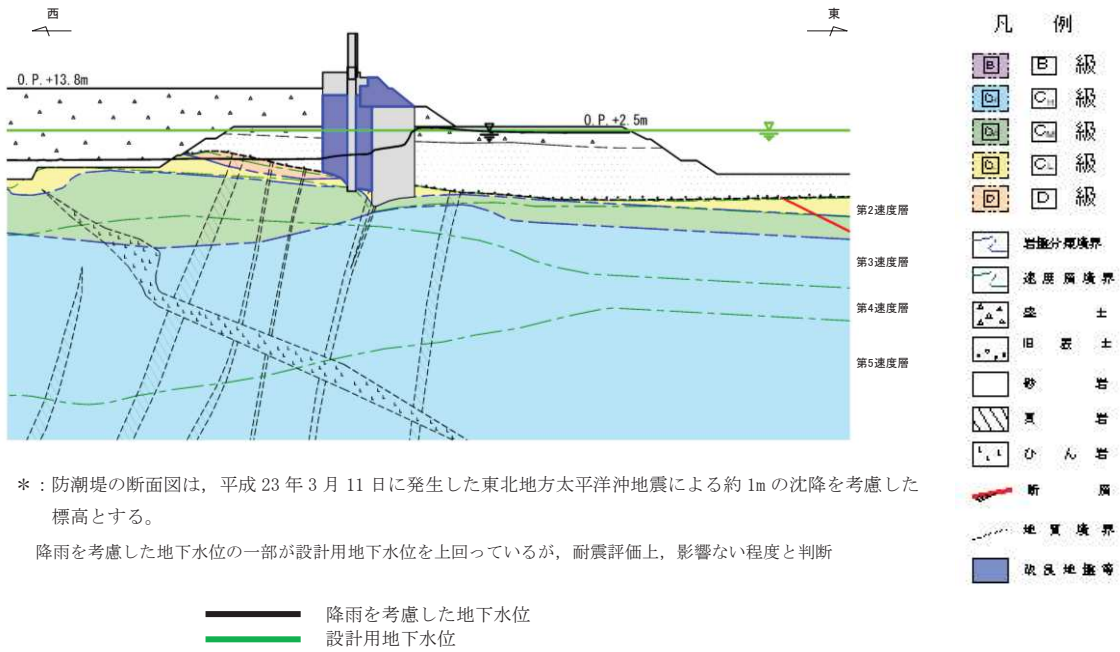
図 6-2-13 (2) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）における
 設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
 (岩盤部②)



*：防潮堤の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

—— 降雨を考慮した地下水位
 —— 設計用地下水位

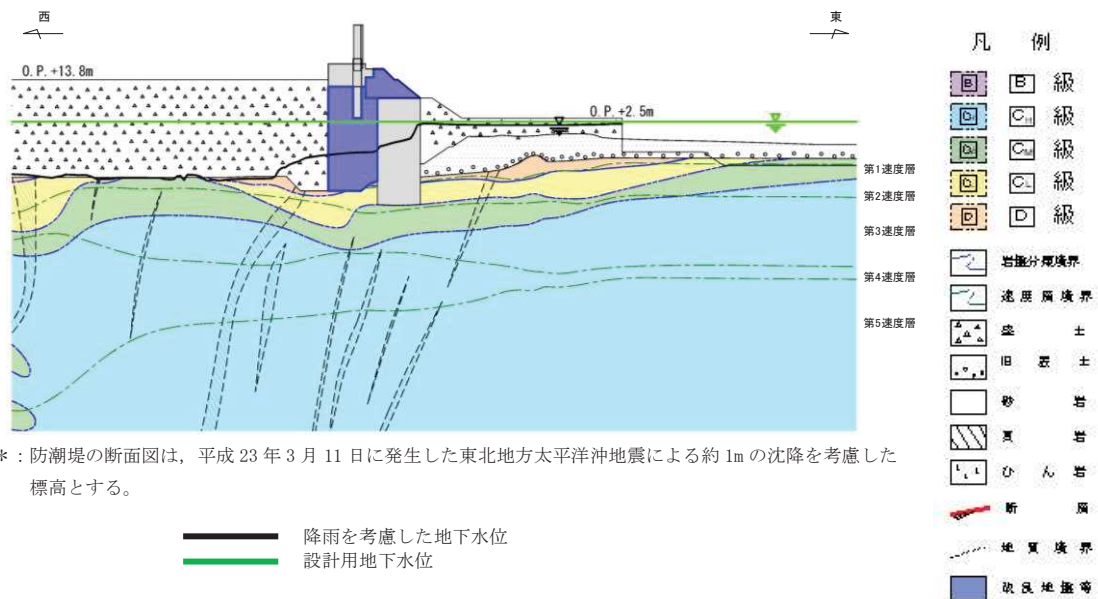
図 6-2-13 (3) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）における
 設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
 (一般部①)
 (参考)6-2-21



*：防潮堤の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

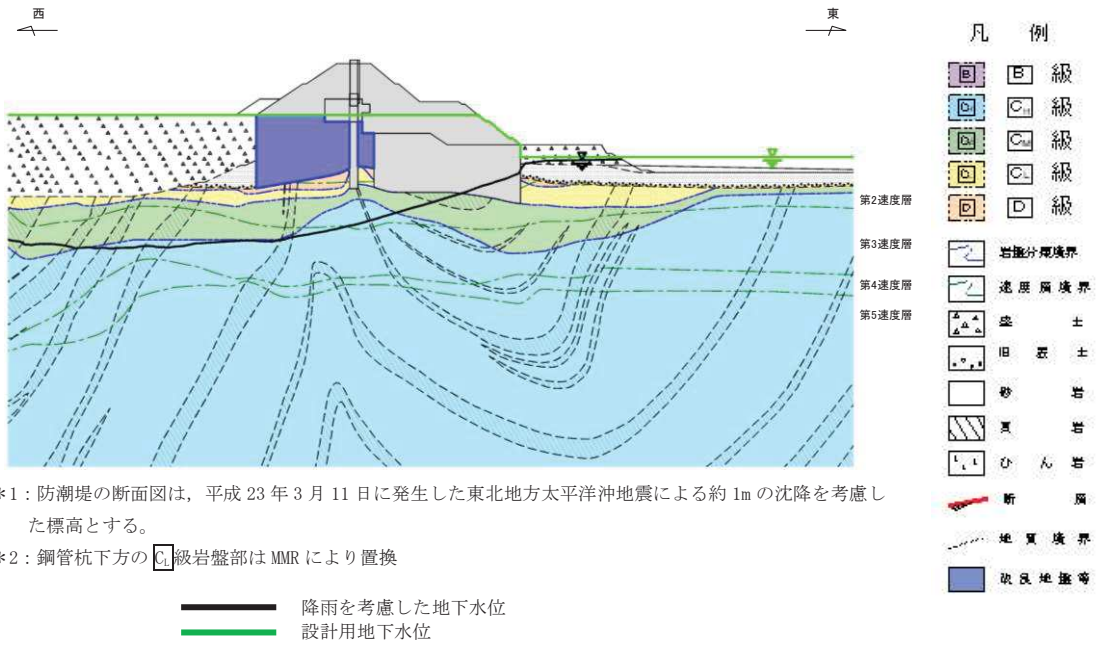
降雨を考慮した地下水位の一部が設計用地下水位を上回っているが、耐震評価上、影響ない程度と判断

