

女川原子力発電所2号炉
地下水位の設定について
(審査会合での指摘事項に対する回答)

平成30年11月6日
東北電力株式会社

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨	2
2. はじめに	4
3. 地下水位低下設備の概要	7
4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響	18
5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針	28
6. 今後の地下水位の設定方針	36
補足説明資料	
補足説明資料1 敷地の水文環境	38
補足説明資料2 地下水位低下設備のうち揚水井戸・ドレーンの状況	40
参考資料	
参考資料1 三次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響確認結果(通常時) (第601回審査会合(H30.7.17) 資料3-1-1 修正)	43

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨

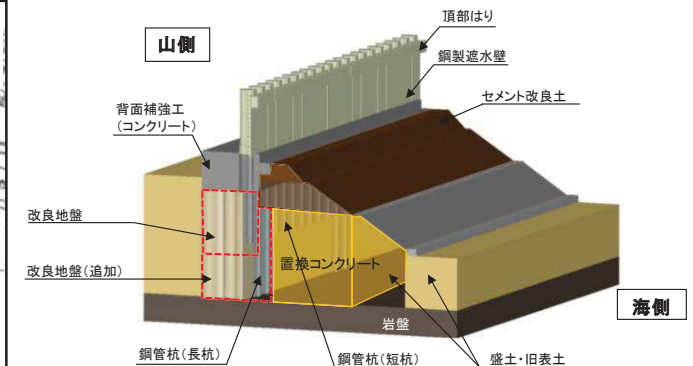
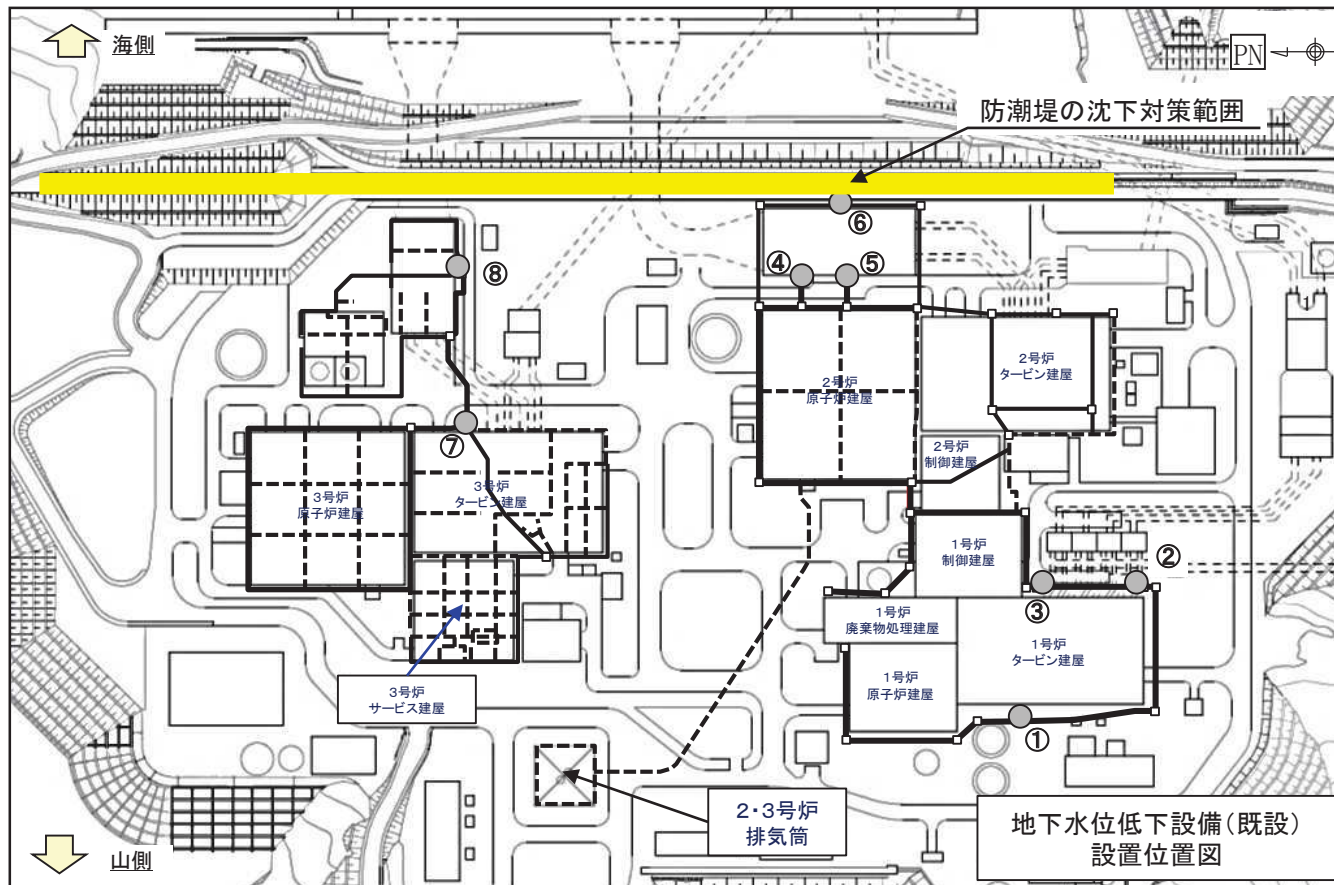
No.	審査会合におけるコメント(平成30年7月17日)	回答主旨	対応頁
1	<ul style="list-style-type: none"> 地下水水位低下設備が機能しない場合の地下水水位分布及び当該設備が安全機能を有する施設へ与える影響を整理し、提示すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 三次元浸透流解析を用いて、地下水水位低下設備が機能しない場合の地下水水位分布を評価し、地下水水位低下設備の機能に期待する施設(以下、対象施設)等の既工認時等における設計値(水位・揚圧力)との関係から、その影響を評価した。 三次元浸透流解析の結果、地下水水位低下設備が機能しない場合、防潮堤の沈下対策に伴い対象施設周辺の地下水水位は地表面付近まで上昇する可能性がある。 地下水水位上昇による常時での影響はないものの、基準地震動S_s発生時は対象施設の安全性が低下する可能性が否定できないことから、地下水水位低下設備は「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下、設置許可基準規則)の関係条項(第3条2項他)への適合上、必要な設備であることを確認した。 	p.18～p.27
2	<ul style="list-style-type: none"> 地下水水位低下設備が常時から基準地震動S_sよりも小さい地震動及び基準地震動S_sの発生後までの機能維持について、具体的な設計及び運用手順を信頼性の観点も踏まえて検討し提示すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水水位低下設備の重要性に鑑み、地下水水位低下設備を設計基準対象施設(以下、DB施設)として位置付けるとともに、信頼性確保の観点から、耐震性確保(S_s機能維持)及び非常用電源に接続する。 	p.28～p.35
3	<ul style="list-style-type: none"> 地下水水位の連続観測について、信頼性のある観測データを確保するための対応を検討し提示すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 信頼性向上の観点から、揚水井戸における地下水水位を監視し、地下水水位の異常上昇に対する検知性向上を図る方針とする。 	p.32

2. はじめに

2. はじめに

(1) 地下水位低下設備に期待する機能

- 対象施設の設計において、地下水位を適切に設定することは重要であり、その算定にあたっては、地形や地下水の流動場を適切に反映することが求められる。(補足説明資料1参照)
- 女川原子力発電所においては、防潮堤直下の沈下対策(地盤改良, 置換コンクリート)によって敷地内の地下水の流れ(山側から海側)は防潮堤直下で堰き止められ、敷地内の地下水位は地盤改良前よりも上昇する可能性がある。
- これに対し、従来から原子炉建屋等の主要建屋直下及びその周囲には地下水位を低下させ、施設に作用する揚圧力を低減するための地下水位低下設備が設置されているが、これらが機能しない状態が長期間継続した場合は地下水位が地表面付近まで上昇し、基準地震動 S_s 発生時には液状化等の影響により周辺の対象施設の安全性が低下する可能性が否定できない。そのため、地下水位低下設備の信頼性を確保し、従来の役割に加え対象施設に対する液状化等の影響緩和の役割を追加する必要が生じた。

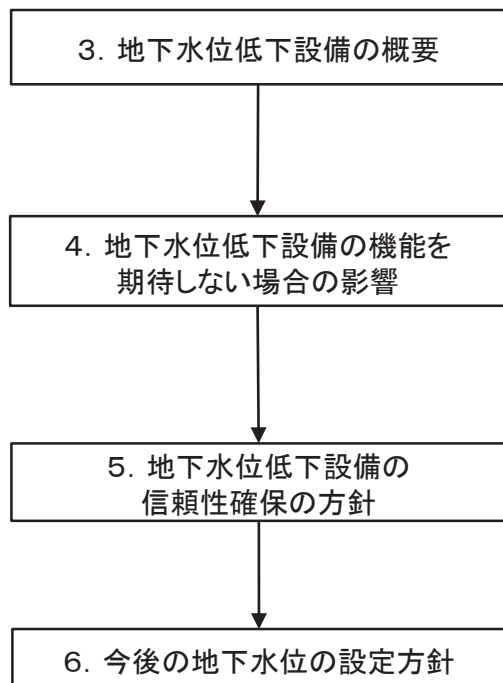


2. はじめに

(2) 説明概要

- 本資料の説明の流れと説明概要を以下に示す。

本資料の説明の流れ



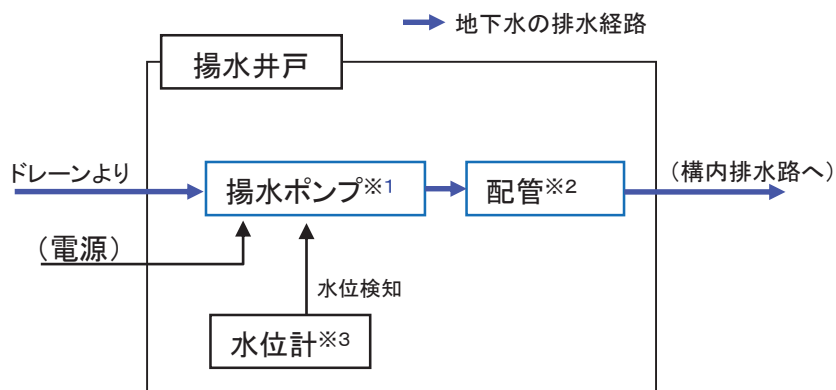
説明概要

- 既設地下水位低下設備の設置当初の目的、設備構成及び構造概要を示す。
- 地下水位が地表面付近となった場合の対象施設の影響評価から、地下水位低下設備の安全確保上の位置付けを示す(主に液状化影響を緩和するため)。また、地下水位低下設備並びに対象施設の設置許可基準規則適合の考え方(関係条項・説明時期等)を示す。
- 地下水位低下設備の常時から地震発生前後に至る信頼性確保について、耐震性確保の方針(Ss機能維持)等を示す。
- 工認段階における設計用地下水位設定の考え方について示す。

3. 地下水位低下設備の概要

3. 地下水位低下設備の概要 (1) 全体構成

- 既設地下水位低下設備の設置当初の目的は施設に作用する揚圧力の低減であり、原子炉建屋、制御建屋、タービン建屋、排気筒、海水ポンプ室等の各号炉の主要施設下部周辺に設置された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。なお、既工認では地下水位低下設備の水位低下効果を考慮した二次元浸透流解析を参照し、周辺施設(屋外重要土木構造物等)の設計用地下水位の設定、揚水ポンプ容量等の設定を行っている。
- 地下水位低下設備は、下図に示す部位により構成され、地下水の集排水機能、支持・閉塞防止機能並びに地下水位の監視機能を維持することにより地下水位の低下効果を確保する。(下表)
- 女川原子力発電所の地下水位低下設備は、各号炉の建設時に設置され、その後、適切に保守管理を行いながらその機能を維持している。なお、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後に実施した主要な設備の目視確認の範囲においては、ドレーン及び揚水井戸の集排水機能に異常は確認されなかった。(補足説明資料2)



地下水位低下設備(既設)の構成部位

- ※1 支持金物、付帯する電源・制御盤を含む
- ※2 支持金物を含む
- ※3 付帯する電源・制御盤を含む

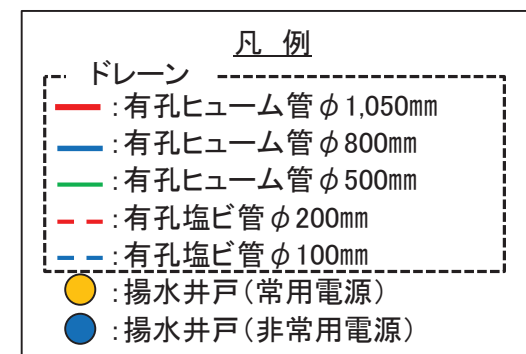
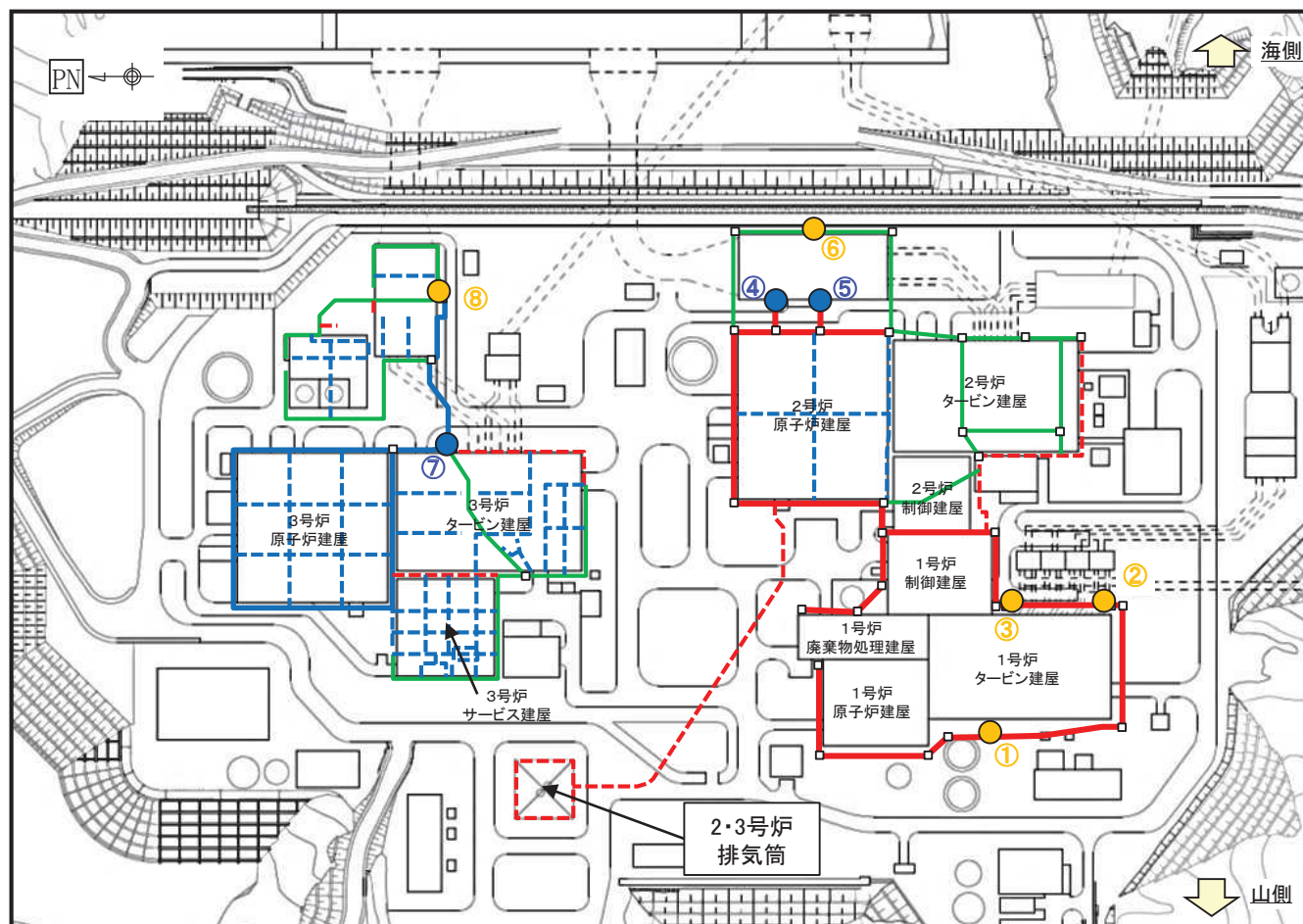
地下水位低下設備(既設)の機能と構成部位