図 6-2-13 (4) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較（一般部②）



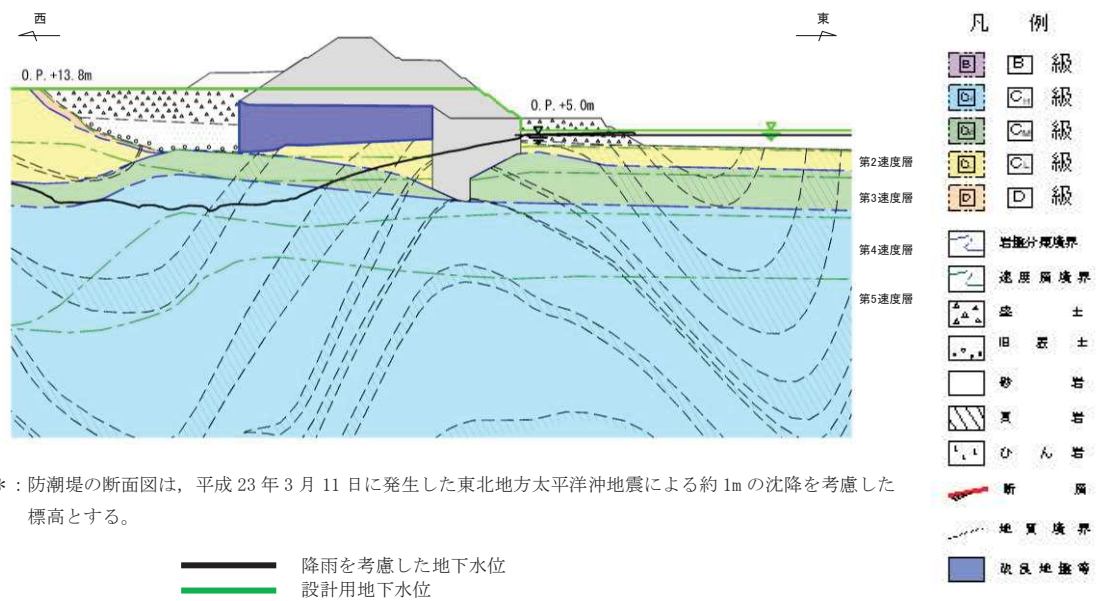
*：防潮堤の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 6-2-13 (5) 防潮堤（鋼管式鉛直壁）における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較（一般部③）



- *1: 防潮堤の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方のC₁級岩盤部はMMRにより置換

図 6-2-13 (6) 防潮堤（盛土堤防）における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較（横断①）



- *: 防潮堤の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

図 6-2-13 (7) 防潮堤（盛土堤防）における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較（横断②）

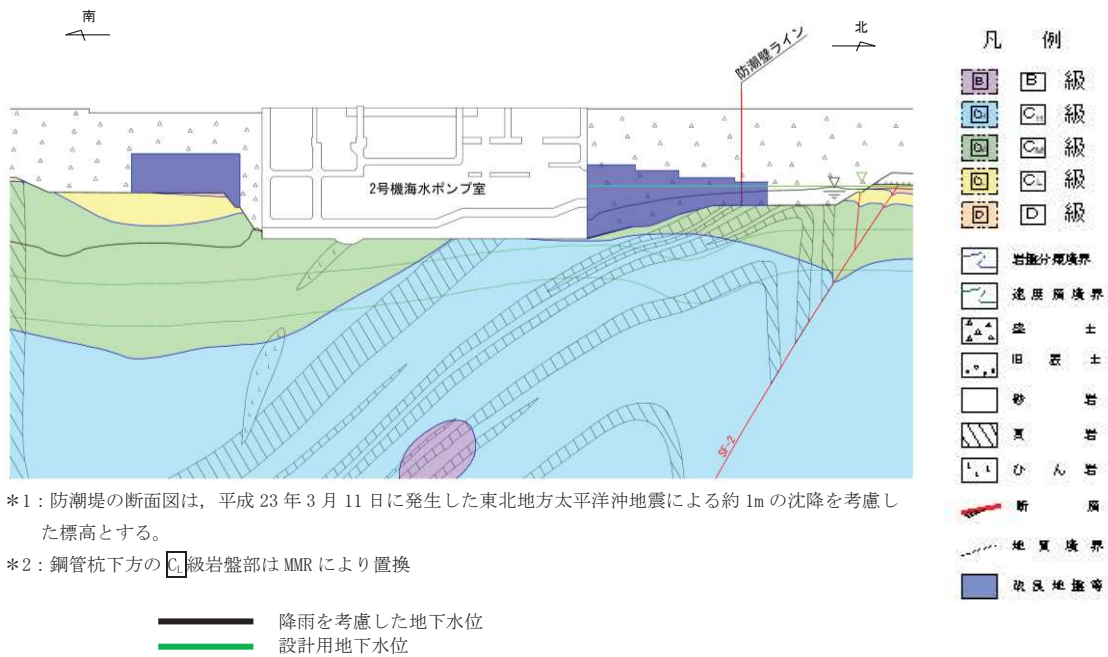


図 6-2-14 (1) 防潮壁における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(2号機海水ポンプ室) (2号機海水ポンプ室横断方向の地下水位分布(南北)) (3/3)

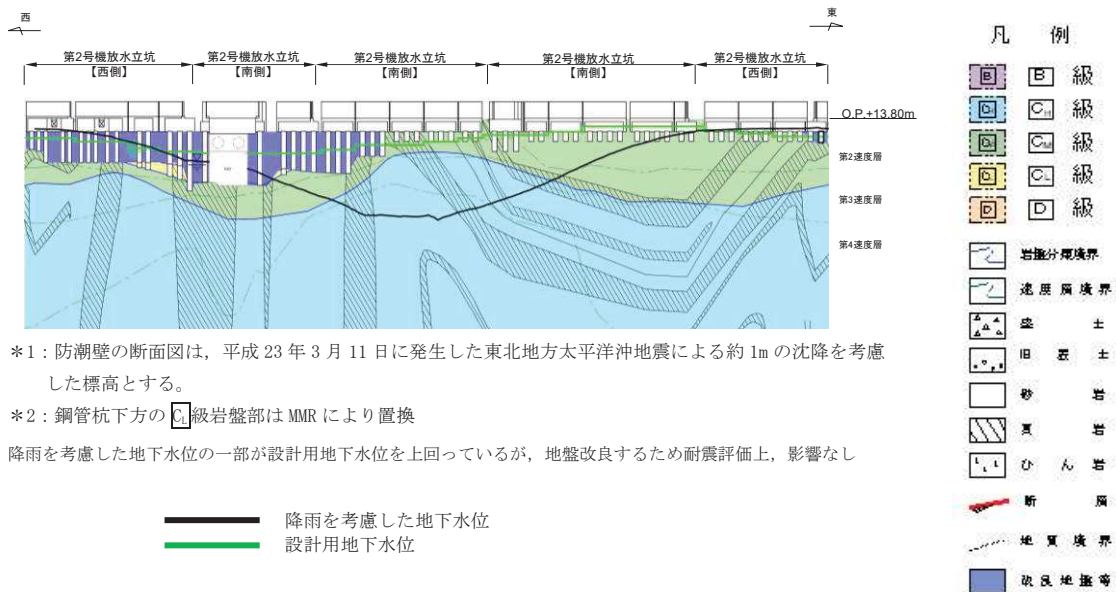
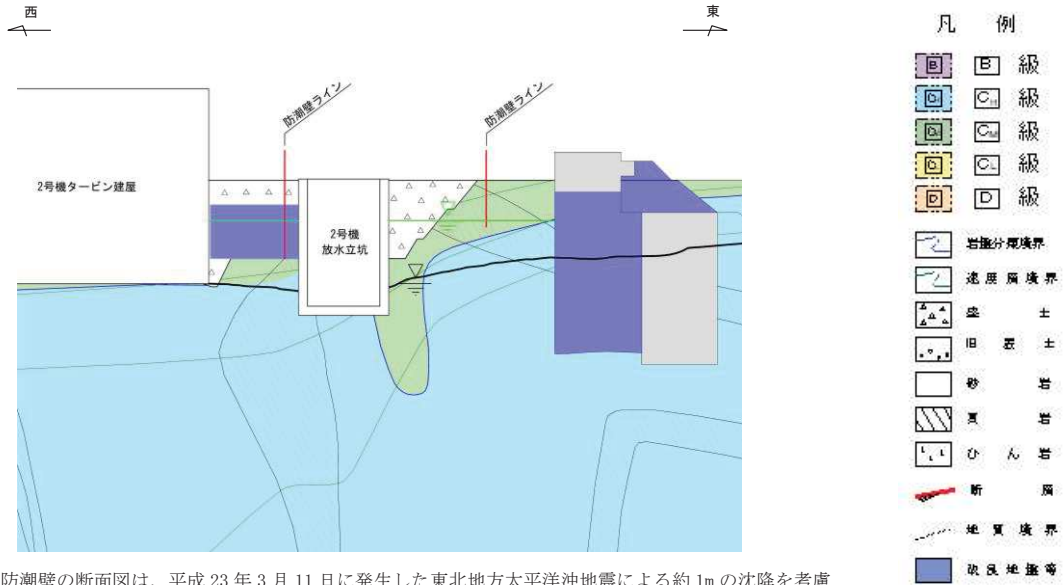


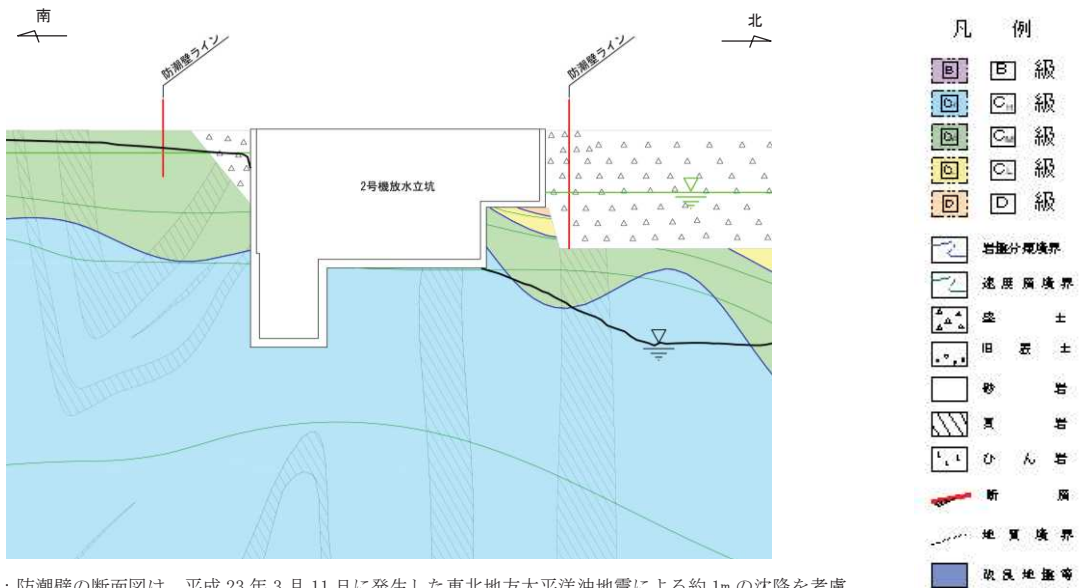
図 6-2-14 (2) 防潮壁における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(2号機放水立坑) (1/3)