機能	構成部位	設備構成のイメージ
集水機能	ドレーン	
排水機能	揚水ポンプ 配管	
支持機能・ 閉塞防止機能	揚水井戸	
監視機能	水位計	

3. 地下水位低下設備の概要

(2) 既設の設備構成 揚水井戸・ドレーン設置状況

- 地下水位低下設備のうちドレーン・揚水井戸の配置を示す。
- 各施設周囲の岩盤上に設置されたドレーン(硬質ポリ塩化ビニル製有孔管「以下、有孔塩ビ管」 $\phi 100\text{mm}$, 200mm の2種類)及び有孔遠心力鉄筋コンクリート管「以下、有孔ヒューム管」 $\phi 500\text{mm}$, 800mm , $1,050\text{mm}$ の3種類)により揚水井戸に集水し、揚水ポンプ(2台/1箇所)・配管を介して構内排水路へ排水する構造となっている。
- 女川原子力発電所においては、異常時等において点検を行う場合を考慮し、原子炉建屋周辺等において一部大口径($\phi 800\text{mm}$, $\phi 1,050\text{mm}$ の有孔ヒューム管)のドレーンを採用している。



揚水井戸 電源区分

	非常用電源	常用電源
1号炉	—	①, ②, ③
2号炉	④, ⑤	⑥
3号炉	⑦	⑧

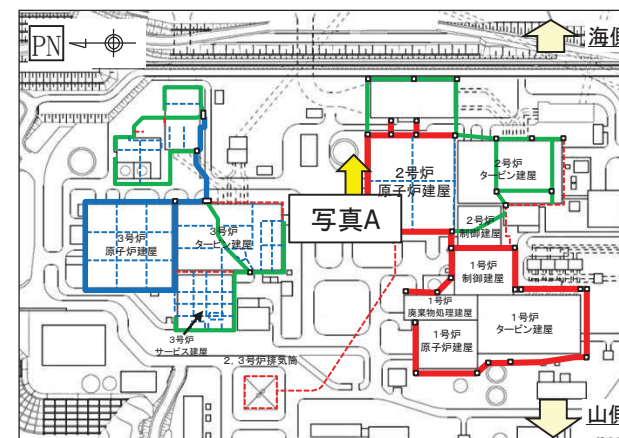
地下水位低下設備(既設)設置位置図

3. 地下水位低下設備の概要 (3) 既設の設備構成 ドレーン設置状況 (1/3)

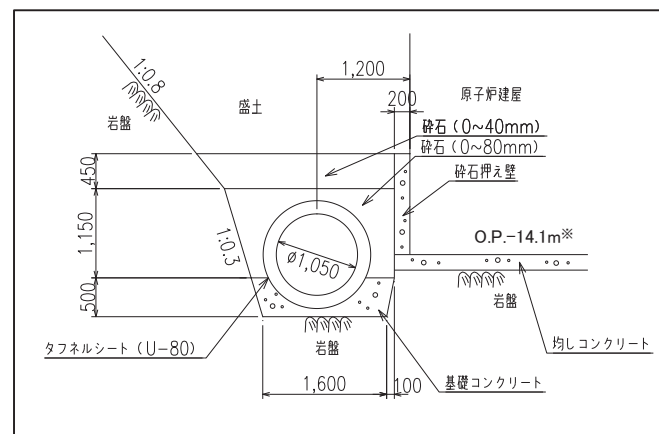
- 2号炉原子炉建屋周囲の岩盤上に設置されたドレーン(φ1,050mmの有孔ヒューム管)の敷設状況を示す(写真A)。
- ドレーンは、掘削した岩盤内に敷設し、土砂等の流入により有孔ヒューム管に目詰まりが生じないように、管を覆うように連続長繊維不織布(タフネルシート)を巻き、建屋側に碎石押え壁を設置して管周辺を連続した高透水性材料(碎石)で充填している。なお、管底部は基礎コンクリートにより固定している。



写真A 2号炉原子炉建屋北側ドレーン(φ1,050mmの有孔ヒューム管)



地下水位低下設備(既設)設置位置図



ドレーン施工概念図

ドレーン関連部材の役割

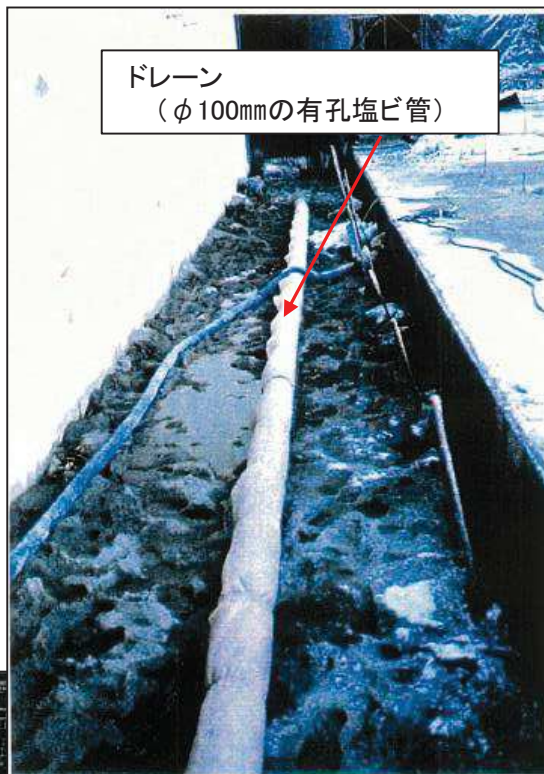
各部材の役割		備考
高透水性材料(砂, 碎石)	透水性の良い土質材で、岩盤や盛土中の地下水をドレーンに導水する。	砂: 有孔塩ビ管周辺 碎石: 有孔ヒューム管周辺
連続長繊維不織布(タフネルシート)	フィルター材で、土中水の移動による土粒子のドレーンへの流入を抑制する。	高強度繊維布を不織布で挟んだ3層構造で耐酸性、耐アルカリ性に優れた材料
ドレーン(有孔塩ビ管, 有孔ヒューム管)	有孔管路で、地下水を集水する。	

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

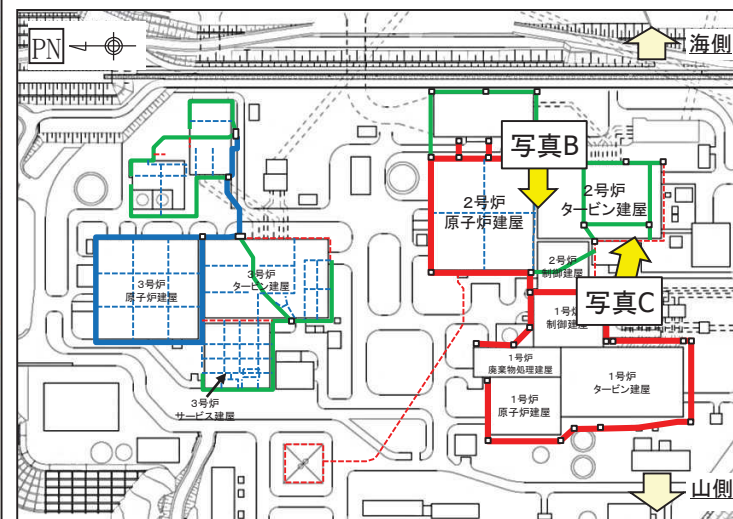


3. 地下水位低下設備の概要 (3)既設の設備構成 ドレーン設置状況 (2/3)

- 2・3号炉原子炉建屋等の直下に、 $\phi 100\text{mm}$ の有孔塩ビ管を敷設している(写真B)。
- この有孔塩ビ管は、岩盤を掘削して管を敷設後、土砂等の流入により有孔塩ビ管に目詰まりが生じないように連続長繊維不織布(タフネルシート)を巻き、管周辺を連続した高透水性材料(砂)で充填している。
- 2・3号炉タービン建屋等の直下及び周辺には、 $\phi 500\text{mm}$ の有孔ヒューム管等を敷設している(写真C)。
- この有孔ヒューム管は、岩盤を掘削して管を敷設後、同じく連続長繊維不織布(タフネルシート)を巻き、管周辺を連続した高透水性材料(碎石)で充填している。



ドレーン
($\phi 100\text{mm}$ の有孔塩ビ管)

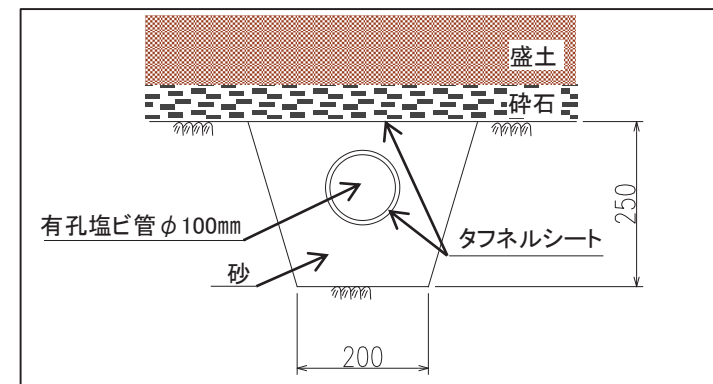


地下水水位低下設備(既設)設置位置図



ドレーン
($\phi 500\text{mm}$ の有孔ヒューム管)

写真B 2号炉原子炉建屋・タービン
建屋間($\phi 100\text{mm}$ の有孔塩ビ管)



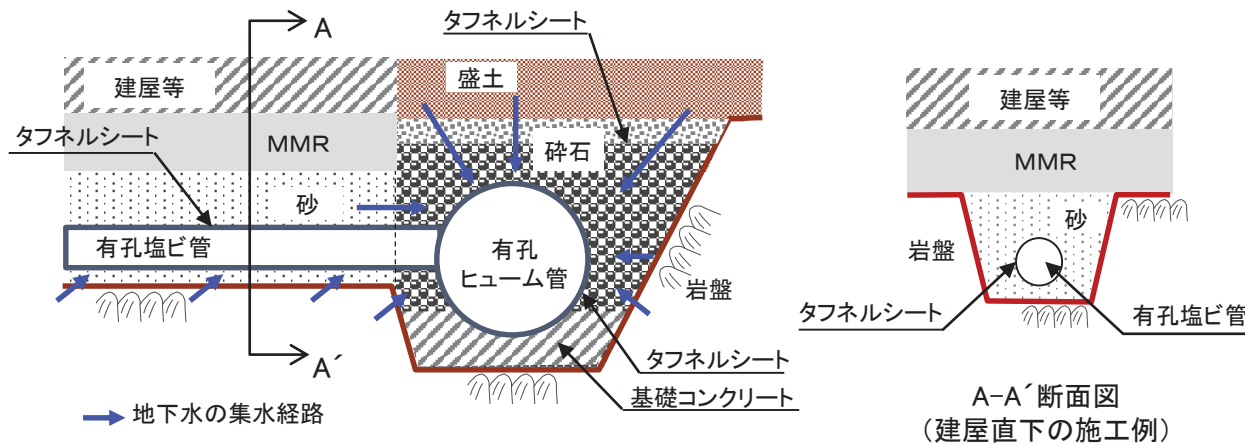
ドレーン(有孔塩ビ管)施工概念図
(建屋間の施工例)

写真C 2号炉タービン建屋ドレーン($\phi 500\text{mm}$ の有孔ヒューム管)

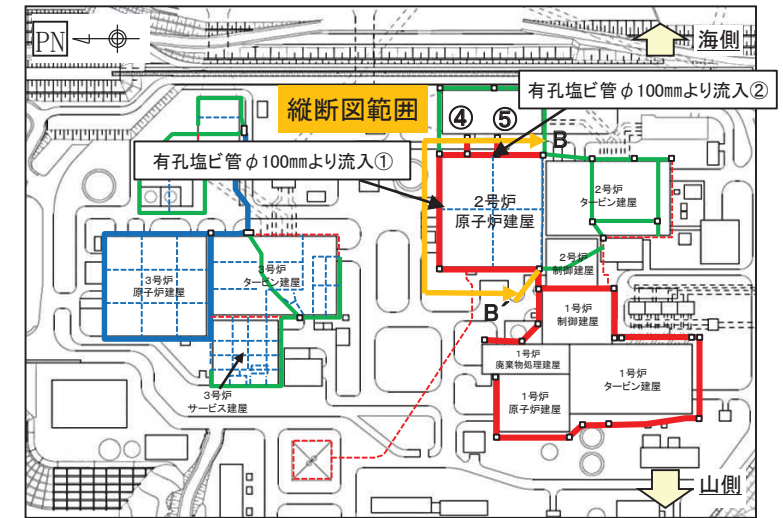
3. 地下水位低下設備の概要

(3) 既設の設備構成 ドレーン設置状況 (3/3)

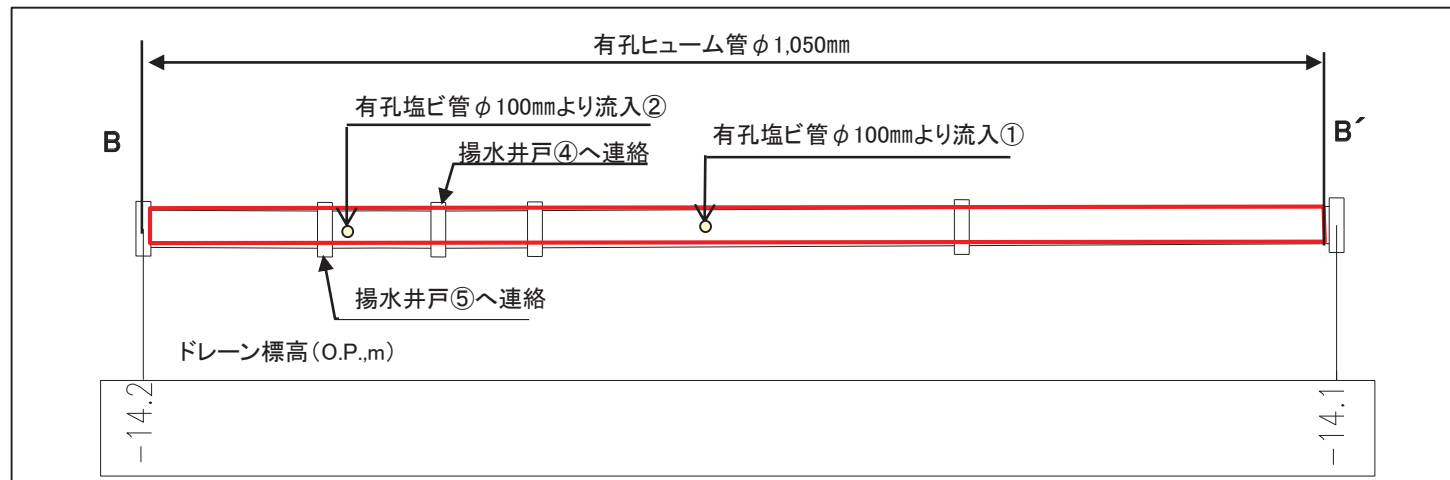
- 建屋直下の有孔塩ビ管は建屋外縁の有孔ヒューム管に接続されている。
- 有孔塩ビ管, 有孔ヒューム管いずれも岩盤を掘り込み敷設後, 土砂等の流入により有孔ヒューム管に目詰まりが生じないように, 管を覆うように連続長繊維不織布(タフネルシート)を巻き, 管周辺を連続した高透水性材料(砂・砕石)で充填している。