- *1: 防潮壁の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方の C₁ 級岩盤部は MMR により置換

降雨を考慮した地下水位
 設計用地下水位

図 6-2-14 (2) 防潮壁における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(2号機放水立坑) (2号機放水立坑横断方向の地下水位分布(東西)) (2/3)



- *1: 防潮壁の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。
- *2: 鋼管杭下方の C₁ 級岩盤部は MMR により置換

降雨を考慮した地下水位
 設計用地下水位

図 6-2-14 (2) 防潮壁における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(2号機放水立坑) (2号機放水立坑横断方向の地下水位分布(南北)) (3/3)

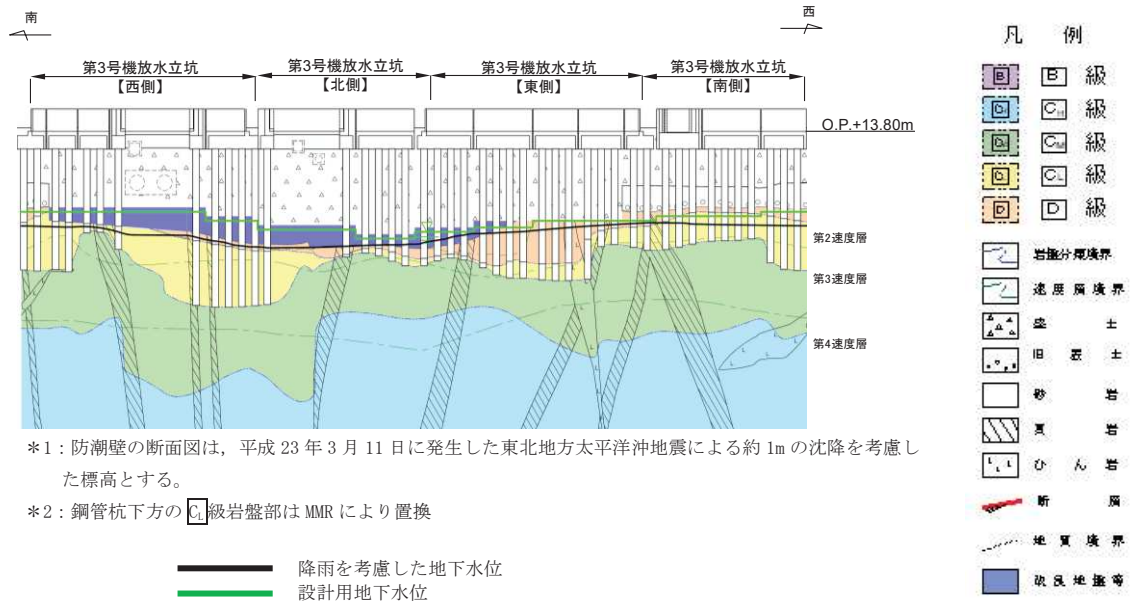


図 6-2-14 (4) 防潮壁における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(3号機放水立坑) (1/3)

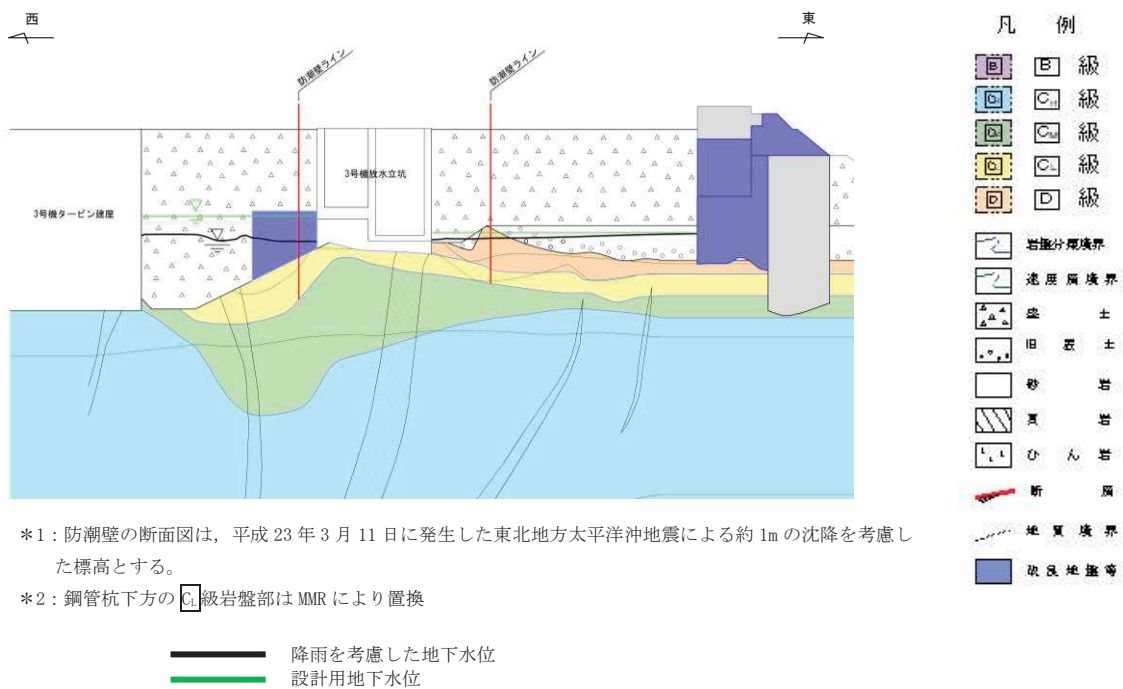
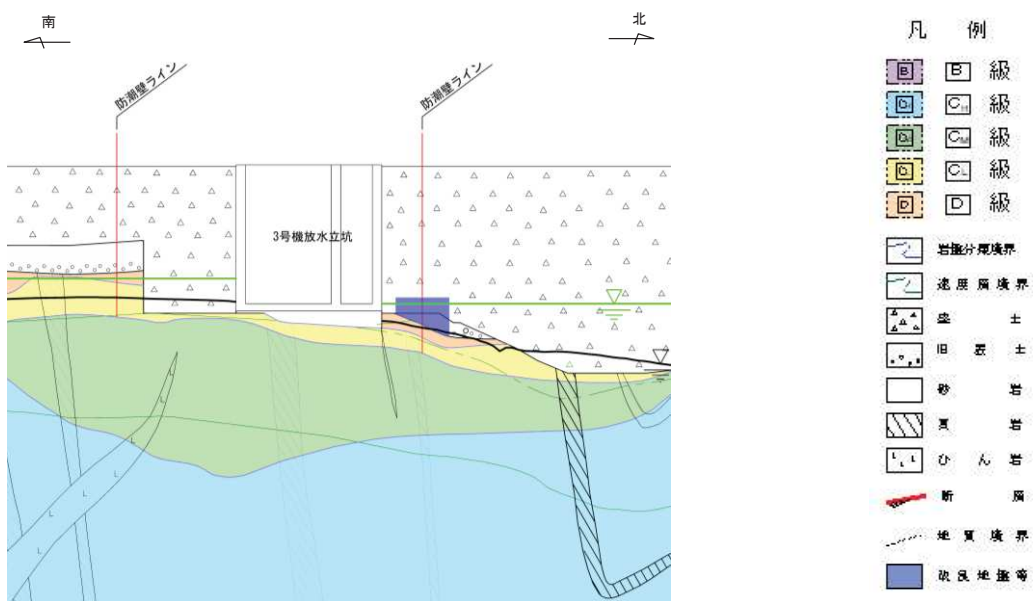


図 6-2-14 (4) 防潮壁における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(3号機放水立坑) (3号機放水立坑横断方向の地下水位分布(東西)) (2/3)

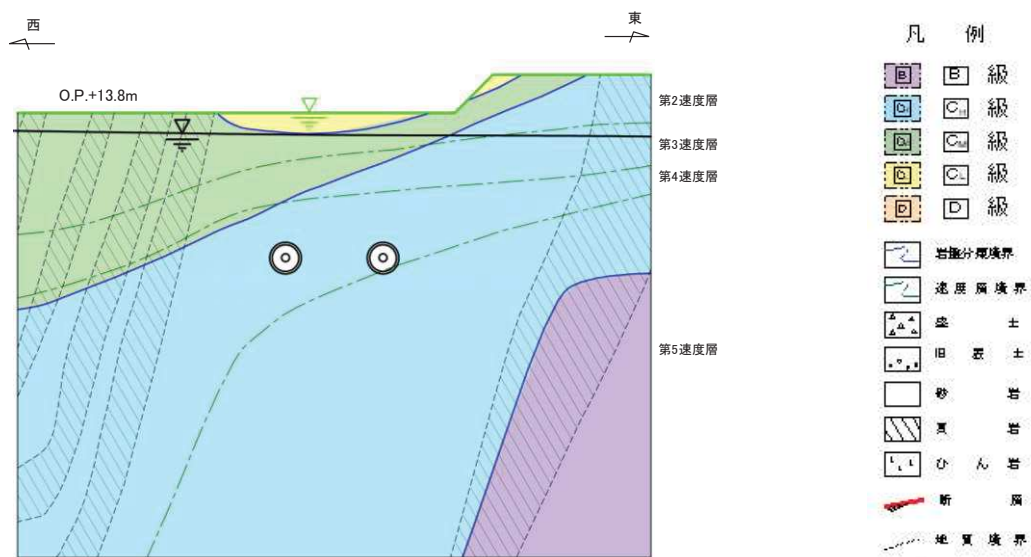


*1: 防潮壁の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

*2: 鋼管杭下方の C₁ 級岩盤部は MMR により置換

—— 降雨を考慮した地下水位
 - - - 設計用地下水位

図 6-2-14 (4) 防潮壁における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
 (3号機放水立坑) (3号機放水立坑横断方向の地下水位分布(南北)) (3/3)



*: 取放水路流路縮小工の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

—— 降雨を考慮した地下水位
 - - - 設計用地下水位

図 6-2-15 (1) 取放水路流路縮小工における

(参考)6-2-29

設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(1号機取水路)

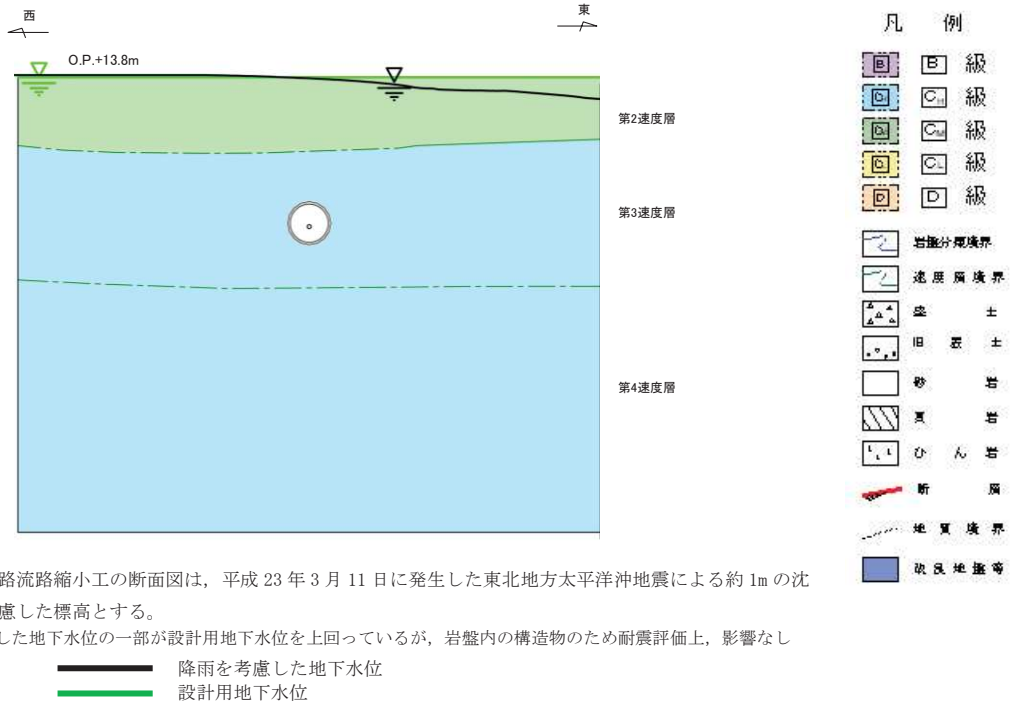


図 6-2-15 (2) 取放水路流路縮小工における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(1号機放水路)