有孔塩ビ管と有孔ヒューム管の接続概念図



地下水位低下設備 (既設) 設置位置図

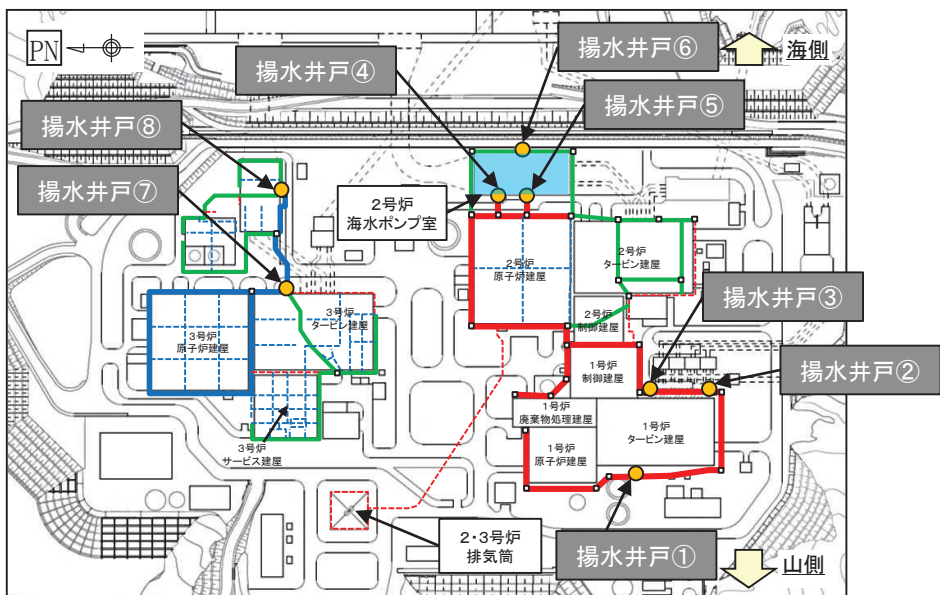


2号炉原子炉建屋周辺 ドレーン縦断面図 (B-B'断面図)

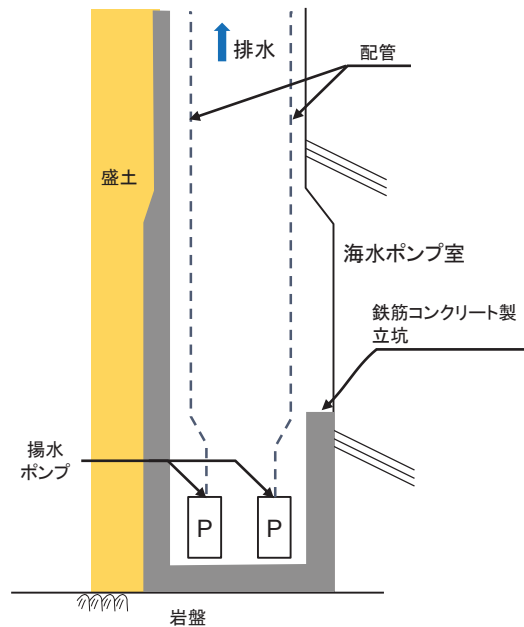
3. 地下水位低下設備の概要

(4) 既設の設備構成 揚水井戸・配管(1/3)

- 揚水井戸は、1号炉用に3箇所、2号炉用に3箇所、3号炉用に2箇所設置している。
- 揚水井戸はいずれも岩盤上に設置しており、1号炉及び2号炉は鉄筋コンクリート製立坑、3号炉は鋼製シャフト(下部は鉄筋コンクリート製のピット)である。なお、2号炉揚水井戸は2号炉海水ポンプ室と一体となって設置している。
- 配管は炭素鋼鋼管(φ125mm~200mm)であり、O.P.+14.8m盤の構内排水路に接続している。



地下水位低下設備(既設) 設置位置図



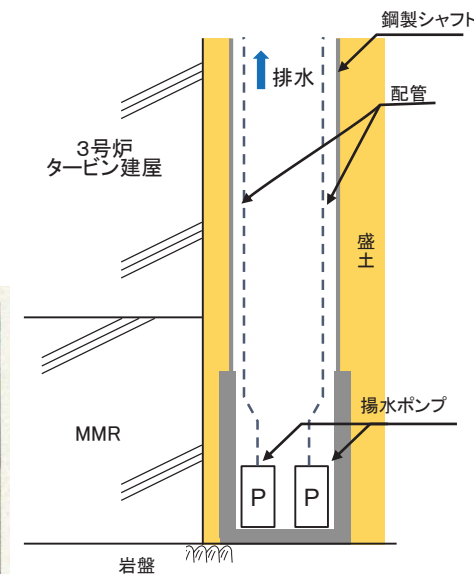
2号炉揚水井戸の例(揚水井戸④)



2号炉配管の例(揚水井戸④)



3号炉配管の例
(揚水井戸⑦)

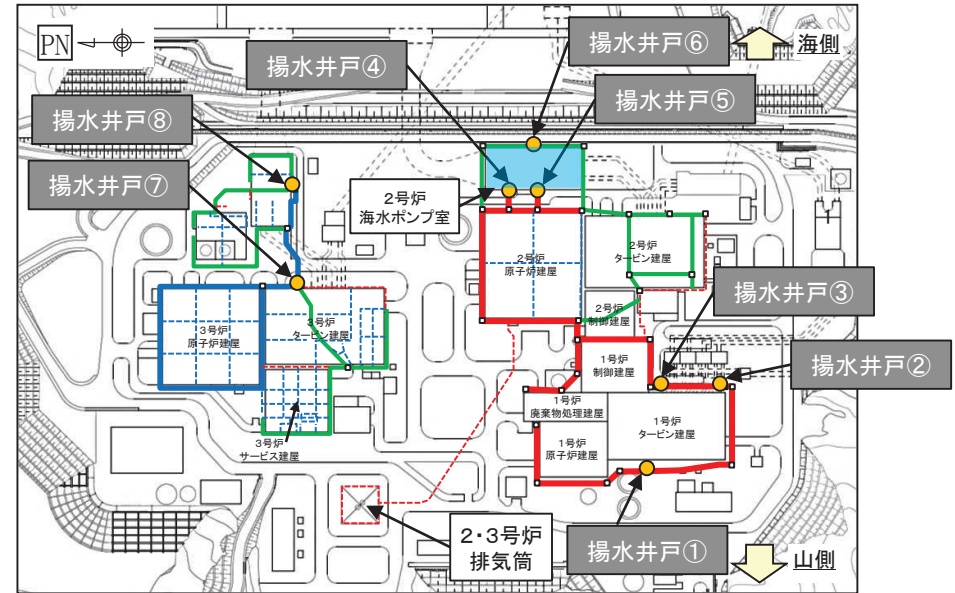
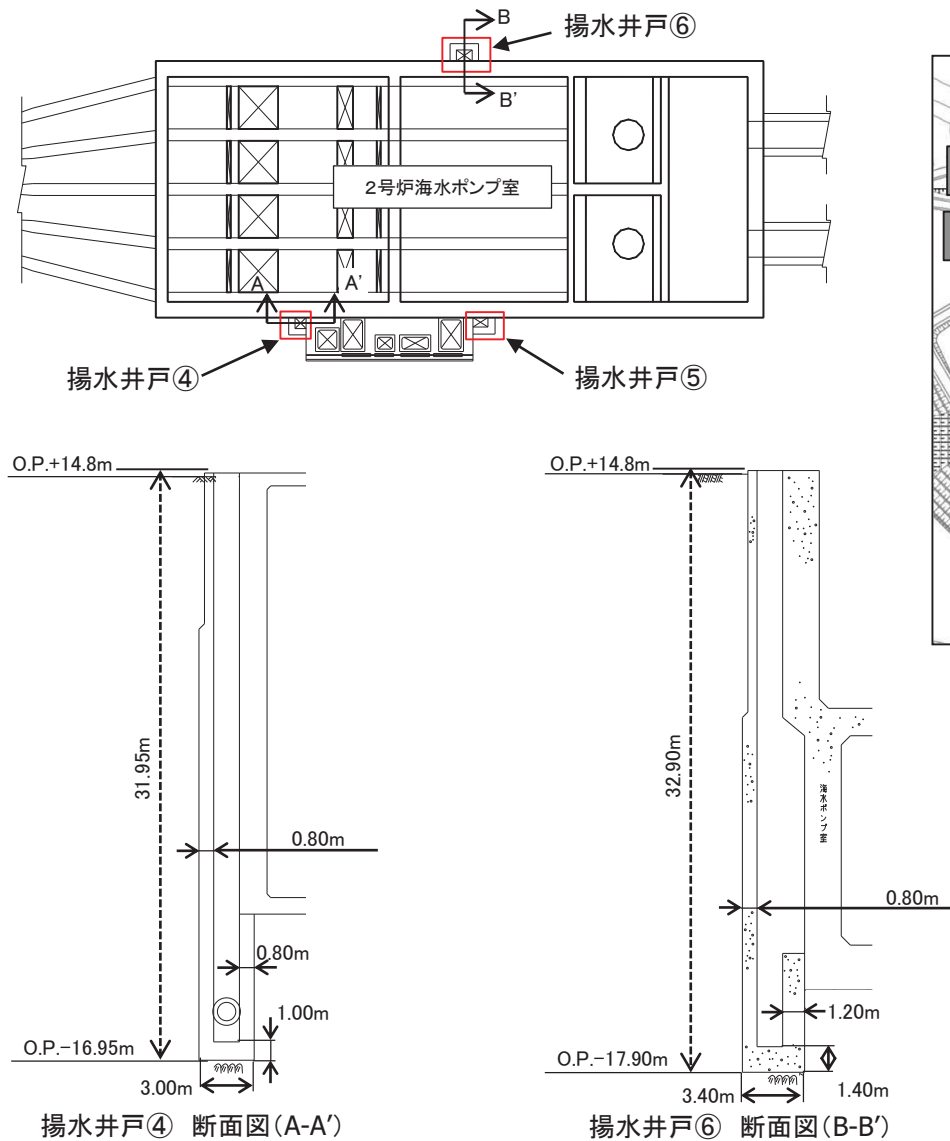


3号炉揚水井戸の例(揚水井戸⑦)

3. 地下水位低下設備の概要

(4) 既設の設備構成 揚水井戸・配管 (2/3)

- 2号炉揚水井戸は海水ポンプ室脇に構築された鉄筋コンクリート造の立坑構造である。

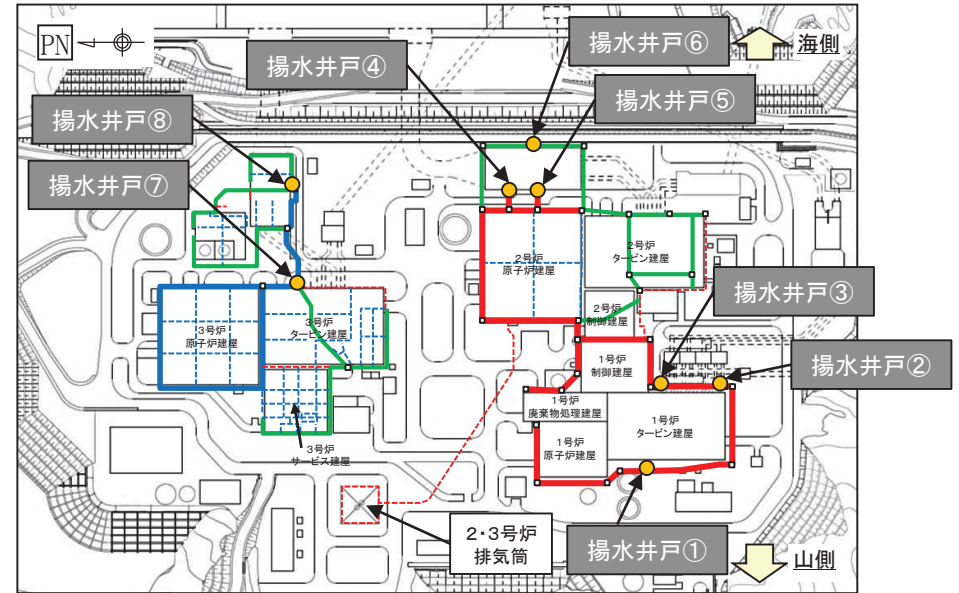
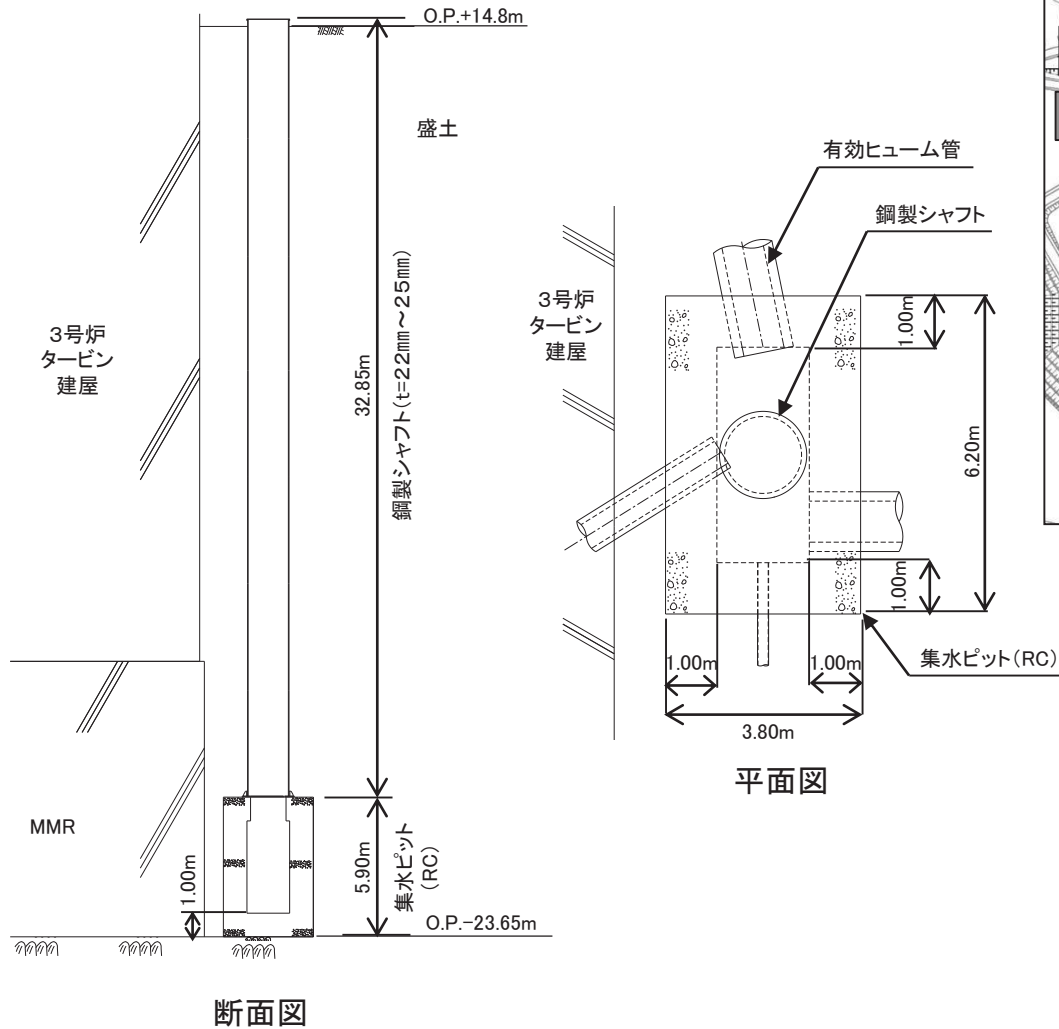


地下水位低下設備(既設) 設置位置図

3. 地下水位低下設備の概要 (4)既設の設備構成 揚水井戸・配管 (3/3)

- 3号炉揚水井戸について、上部は鋼製シャフト、下部は鉄筋コンクリート製の集水ピット構造である。

【揚水井戸⑦】



地下水位低下設備(既設) 設置位置図

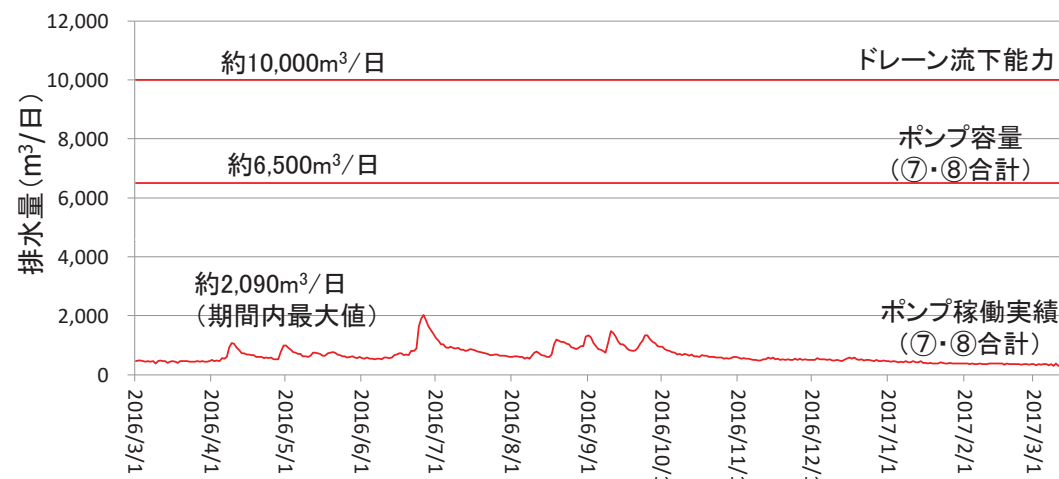
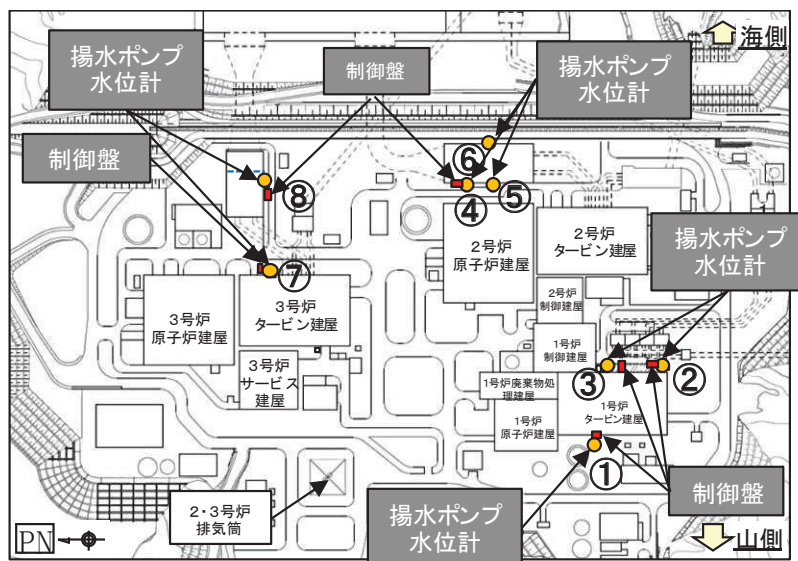
3. 地下水位低下設備の概要 (5)既設の設備構成 揚水ポンプ, 水位計

- 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。
- 水位計は、各揚水井戸内に1台設置されており、形式はすべて圧力式である。
- 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

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
3号炉	NO.⑦	約36.9	2	約4,600	45
	NO.⑧	約35.2	2	約1,900	19

地下水位低下設備(既設) 設置位置図



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



2号炉揚水ポンプの例
(揚水井戸⑥)

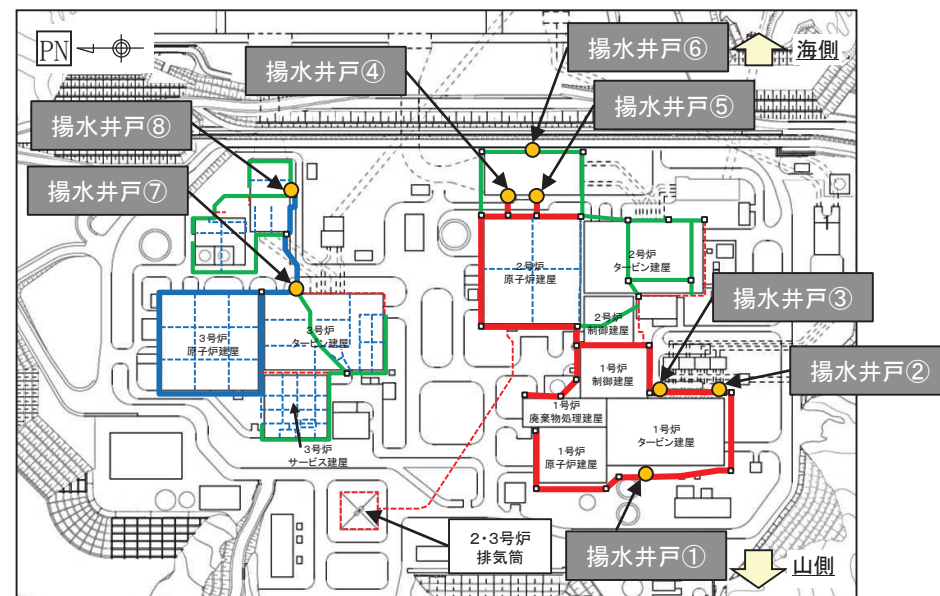
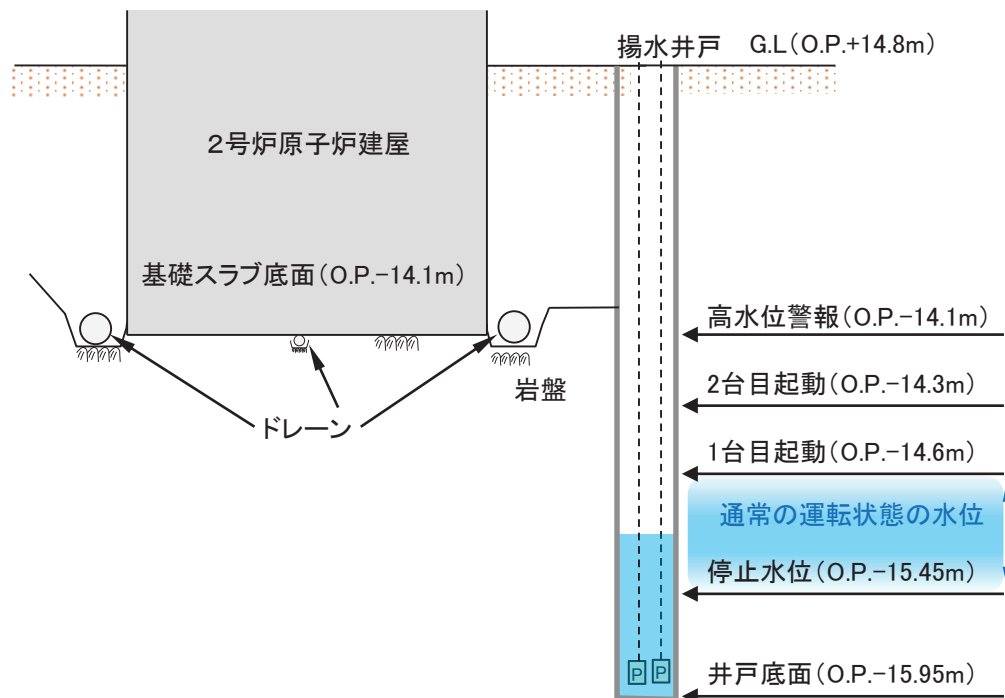


3号炉水位計の例
(揚水井戸⑦)

3. 地下水位低下設備の概要

(6) 既設の設備構成 揚水ポンプの運用

- 揚水井戸毎に、原子炉建屋等に生じる揚圧力を設計値以下に抑えるために、運用上の制限水位を設け、制限水位以下を維持するよう常時は自動運転としている。(揚水井戸内の地下水位は水位計により検知)
- 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。
- 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。



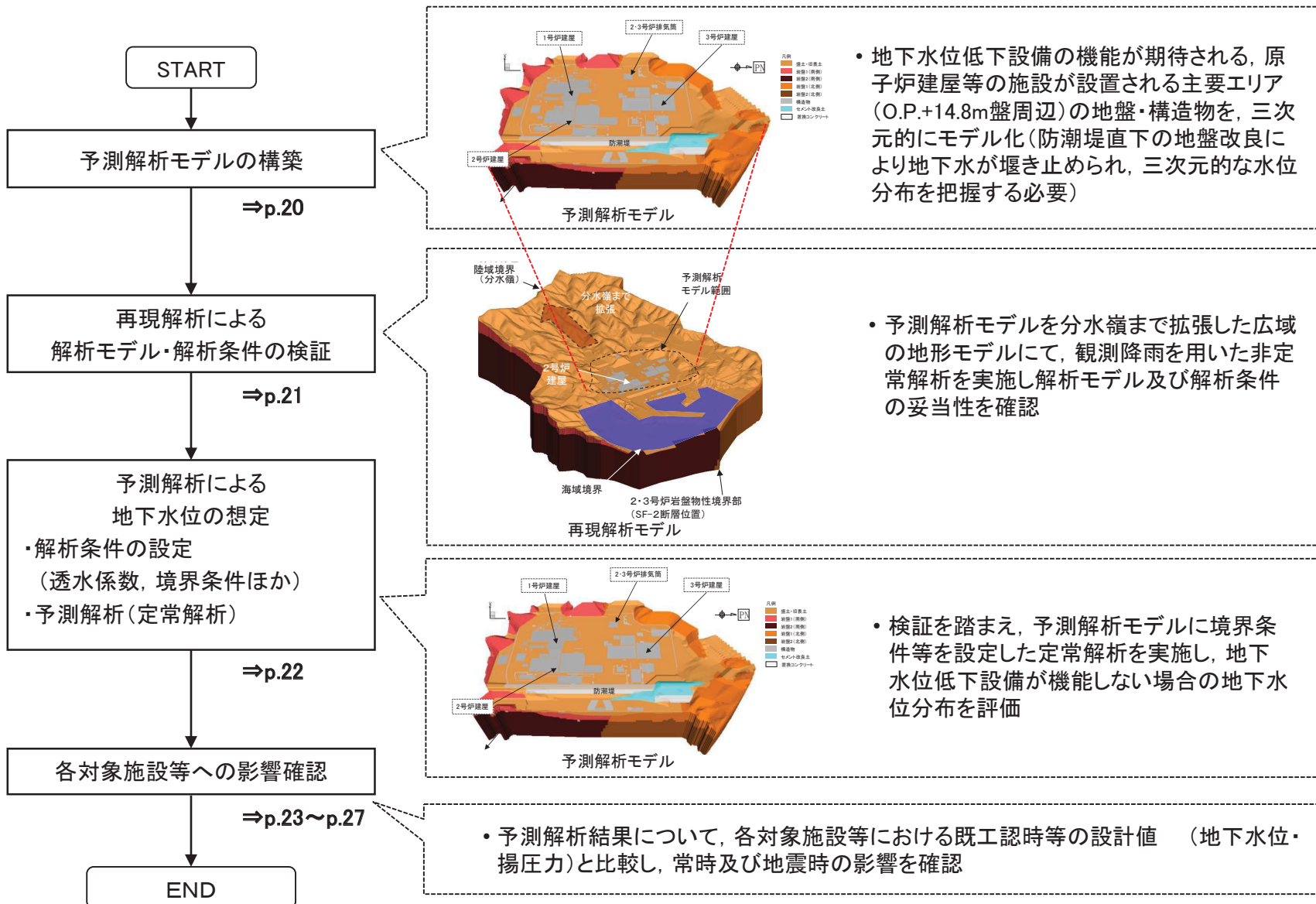
地下水位低下設備(既設) 設置位置図

揚水ポンプの運用(揚水井戸④の例)

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響 (1) 影響確認の流れ

- 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響について、以下の流れで確認を行う。



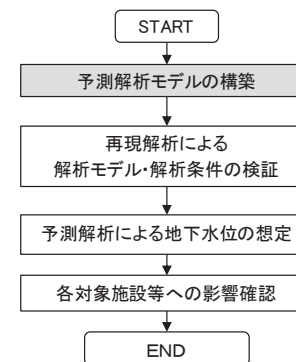
4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響 (2) 予測解析モデルの構築

- 予測解析は、地下水位低下設備の機能が期待される、原子炉建屋等の施設が設置される主要エリア(O.P.+14.8m盤周辺)の地下水位を評価するために、三次元地形モデルを用いた三次元浸透流解析を行う。
(解析ソフト:GETFLOWS(General purpose Terrestrial fluid-FLOW Simulator) バージョン:ver.6.64.0.1)