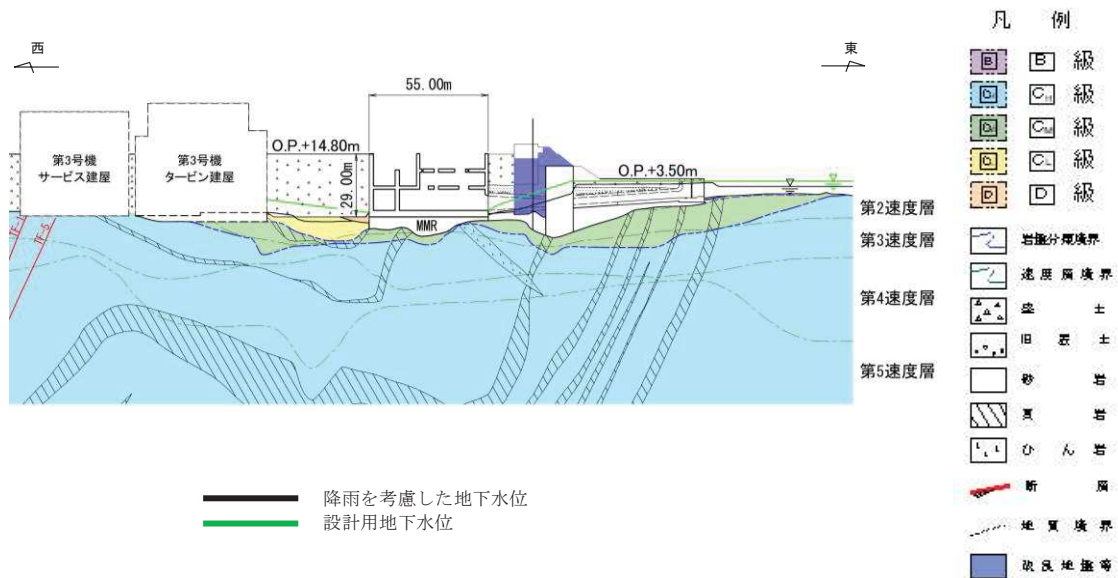


図 6-2-16 (1) 第3号機海水ポンプ室における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(参考)6-2-30

(縦断)

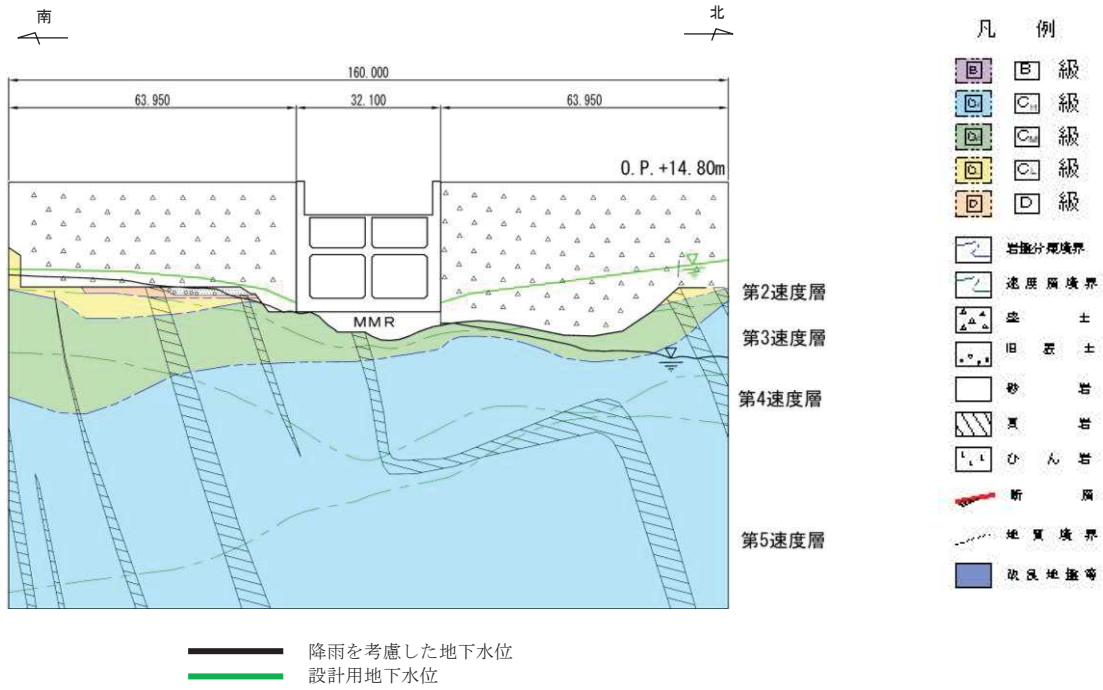
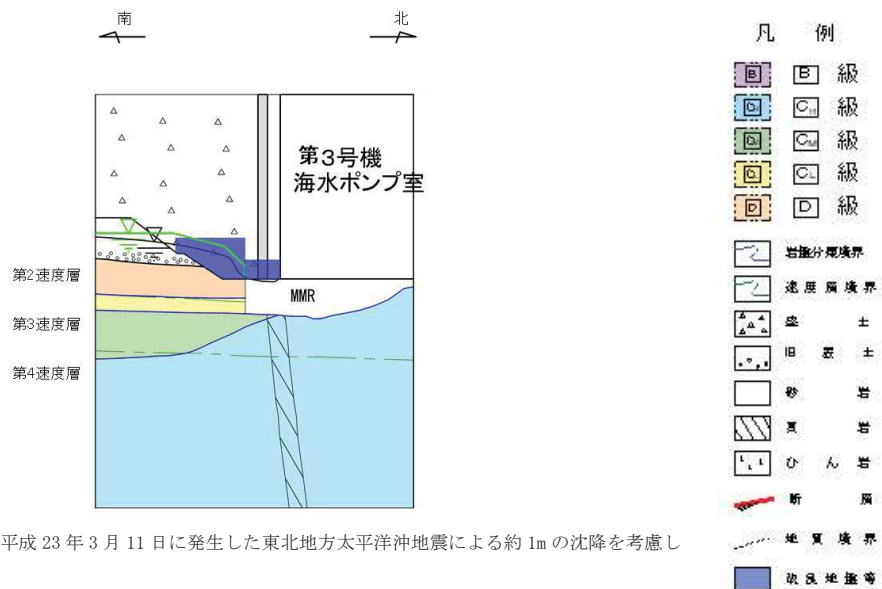