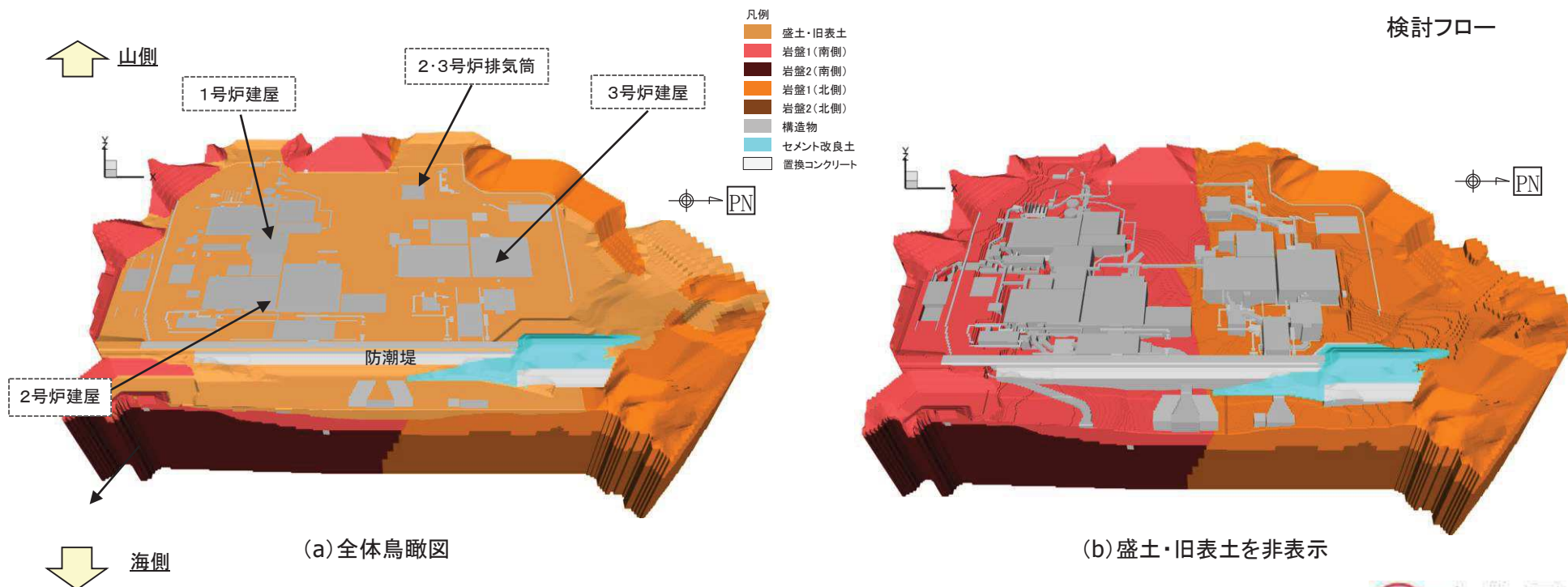
モデル化範囲など

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

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



検討フロー



(a) 全体鳥瞰図

(b) 盛土・旧表土を非表示

予測解析モデル鳥瞰図

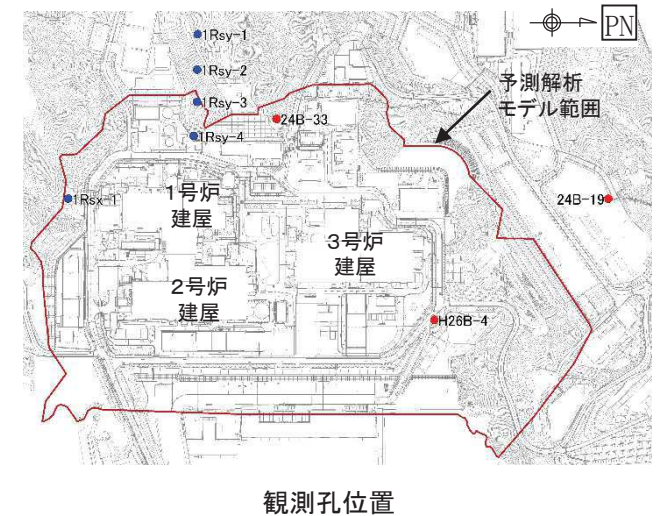
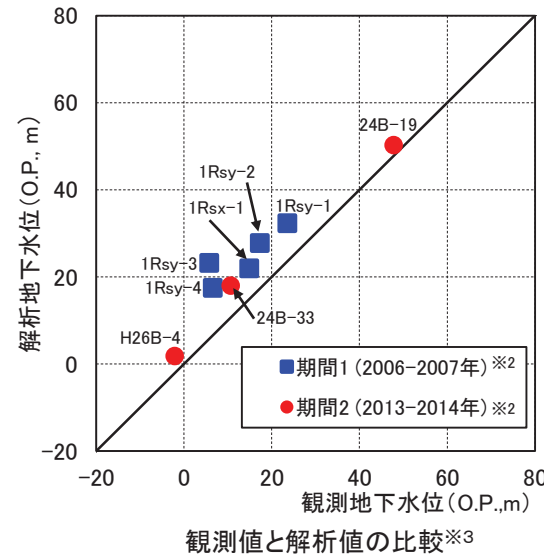
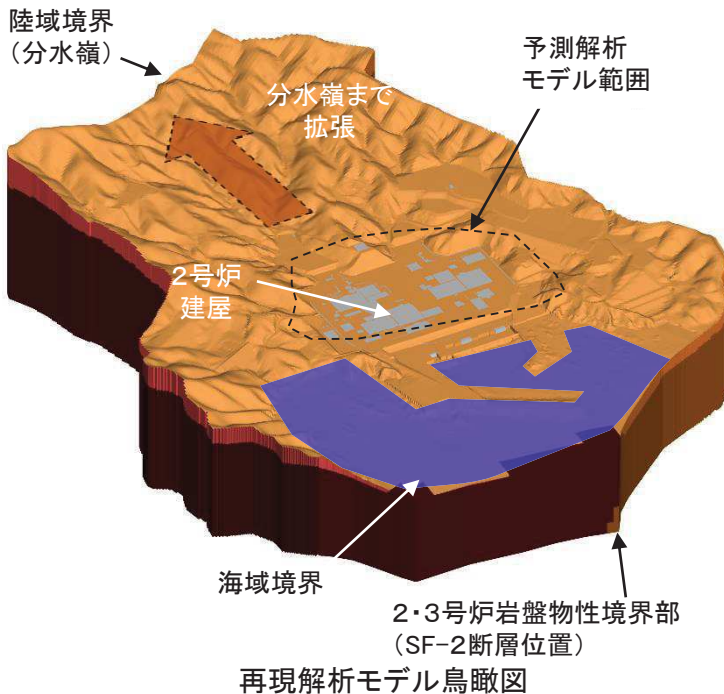
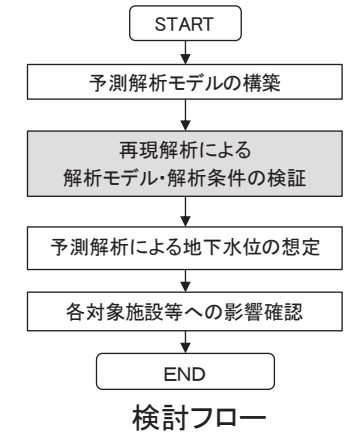
4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響 (3)再現解析による解析モデル・解析条件の検証

- 透水性係数等の解析用物性値を含めたモデル全体としての妥当性を確認することを目的に、観測データ(降水量)を用いた再現解析を行い、同期間に観測された地下水位との比較から、その妥当性を確認する。
- 降雨による敷地への集水を考慮した地下水評価を行うために、前述の予測解析用モデルを敷地周辺の分水嶺まで拡張した広域の地形モデルにて、観測降雨を用いた非定常解析を行う。
- 解析に用いる透水性係数は、右表に示す既工認段階の評価に用いた設定値等(ルジオン試験等に基づく値)とする。
- 再現解析の結果、解析地下水位は観測地下水位に対し整合的であり、予測解析モデルが妥当であることを確認した。

透水係数一覧

地層区分		透水係数 (m/sec)
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}
改良地盤・セメント改良土※1		2×10^{-7}
構造物		0(不透水)

※1: 既工認段階以降に取得

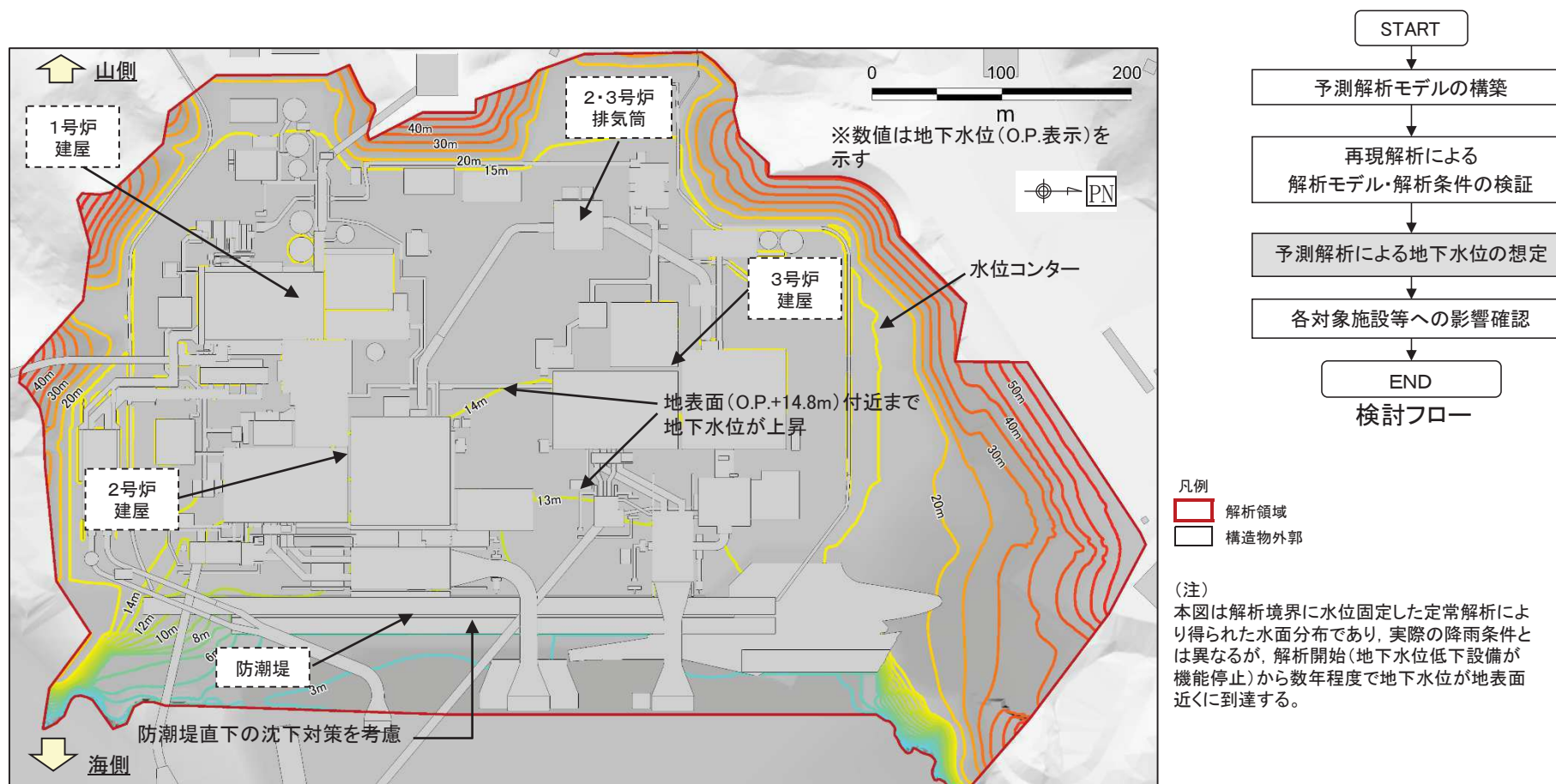


※2: 新規制基準適合性に向けた安全対策工事に伴う敷地改変等に着手した2015年6月以前のうち、一定期間以上の水位観測データのある期間から選定した。

※3: 上記期間における観測水位と解析水位それぞれの平均水位の比較を示す。

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響 (4) 予測解析による地下水位の想定

- 地下水位低下設備が機能しない場合の地下水位分布を概略的に予測した浸透流解析の結果を示す。
- 境界条件として、陸地は地表面に静水圧固定境界、海域はH.W.L.(O.P.+1.43m)に静水圧固定境界を設定した。また、透水係数は再現解析で妥当性が確認された値(既工認段階の設定値)とした。
- 防潮堤の沈下対策(地盤改良・置換コンクリート)により海側への排水経路が遮断されることから、敷地内に流入した地下水が滞留し、地下水位が地表面付近まで上昇する、との想定が得られた。



三次元浸透流解析結果
(地下水位低下設備が機能しない場合)

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響 (5)各対象施設等への影響確認 (1/4)

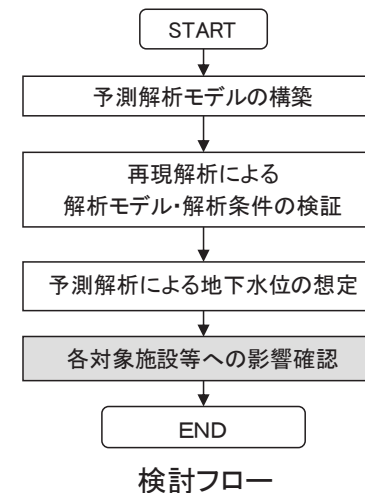
- 既工認時等の設計において既設の地下水位低下設備の機能に期待した設計値(地下水位・揚圧力)を設定している対象施設等の配置を示す。



地下水位低下設備の機能に期待する施設等

(補足)

- 0.P.+62m盤に設置を計画している2号炉緊急時対策所については、既設の地下水位低下設備の影響を受けないことから、対象施設等より除外している。
- 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートにおいて評価する斜面については、既設の地下水位低下設備の機能に期待しない浸透流解析等により地下水位を設定することから、対象施設等より除外している。
- アクセスルートは周辺施設の既工認を参照した地下水位の設定(0.P.+5.0m(0.P.+14.8m盤のみ。他は地表面))にて設置許可段階の評価を行い、工認段階で設計用地下水位に変更が生じた場合は、必要に応じて担保すべき時間評価に影響を与えないよう対策を実施する。



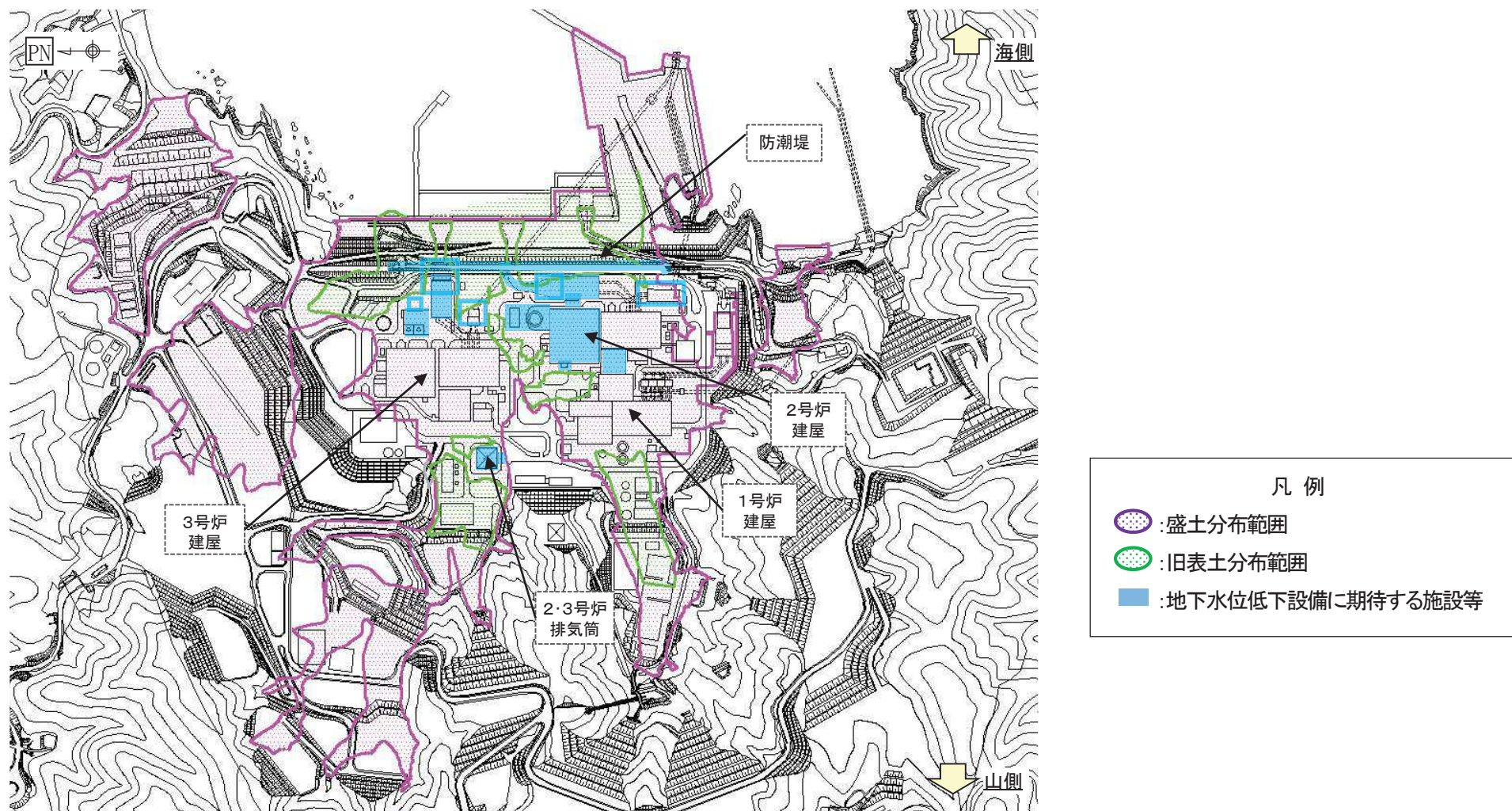
凡例

■ : 地下水位低下設備に期待する施設等

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響 (5)各対象施設等への影響確認 (2/4)

- 液状化等による影響(設置許可基準規則3条2項)の観点から、盛土・旧表土の分布と、地下水位低下設備の機能に期待する施設等の配置との関係を示す。
- 次頁以降に各対象施設等における地下水位が地表面付近まで上昇した場合の影響評価結果を示す。



地下水位低下設備の機能に期待する施設等の配置と盛土・旧表土の分布との関係

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響 (5) 各対象施設等への影響確認 (3/4)

- 各対象施設について、設置許可基準規則の該当条項及び審査区分を整理した。
- また、地下水位が地表面付近にある場合において、各対象施設における常時及び地震時の影響を評価した(既工認時等の設計における地下水位との相対比較による)。
- この結果、地震時に耐震性を確保できない可能性があることから、地下水位低下設備は主に液状化影響(3条2項)を緩和するために必要な設備であることを確認した。

地下水位低下設備に期待する施設等の整理(基礎地盤・周辺斜面)

対象施設等	耐震クラス	設置許可基準規則		審査区分及び設置許可基準規則の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備の機能に期待しない場合の影響及び設置許可基準規則の該当条項			(参考) 既工認時等の設計における地下水位の扱い	
		3条 38条	4条4項 39条2項	設置許可	工認	常時	地震時(地下水位はp.22参照)		設計用地下水位	設計への反映事項
		地盤	地震				周辺地盤(液状化)影響	揚圧力影響		
基礎地盤・周辺斜面※1	—	○ (基礎地盤)	○ (周辺斜面)	3条, 38条 (基礎地盤) 4条4項, 39条2項 (周辺斜面)	—	—	地表面に設定しているため影響なし		地表面に設定	—

地下水位低下設備に期待する施設等の整理(建物・構築物)

対象施設等	耐震クラス (検討用 地震動)	設置許可基準規則				審査区分及び設置許可基準規則の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備の機能に期待しない場合の影響及び設置許可基準規則の該当条項			(参考) 既工認時等の設計における地下水位の扱い	
		直接的に影響する可能性のある条項		間接的に影響する可能性のある条項※5		設置許可	工認※6	常時	地震時(地下水位はp.22参照)		設計用揚圧力	設計への反映事項
		3条2項 38条2項	4条 39条	5条 40条	9条				周辺地盤(液状化)影響	揚圧力影響		
2号炉原子炉建屋(直接基礎)	※2 (Ss)	○	○	—	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性<4条(3条2項), 39条(38条2項)>	基礎版の耐震性(間接支持機能)を確保できない可能性<4条, 39条>	揚圧力29.4kN/m ² (建屋基礎底面) O.P.-14.1m	地下水位低下設備の効果を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施
2号炉制御建屋(直接基礎)	※3 (Ss)	○	○	—	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性<4条(3条2項), 39条(38条2項)>	基礎版の耐震性(間接支持機能)を確保できない可能性<4条, 39条>	揚圧力0kN/m ² (建屋基礎底面) O.P.-1.5m	地下水位低下設備の効果を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施
2・3号炉排気筒(直接基礎)	S	○	○	—	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	排気筒の耐震性を確保できない可能性<4条(3条2項), 39条(38条2項)>	排気筒の耐震性を確保できない可能性<4条, 39条>	揚圧力85kN/m ² (排気筒基礎底面) O.P.-4.0m	地下水位低下設備の効果を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施
3号炉海水熱交換器建屋(直接基礎)	※4 (Ss)	○	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性<4条(3条2項), 39条(38条2項)>	基礎版の耐震性(間接支持機能)を確保できない可能性<4条, 39条>	揚圧力14.7kN/m ² (建屋基礎底面) O.P.-12.5~-16.25m	地下水位低下設備の効果を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施

※1：基礎地盤の評価は設置許可段階において実施。O.P.+14.8m盤：2号炉原子炉建屋、杭基礎構造物：防潮堤・防潮壁 で代表。周辺斜面は対象なし。

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

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

※4：防潮壁(耐震Sクラス)等の間接支持構造物。 ※5：直接的に影響する可能性のある条項が満たされない場合に間接的に影響を受ける条項の例。

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

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響 (5)各対象施設等への影響確認 (4/4)

地下水位低下設備に期待する施設等の整理(土木構造物・津波防護施設)

対象施設等	耐震クラス (検討用) 地震動	設置許可基準規則				審査区分及び設置許可 基準規則の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備 の機能に期待しない場合の影響及び設置許可基準規則の該当条項			(参考) 既工認時等の設計における地下水位の扱い	
		直接的に影響する 可能性のある条項		間接的に影響する可 能性のある条項※5		設置 許可	工認※6	常時	地震時(地下水位はp.22参照)		設計用地下水位	設計への反映事項
		3条2項 38条2項	4条 39条	5条 40条	9条				周辺地盤(液状化)影響	揚圧力影響		
防潮堤 (杭基礎)	S	○	○	○	—	—※7	4条※7(3条2項), 39条(38条2項)	OK	杭の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	—	—	—
防潮壁 (杭基礎)	S	○	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	杭の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	—	—	—
2号炉 海水ポンプ室 (直接基礎)	※1, 2, 3, 4 (Ss)	○	○	○	○	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	躯体の安定性を確保できない可 能性(浮き上がり)<4条, 39条>	EW断面: O.P.-14.2m~+2.43m NS断面: O.P.-14.1m~+14.8m	耐震評価に用いる地 震応答解析の解析条 件として考慮
2号炉原子炉機器冷 却海水配管ダクト (直接基礎)	※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	躯体の安定性を確保できない可 能性(浮き上がり)<4条, 39条>	O.P.-14.2m	耐震評価に用いる地 震応答解析の解析条 件として考慮
2号炉 取水路 (直接基礎)	※1, 2 (Ss)	○	○	—	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	躯体の安定性を確保できない可 能性(浮き上がり)<4条, 39条>	EW断面: O.P.-14.2m~+2.43m	耐震評価に用いる地 震応答解析の解析条 件として考慮
2号炉 軽油タンク室 (直接基礎)	※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	躯体の安定性を確保できない可 能性(浮き上がり)<4条, 39条>	—	耐震評価に用いる地 震応答解析の解析条 件として考慮
2号炉軽油タンク 連絡ダクト (直接基礎)	※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	躯体の安定性を確保できない可 能性(浮き上がり)<4条, 39条>	—	耐震評価に用いる地 震応答解析の解析条 件として考慮
2号炉 復水貯蔵タンク基礎 (直接基礎)	※3 (Ss)	○ (38条2 項のみ)	○ (39条 のみ)	—	—	—	39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性 <39条(38条2項)>	躯体の安定性を確保できない可 能性(浮き上がり)<39条>	EW断面: O.P.-6.0m NS断面: O.P.-11.1m~+10.725m	耐震評価に用いる地 震応答解析の解析条 件として考慮
2号炉 排気筒連絡ダクト (直接基礎)	※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	躯体の安定性を確保できない可 能性(浮き上がり)<4条, 39条>	O.P.-8.0m~+4.5m	耐震評価に用いる地 震応答解析の解析条 件として考慮
3号炉 海水ポンプ室 (直接基礎)	※4 (Ss)	○	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体の耐震性を確保できない可能性 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	躯体の安定性を確保できない可 能性(浮き上がり)<4条, 39条>	EW断面: O.P.-14.6m~+2.43m NS断面: O.P.-14.7m~+1.5m	耐震評価に用いる地 震応答解析の解析条 件として考慮

※1：屋外重要土木構造物。 ※2：常設重大事故防止設備等。 ※3：常設耐震重要重大事故防止設備等の間接支持構造物。 ※4：浸水防止設備の間接支持構造物。

※5：直接的に影響する可能性のある条項が満たされない場合に間接的に影響を受ける条項の例。

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

※7：鋼管式鉛直壁(一般部)山側の地下水位をH.W.L.(O.P.+1.43m, 約1mの沈降を考慮)に設定し構造成立性の見通しを説明の上、工認段階で地下水位の設定が変更となった場合は再評価を行うとともに、必要に応じて対策を実施。なお、鋼管式鉛直壁(岩盤部)及び盛土堤防は山側の地下水位を地表面に設置。

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響

(6) まとめ

- 三次元浸透流解析を用いた予測解析により、地下水位低下設備が機能しない場合の地下水位分布を概略的に予測し、地下水位が地表面付近まで上昇した場合における周辺の対象施設に対する常時および地震時の影響を整理した。
- この結果、常時における地下水位上昇の影響はないものの、地震時には施設の安全性に影響が生じることから、地下水位低下設備は設置許可基準規則の関係条項(第3条2項他)への適合上、必要な設備であることが確認された。
- 以上の状況から、地下水位低下設備の重要性に鑑み、次章に示す方針にて地下水位低下設備の信頼性を確保し、工認段階で地下水位設定の妥当性及びその前提となる地下水位低下設備の耐震安全性等について説明することとしたい。

5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針

5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針

(1) 基本的な考え方

- 今後、防潮堤の沈下対策(地盤改良・置換コンクリート)により海側への排水経路が遮断されることから、地下水位低下設備が機能しない場合は、地下水位が地表面付近まで上昇し、地下水位低下設備の機能に期待する周辺の対象施設等において、安全性が低下する可能性(条項適合上必要となる機能に影響が生じる可能性)が否定できない。(4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響)
- このため、地下水位低下設備の重要性に鑑み、地下水位低下設備をDB施設として位置付けるとともに、信頼性確保の観点から、耐震性確保(Ss機能維持)及び2号炉の非常用電源への接続を行う。
- 耐震性確保にあたっては、必要に応じて、既設設備を補強するか、又は新設する。既設設備は、現状、各号炉に帰属しているが、2号炉の申請に必要な地下水位低下設備は、今後、全て2号炉に帰属する。
- また、地下水位低下設備は安全施設に該当するものではないため、安全機能の重要度の観点でのクラス分類は適用することはできないものの、「当該系の機能要求以前の待機状態維持に直接係わる間接関連系」との整理に準じ、クラス3に相当する位置付けとする。この位置付けを踏まえた管理として、構成部位の動的機器については、ランダム故障による機能喪失に対して検知を確実にを行い、速やかに機能復旧する方針とする。なお、制御盤については、外部ハザードの影響に配慮した設計とする。
- 以上により、常時から基準地震動Ssより小さい地震動及び基準地震動Ss発生後までの機能維持を確保することとする。

地下水位低下設備の各機能と今後の取扱い

機能	構成部位	設計基準対象施設	設計上の考慮事項
集水機能	ドレーン	○	<ul style="list-style-type: none"> Ss機能維持 非常用電源に接続
排水機能	揚水ポンプ		
	配管		
支持機能・閉塞防止機能	揚水井戸		
監視機能	水位計※		

※ 地下水位の情報は2号炉中央制御室にて監視できる構造とする。

5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針 (2) 各構成部位の設計方針(1/2)

- 地下水位低下設備に係る各構成部位の設計方針を以下に示す。

地下水位低下設備に係る設計方針

機能	構成部位	設計方針	備考
集水機能	ドレーン	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss発生前後にわたり、地下水の集水経路を維持する設計とする。 	
排水機能	揚水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> 揚水ポンプは、基準地震動Ss発生前後にわたり地下水の排水機能を維持する設計とする。 地下水を排水するために十分なポンプ容量を確保する設計とする。 電源は2号炉の非常用電源に接続する。 支持金物、制御盤は、基準地震動Ss発生前後にわたり支持機能、伝送・制御機能を維持する設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> ランダム故障への配慮として、各揚水井戸に同性能のポンプ2台を設置する。
	配管	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss発生前後にわたり、揚水ポンプで汲み上げた地下水の排水経路を維持する設計とする。 支持金物は、基準地震動Ss発生前後にわたり支持機能を維持する設計とする。 	
支持機能・閉塞防止機能	揚水井戸	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss発生前後にわたり、揚水ポンプ及び配管の支持機能並びに閉塞防止機能を維持する設計とする。 	
監視機能	水位計	<ul style="list-style-type: none"> 基準地震動Ss発生前後にわたり、揚水井戸内に継続的に流入する地下水位の監視機能を維持する設計とする。 電源は2号炉の非常用電源に接続する。 	<ul style="list-style-type: none"> 2号炉の中央制御室にて水位監視。

5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針 (2) 各構成部位の設計方針(2/2)

- 前頁の設計方針に基づき、耐震性を確保していくが、ここでは既設設備※の活用や新設の見通しについて例示する。



地下水位低下設備の効果の期待例※

※: 既設揚水井戸・ドレーンの有効範囲は、点検結果や耐震性の観点から設定する。
上図は、その期待例を示す。

枠囲みの内容は防
護上の観点から公
開できません。

設備状況と今後の対応の見通し

機能	構成部位	現時点で期待する設備概要	今後の対応の見通し
集水機能	ドレーン	各施設周辺の岩盤上にφ100mm～φ1,050mmの有孔塩ビ管、有孔ヒューム管を配置。	既設活用(必要に応じ補強)を基本とし、必要な範囲は新設。
排水機能	揚水ポンプ	各揚水井戸内に2台配置。 電源は、非常用電源又は常用電源に接続。 制御盤は、揚水井戸付近に配置。	新設を基本とし、各揚水井戸内に2台配置。 十分な排水能力を有するポンプ容量を選定。 2号炉の非常用電源に接続。
	配管	揚水井戸内にφ125mm～200mmの炭素鋼鋼管を配置。	新設を基本とする。
支持機能・閉塞防止機能	揚水井戸	鉄筋コンクリート製、鋼製シャフト製の井戸を配置。	既設活用(必要に応じ補強)を基本とする。
監視機能	水位計	揚水井戸内に水位計を配置。 電源は、2号炉又は3号炉の非常用電源又は常用電源に接続。	新設を基本とする。 2号炉の非常用電源に接続。 中央制御室にて水位監視。

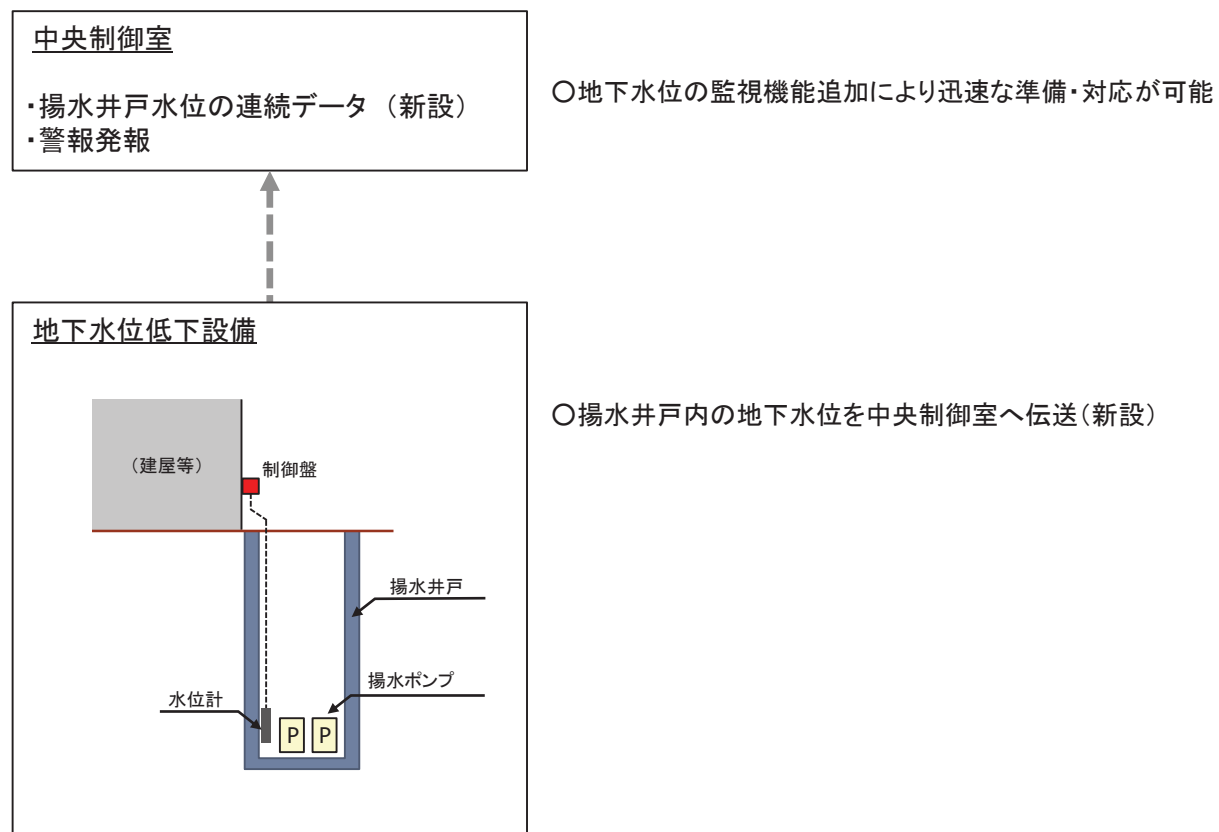
揚水井戸の電源区分と今後の対応の見通し

号炉	現状(各号炉から電源供給)		今後の対応の見通し
	非常用電源	常用電源	
2号炉	④, ⑤	⑥	2号炉の非常用電源に接続
3号炉	⑦	⑧	

5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針

(3) 地下水位の監視

- 揚水井戸における地下水位を中央制御室で監視し、制御盤を含め耐震性を確保することにより、地下水位の異常上昇に対する検知性向上を図る。



地下水位監視機能の構成

5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針 (4) 設置許可及び工認段階における提示内容(1/2)