図 6-2-16 (2) 第 3 号機海水ポンプ室における
設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較
(横断)

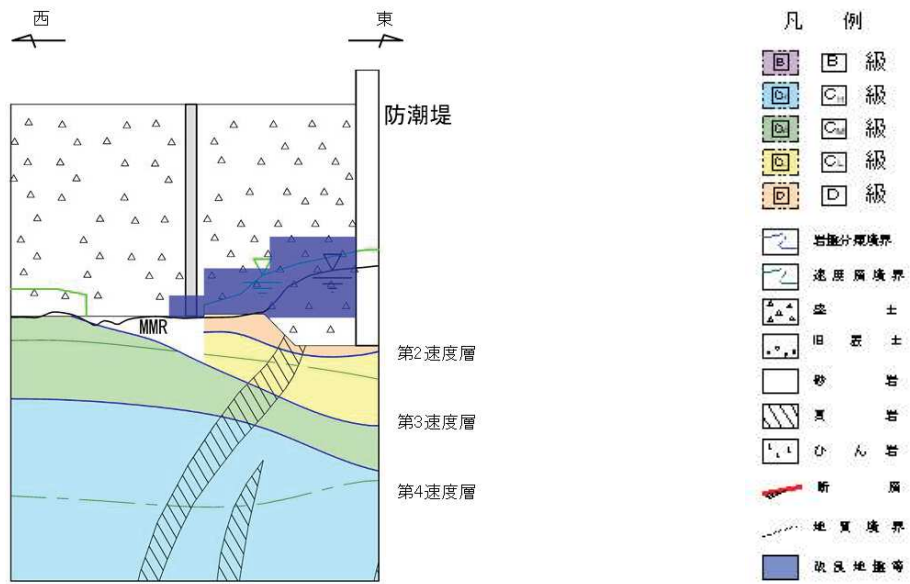


* : 揚水井戸の断面図は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈降を考慮した標高とする。

—— 降雨を考慮した地下水位
—— 設計用地下水位

図 6-2-17 (1) 揚水井戸の設計用地下水位 (南北)

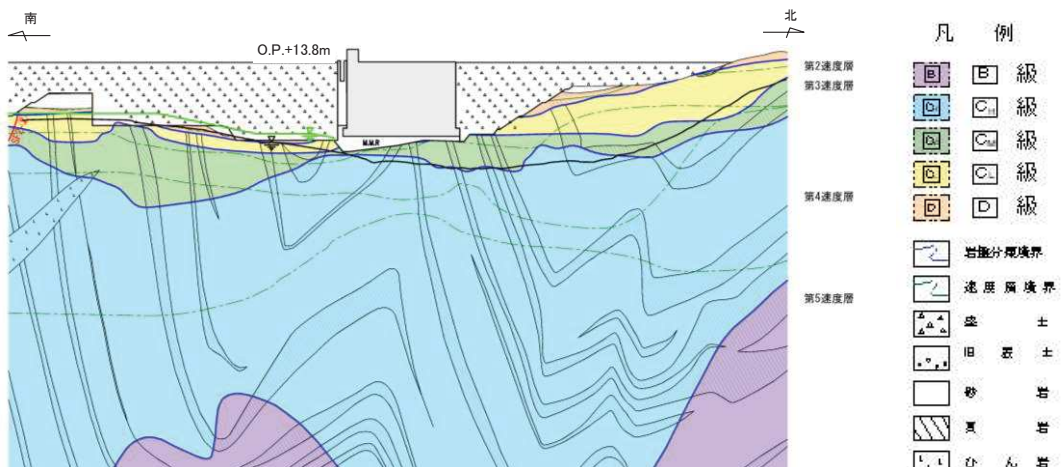
(参考)6-2-31



*：揚水井戸の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

— 降雨を考慮した地下水位
 — 設計用地下水位

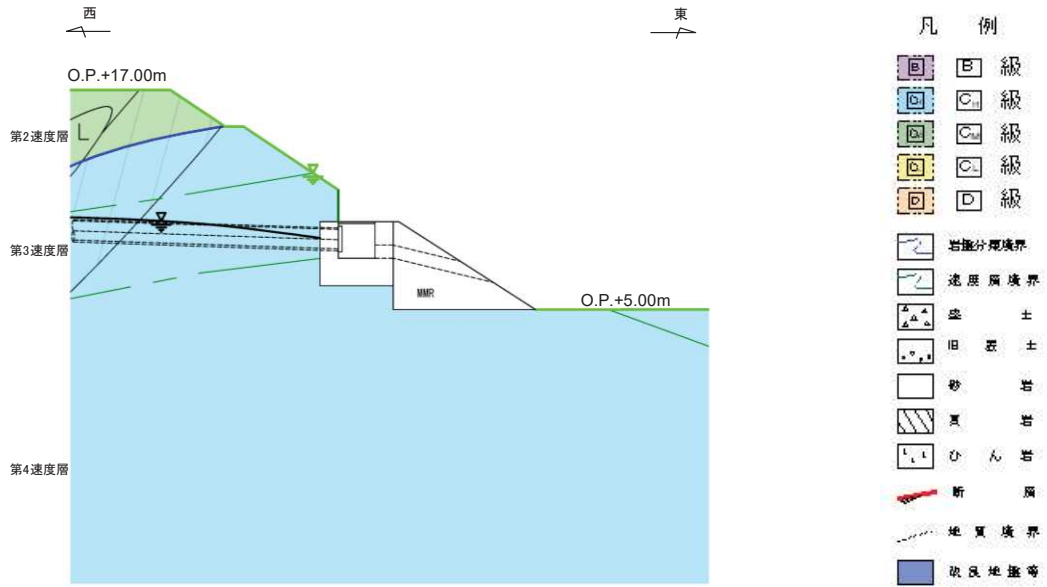
図 6-2-17 (2) 揚水井戸の設計用地下水位 (東西)