- 各審査段階における説明内容を以下に示す。
- 設置変更許可段階においては、地下水位低下設備の信頼性確保の方針並びに対象施設の地下水位設定方針を示す。
- また、上記を踏まえた工認段階における提示内容等を示す。

設置許可及び工認段階における提示内容(案)

設置変更許可の審査

地下水位低下設備※1

- 設計基準対象施設として位置付け
- 設計上の配慮 (Ss機能維持, 電源は非常用電源に接続)

※1 添付書類六(地盤)並びに添付書類八(耐震設計, その他発電用原子炉の附属施設)に記載

対象施設

- 浸透流解析を踏まえ, 設計用地下水位を個別に設定する方針
(各関係条項に記載)

工事計画認可の審査

地下水位低下設備

- 基本設計方針(技術基準規則※2 第5条・第50条(耐震)※3)に信頼性確保の方針を位置付け, 耐震計算書を添付(地下水位の設定方法を含む)

※2 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則

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

対象施設

- 耐震計算書(地下水位低下設備の機能に期待した浸透流解析により設計用地下水位を個別に設定)

5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針

(4) 設置許可及び工認段階における提示内容(2/2)

- 発電用原子炉設置変更許可申請書添付六、添付八に対する現時点における記載方針を示す。

添付書類六

<地盤>

液状化に対する考え方

- 地下水位の設定によっては、地震発生時に液状化が生じ、対象施設の機能に影響を及ぼす可能性がある。
- このため、地下水位低下設備を設置し、地下水位を一定の範囲に保持することにより、常時から基準地震動発生後まで液状化の影響を緩和する設計とする。

添付書類八

<耐震設計>

地下水位低下設備は、常時から基準地震動発生後まで地下水位を一定の範囲に保持し、液状化の影響を緩和する設計とすることから、当該設備は耐震性を確保する。このため、対象施設においては、必要に応じて、地下水位低下設備による地下水位の低下を考慮した設計とする。

<その他発電用原子炉の附属施設>

地下水位低下設備

基準地震動の発生を考慮し、液状化の影響が各構築物、系統及び機器に及ばないよう、地下水位低下設備を設置する。

また、当該施設については液状化の影響が周辺の安全施設の機能に影響を及ぼす可能性があるため、信頼性を確保した設計とする。

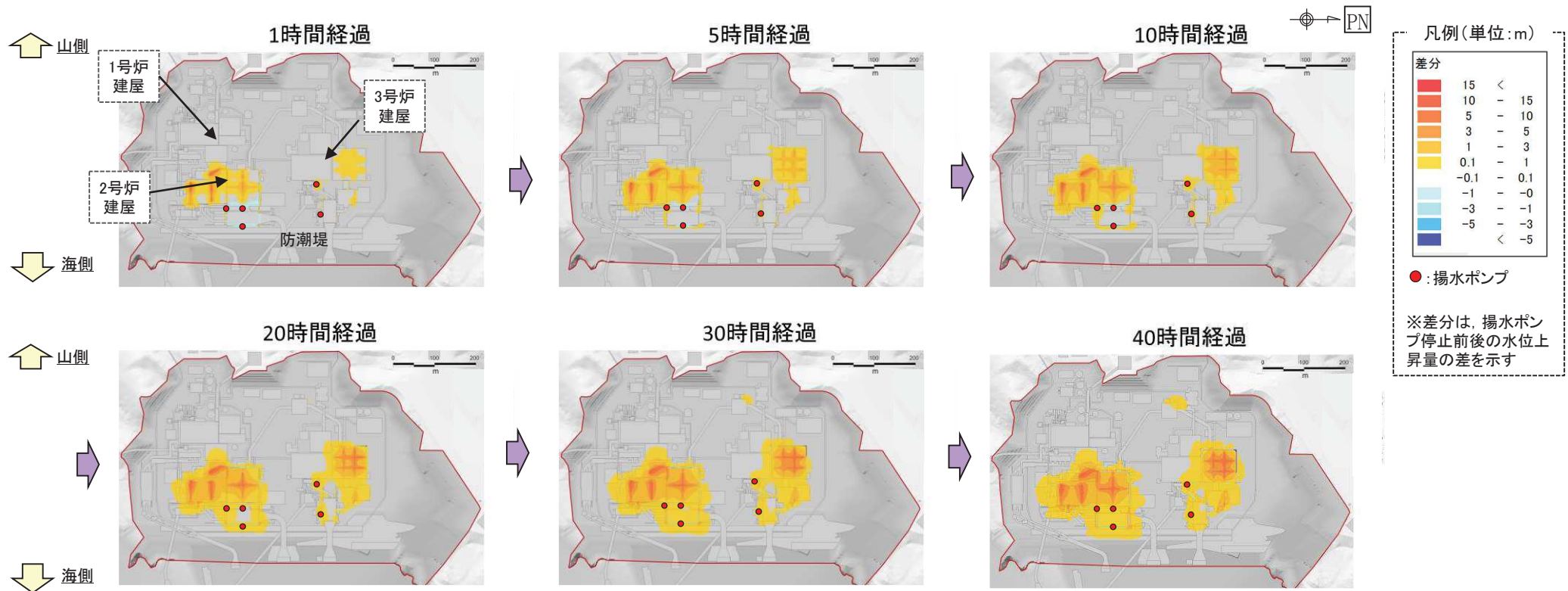
具体的には、当該系統の構築物、系統及び機器については基準地震動に対して機能維持する設計とする。また、電源については、外部電源の喪失に配慮し、非常用電源からの供給が可能な設計とする。

さらに、動的機器である揚水ポンプについては、ランダム故障に配慮し、配管も含めて多重化する。

5. 地下水位低下設備の信頼性確保の方針

(5) 参考 揚水ポンプ停止時の水位上昇と監視範囲のイメージ

- 地下水位低下設備の耐震性確保等により、揚水ポンプが機能停止した状況が継続することは考えにくいですが、念のための検討として、この状況を仮定した水位の経時変化を確認した。
- 地下水位低下設備が設置される原子炉建屋周辺は岩盤を掘り込み構築し、盛土で埋め戻していることから、地下水位低下設備の機能停止後の水位上昇範囲は、初期段階では建屋近傍に限定され、ポンプ停止が長期間継続した場合はその周囲に拡大していく。また、水位の上昇速度は非常に緩速である。
- 揚水ポンプは全ての揚水井戸に各2台設置する方針であることも踏まえると、揚水井戸の位置で地下水位を監視することにより、ランダム故障時においても、周辺の対象施設の地下水位に影響が生じる前に確実に検知することが可能である。



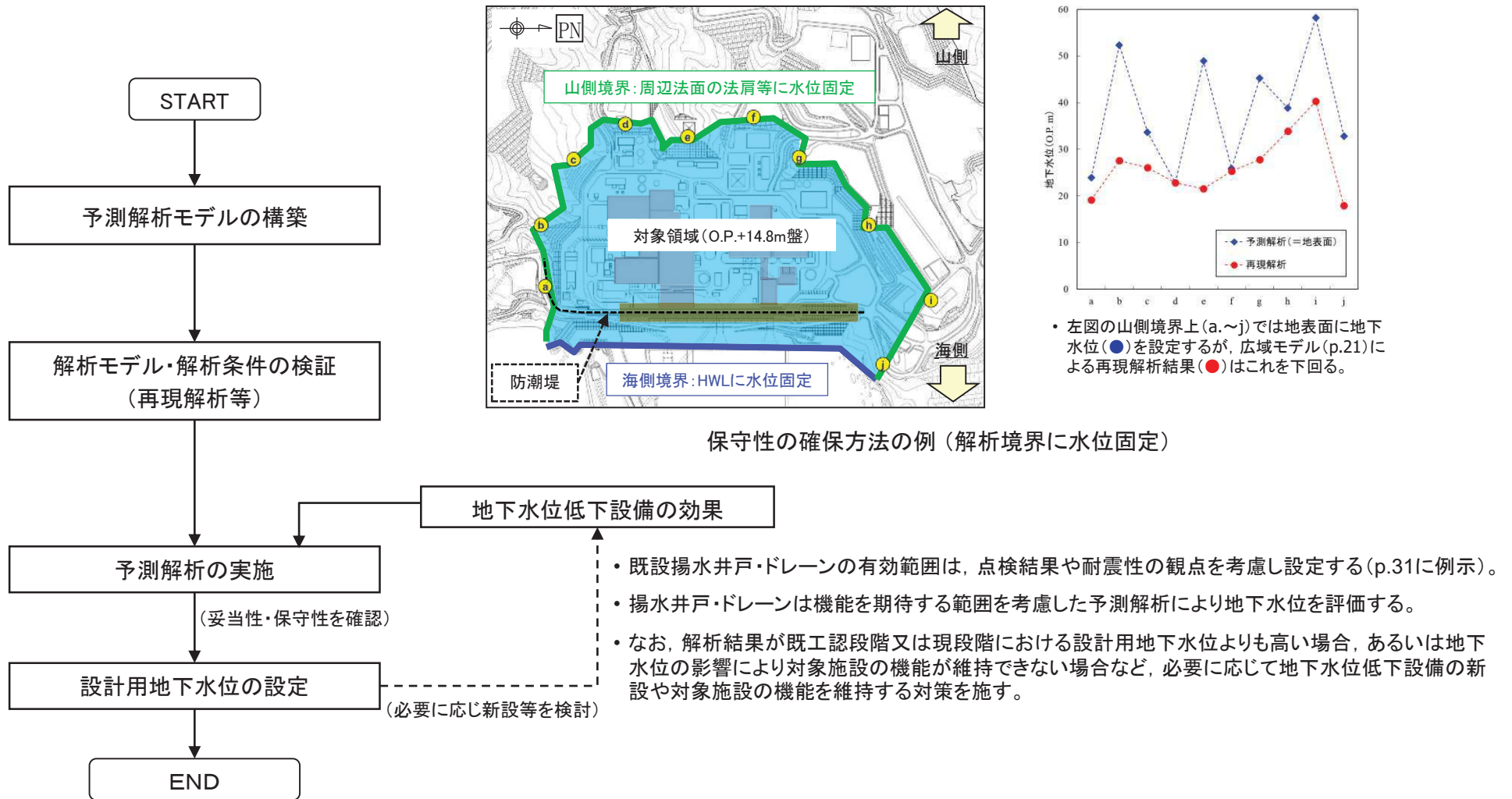
三次元浸透流解析による揚水ポンプ停止後の水位上昇の評価例

(保守的に解析境界の法肩地表面に水位固定した非定常解析の例)

6. 今後の地下水位の設定方針

6. 今後の地下水位の設定方針 (1) 概要

- 工認段階における設計用地下水位は、設置許可段階における信頼性確保の方針を踏まえ、地下水位低下設備の効果を検討し、予測解析の妥当性・保守性を確認した上で、浸透流解析により設定する。

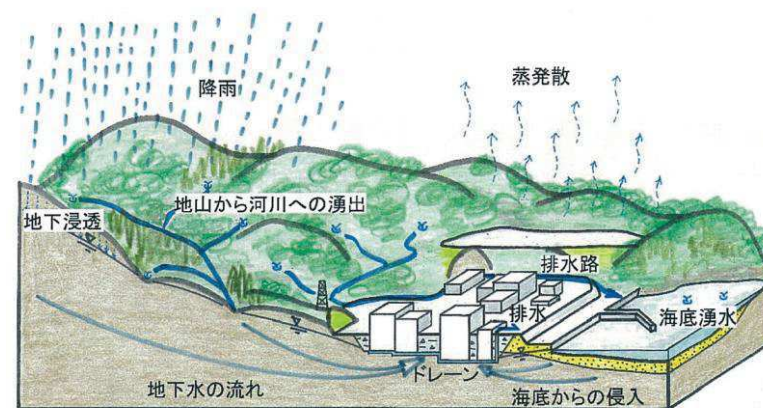


浸透流解析を用いた設計水位の設定フロー

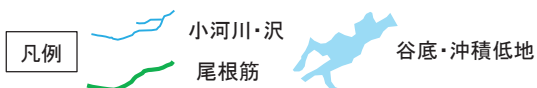
補足説明資料1 敷地の水文環境

補足説明資料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、蒸発散分を除き、表面水として敷地へ流入するものと盛土や岩盤内に浸透し地下水として敷地に流入するものに分かれる。
- 表面水は排水路を通じて海へ排水される。
- また、地下水は主要建屋周辺に設置した地下水位低下設備により集水後、排水路へ排水される。



敷地の水文環境のイメージ



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

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

---> 主な地表水の流れ

補足説明資料2

地下水位低下設備のうち揚水井戸・ドレーンの状況

補足説明資料2

地下水位低下設備のうち揚水井戸・ドレーンの状況（1/2）

- 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、2号炉揚水井戸（揚水井戸⑤）及び周辺のドレーンの状況を示す。
- 目視確認の範囲では著しい損傷や断面阻害等は認められず、ドレーン及び揚水井戸の集排水機能は維持されている。



写真A ドレーン（有孔ヒューム管Φ1,050mm）
2018/9/18撮影



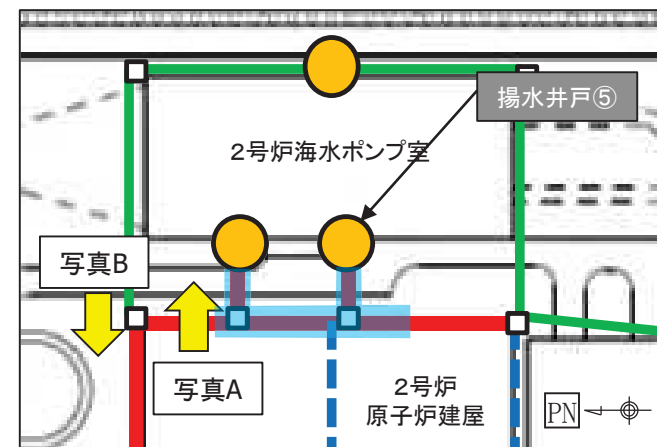
写真B ドレーン（有孔ヒューム管Φ1,050mm）
2018/9/18撮影



写真C 揚水井戸⑤（中段部）
2017/3/17撮影

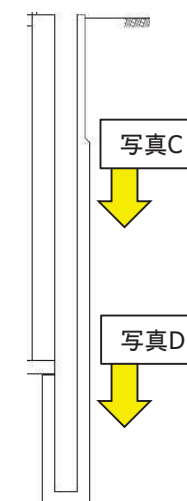


写真D 揚水井戸⑤（下段部）
2017/3/17撮影



写真撮影位置 目視確認範囲※

※：平成23年（2011年）
東北地方太平洋沖地
震後に実施した目視確
認の範囲



写真撮影位置（揚水井戸⑤断面）

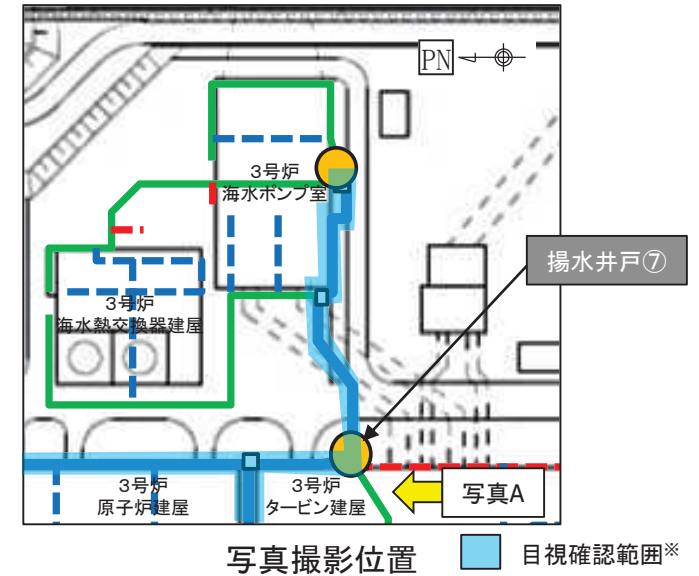
補足説明資料2

地下水位低下設備のうち揚水井戸・ドレーンの状況（2/2）

- 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、3号炉揚水井戸（揚水井戸⑦）及び周辺のドレーンの状況を示す。
- 目視確認の範囲では著しい損傷や断面阻害等は認められず、ドレーン及び揚水井戸の集排水機能は維持されている。