*：第3号機補機冷却系海水系放水ピットの断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

— 降雨を考慮した地下水位
 — 設計用地下水位

図 6-2-18 第3号機補機冷却海水系放水ピットにおける設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較



*：逆流防止設備の断面図は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による約1mの沈降を考慮した標高とする。

—— 降雨を考慮した地下水位
 —— 設計用地下水位

図 6-2-19 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）における設計用地下水位と降雨を考慮した水位の比較

(参考資料7) 工事計画認可段階における詳細検討を踏まえた補足事項について

設置変更許可段階において説明した方針を踏まえ、工認計画認可段階における詳細検討において具体化した主な事項について、表 7-1 の通り整理した。

表 7-1(1) 工事計画認可段階における詳細検討を踏まえた補足事項(地下水位設定・浸透流解析)

No.	分類	項目	工事計画認可段階における詳細検討を踏まえた補足事項		該当箇所
1-1	地下水位設定	施設毎の設計用地下水位の設定	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 排気筒：地下水位低下設備の機能を考慮 ・ 緊急時対策建屋：自然水位より保守的に設定した水位又は地表面 ・ 緊急用電気品建屋：同上 ・ ガスタービン発電設備軽油タンク室：同上 	参考資料 2-2
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上記施設は全て地表面に設計用地下水位を設定し耐震評価を実施した。 	
2-1	浸透流解析	水位評価における機能喪失モードの設定	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 浸透流解析において、動的機器の単一故障（ポンプ故障）、静的機器の単一故障（ドレーン閉塞）について設計上配慮する方針としていた。 	3. 3. 2(2)
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 浸透流解析において、動的機器の単一故障（ポンプ故障）を考慮し1方の系統が機能喪失しても設計揚圧力以下に保持できる設計とした。 ・ 更に保守的な配慮として、ポンプ故障により揚水井戸単位での機能喪失が各エリアで同時発生することを仮定した4通りの浸透流解析を行い、これを包絡する水位を設計用地下水位の設定において参照する方針とした。 ・ 静的機器の単一故障（ドレーン閉塞）を考慮し、浸透流解析において期待するドレーンの有効範囲を設定した。 	
2-2	浸透流解析	集水機能に期待するドレーンの範囲	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐久性・耐震性・保守管理性の観点及び設置許可基準規則第12条（安全施設）にて要求される多重性の観点から、一部新設する計画も含めて、期待可能と考えられるドレーンの範囲を示した。 	参考資料 2-5, 4-3
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 詳細設計段階で、設置変更許可段階において示した考え方に基づき、新設計画と併せてドレーンの有効範囲を再検討。 ・ 地下水位低下設備の機能喪失後の水位上昇を仮定した時間余裕を十分確保するために、設置変更許可段階の想定よりも広範囲にドレーン（有孔鋼管）を設置する計画とし、浸透流解析により具体的な設置深さ・設置範囲を設定した。 	

表 7-1(2) 工事計画認可段階における詳細検討を踏まえた補足事項（設備構成・信頼性向上）

No.	分類	項目	工事計画認可段階における詳細検討を踏まえた補足事項		該当箇所
3-1		地下水位低下設備を新設するエリア	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋エリア、排気筒エリア、3号機海水熱交換器建屋エリアに、それぞれ揚水井戸及びドレーンを新設する計画（検討例）を示した。 	3.3.2(2) 参考資料 3-1
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> 詳細設計の結果、地下水位低下設備を原子炉建屋エリア・3号機海水熱交換器建屋エリアに新設することにより、対象施設の耐震安全性を確保できる見通しを得た。 このため、設置変更許可段階において示した考え方（フロー）に基づきドレーンの有効範囲を再検討し、地下水位低下設備の新設範囲を設定した。 	
3-2	設備構成	新設ドレーンの配置範囲	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> 建屋下に新設するドレーン（有孔鋼管）については、工事計画認可段階において実施する浸透流解析により詳細配置等を決定する方針としていた。（既設の建屋直下にある塩ビ管と同程度の数量を配置した図を例示） 	3.3.2(2) 参考資料 3-2
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> 3次元浸透流解析の前提を満足するよう、排水勾配等も考慮し、建屋下に新設するドレーン（有孔鋼管）の詳細配置を設定した。 新設するドレーンは、試験施工を実施し施工の成立見通しを確認した。 	
3-3		新設揚水井戸の配置	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> 多重性を考慮し、原子炉建屋の東側・西側に各1箇所、3号機海水熱交換器建屋の東側に2箇所、揚水井戸を新設する計画を示した。 	参考資料 2-5、3-1、 3-2
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> 数量や多重化の考え方は、設置変更許可段階において説明した方針から変更なし。 揚水井戸の詳細位置については、工事計画認可段階における新設井戸の構造検討や、既設構造物との干渉等も考慮し設定した。 	
4-1		常設ポンプの信頼性向上	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> 各揚水井戸に1台の常設ポンプを設置する計画を示した。 	参考資料 2-5、3-1、 4-1、4-3
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> 水位低下措置の確実性並びに保守管理性向上の観点から、各揚水井戸へ揚水ポンプを2台設置（設計上必要な揚水ポンプ1台と、同スペックの揚水ポンプ1台を追設）し、揚水ポンプの単一故障時においても集水機能が喪失しない設計とした。 	
4-2	信頼性向上	可搬ポンプの位置付け	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> 地下水位低下設備の機能喪失への対応として、復旧のための予備品及び可搬型設備を配備する。なお、機能喪失時の対応については、運転管理上の方針として保安規定に定めて、管理していく。 	参考資料 4-1、4-3
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> 設置変更許可段階において説明した方針から変更なし。 なお、4-1の通常常設ポンプの信頼性向上を図ることを踏まえ、可搬ポンプは電力自主設備として取扱う。 	
4-3		水位計の信頼性向上	設置変更許可段階	<ul style="list-style-type: none"> 各揚水井戸に1台の水位計を設置する計画を示した。 	参考資料 3-1
			工事計画認可段階	<ul style="list-style-type: none"> 各揚水井戸に3台の水位計を設置する設計とした。（設備多重化） 	