写真A ドレーン（有孔ヒューム管Φ800mm）
2018/9/18撮影



写真撮影位置 目視確認範囲※

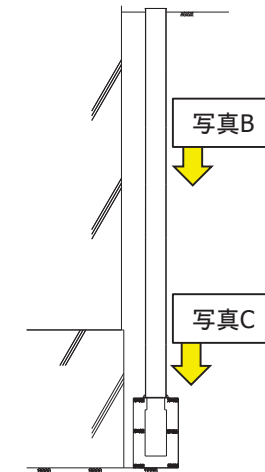
※：平成23年（2011年）
東北地方太平洋沖地
震後に実施した目視確
認の範囲



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（揚水井戸⑦断面）

参考資料1
三次元浸透流解析による
防潮堤沈下対策の影響確認結果(通常時)

(第601回審査会合(H30.7.17) 資料3-1-1 修正)

(1)領域とモデル化範囲

- 施設が配置される主要エリア(O.P.+14.8m盤周辺)を対象とし、解析領域は周辺法面等を含む。
- 領域内の構造物※、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。
- 防潮堤下部の状態は現況(防潮堤下に盛土・旧表土が存在)及び防潮堤下部の沈下対策後(防潮堤下の地盤改良・前面の置換コンクリートは有)とする。

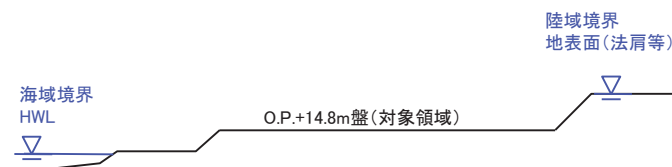
※:耐震裕度向上等の目的で実施した地盤改良等は、低透水層としてモデル化する。
ただし、海側の地中連壁の影響は保守的に考慮しないものとする。

(2)透水係数

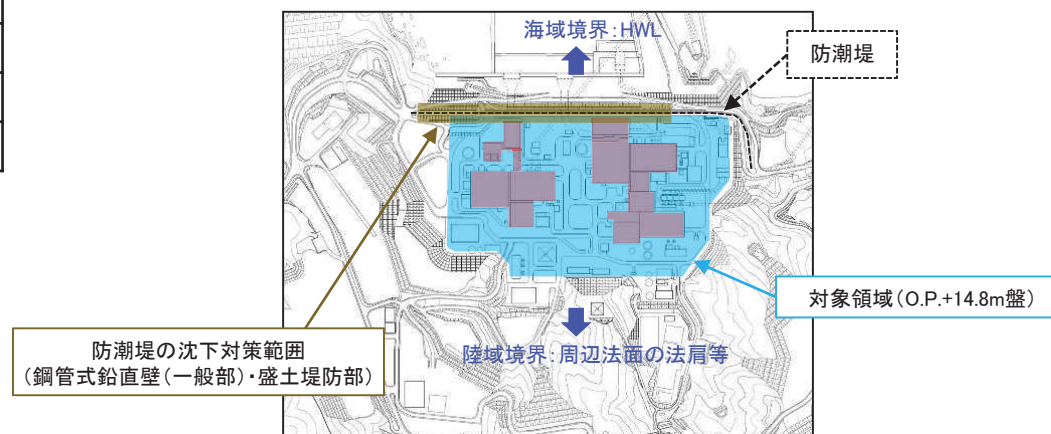
- 既往の二次元浸透流解析における採用値を基本として設定。

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号機周辺 以南	岩盤 I	7×10^{-7}
	岩盤 II	5×10^{-7}
3号機周辺 以北	岩盤 I	2×10^{-7}
	岩盤 II	1×10^{-7}
構造物		0(不透水)



(a) 断面



(b) 平面

三次元浸透流解析の範囲等

(3)境界条件など

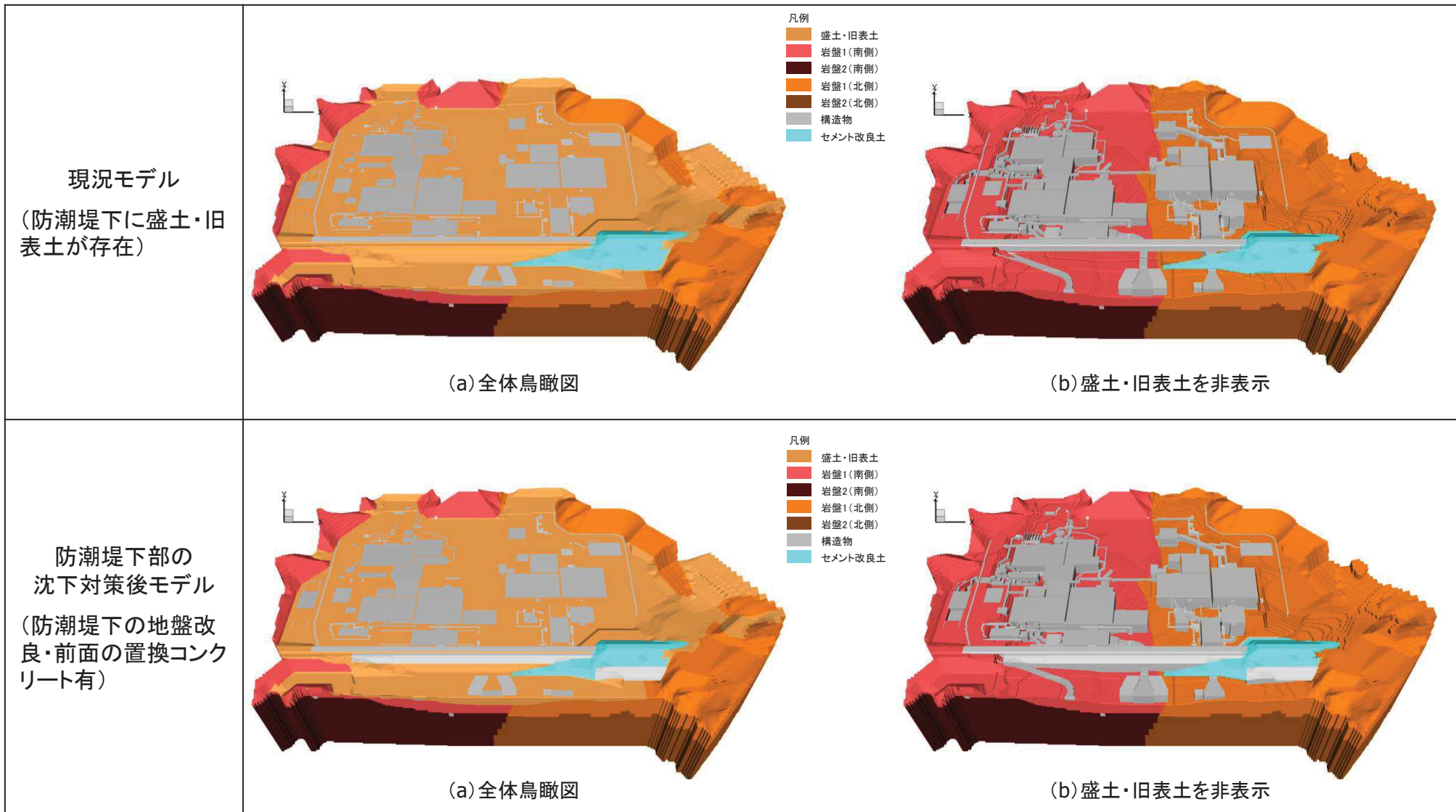
- 初期条件 淡水飽和状態
- 境界条件
 - 陸地: 地表面に静水圧固定境界
 - 海域: H.W.L.(O.P.+1.43m)に静水圧固定境界
- 降水量条件 入力なし(定常解析)

参考資料1 三次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響確認結果(通常時)

(2)解析モデル

第601回審査会合(H30.7.17)
資料3-1-1 p.43 修正

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

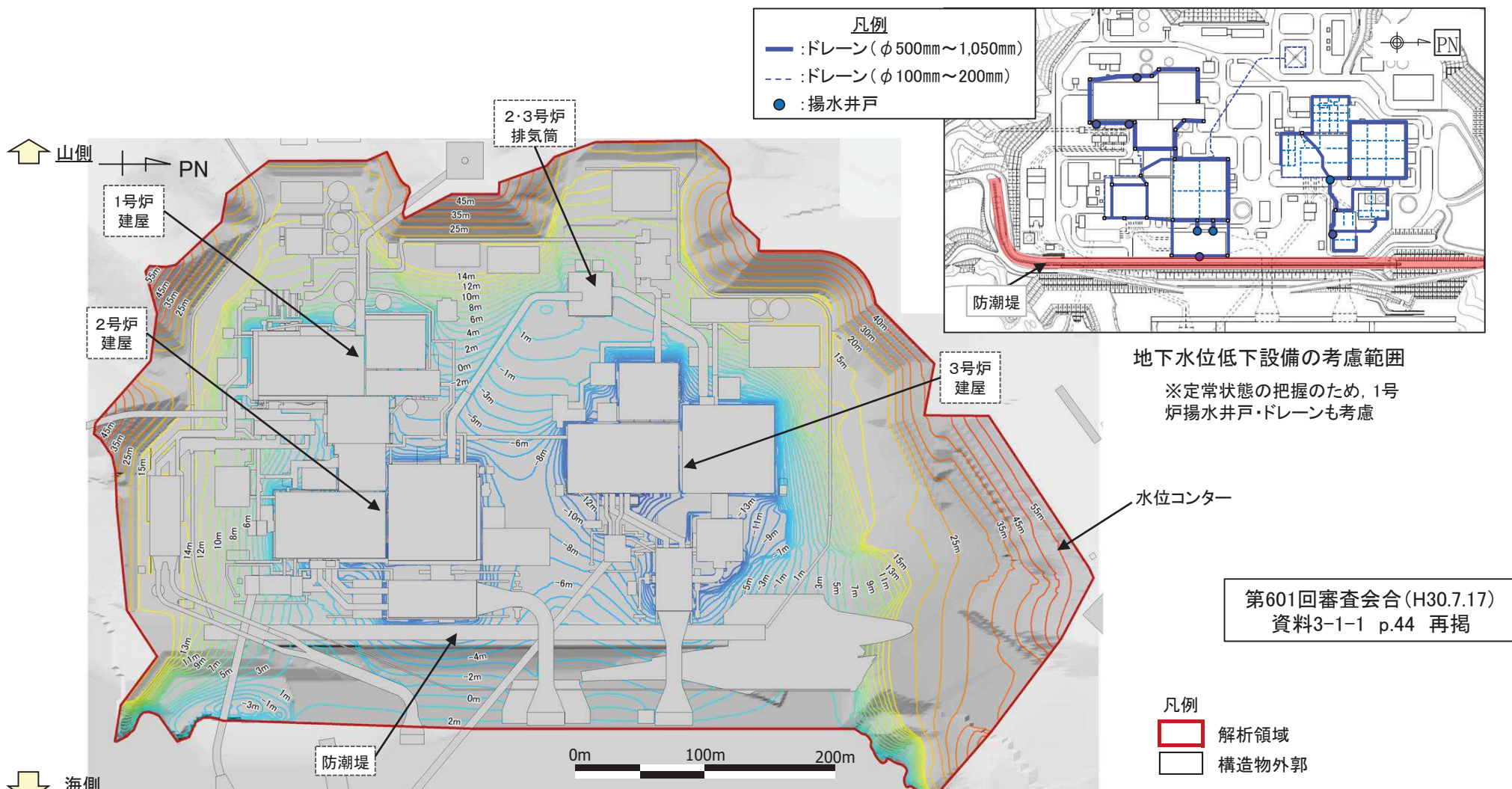


三次元浸透流解析モデル鳥瞰図

参考資料1 三次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響確認結果(通常時)

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



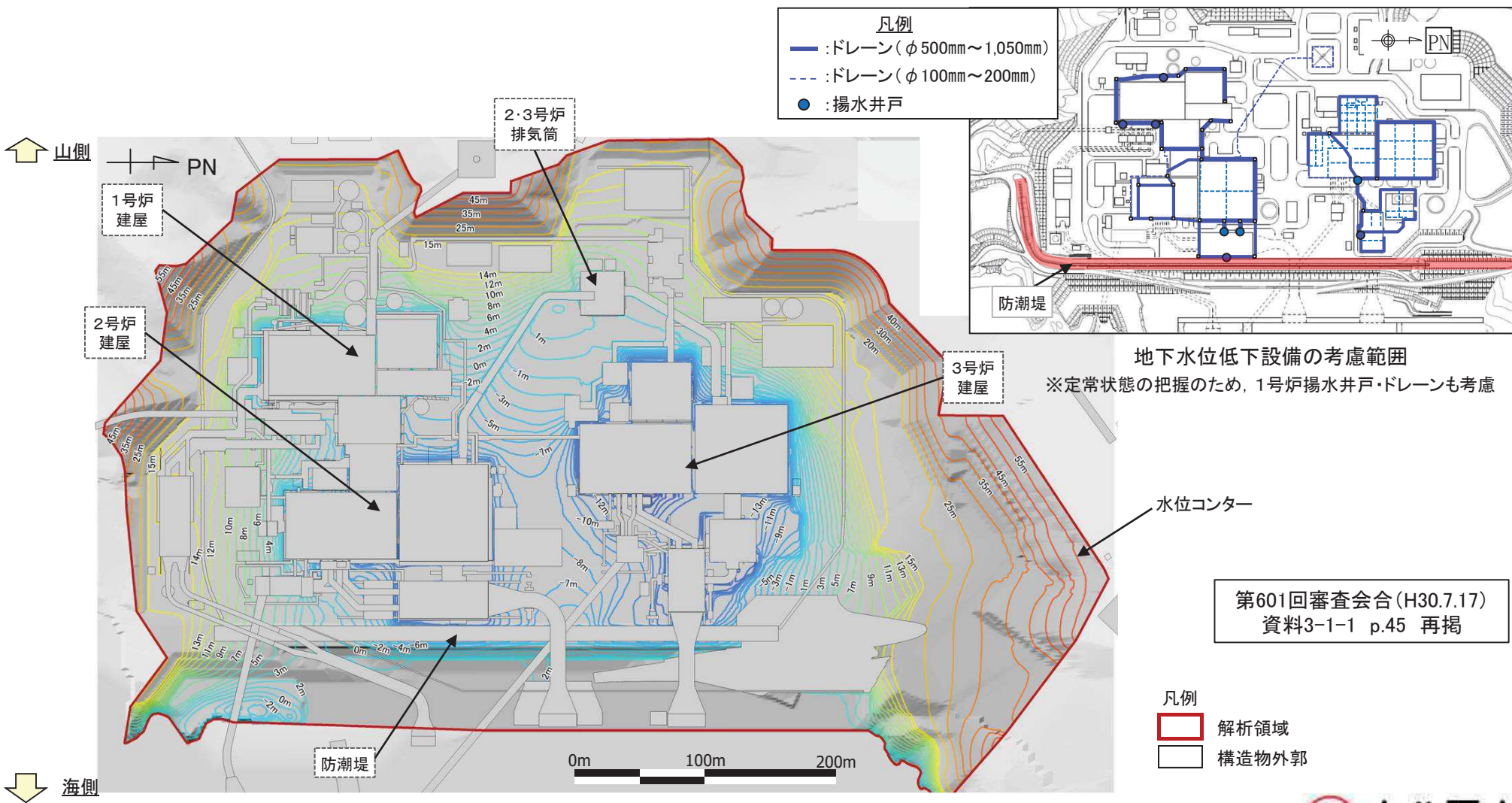
第601回審査会合 (H30.7.17)
 資料3-1-1 p.44 再掲

三次元浸透流解析結果(定常状態・現況モデル)

参考資料1 三次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響確認結果(通常時)

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



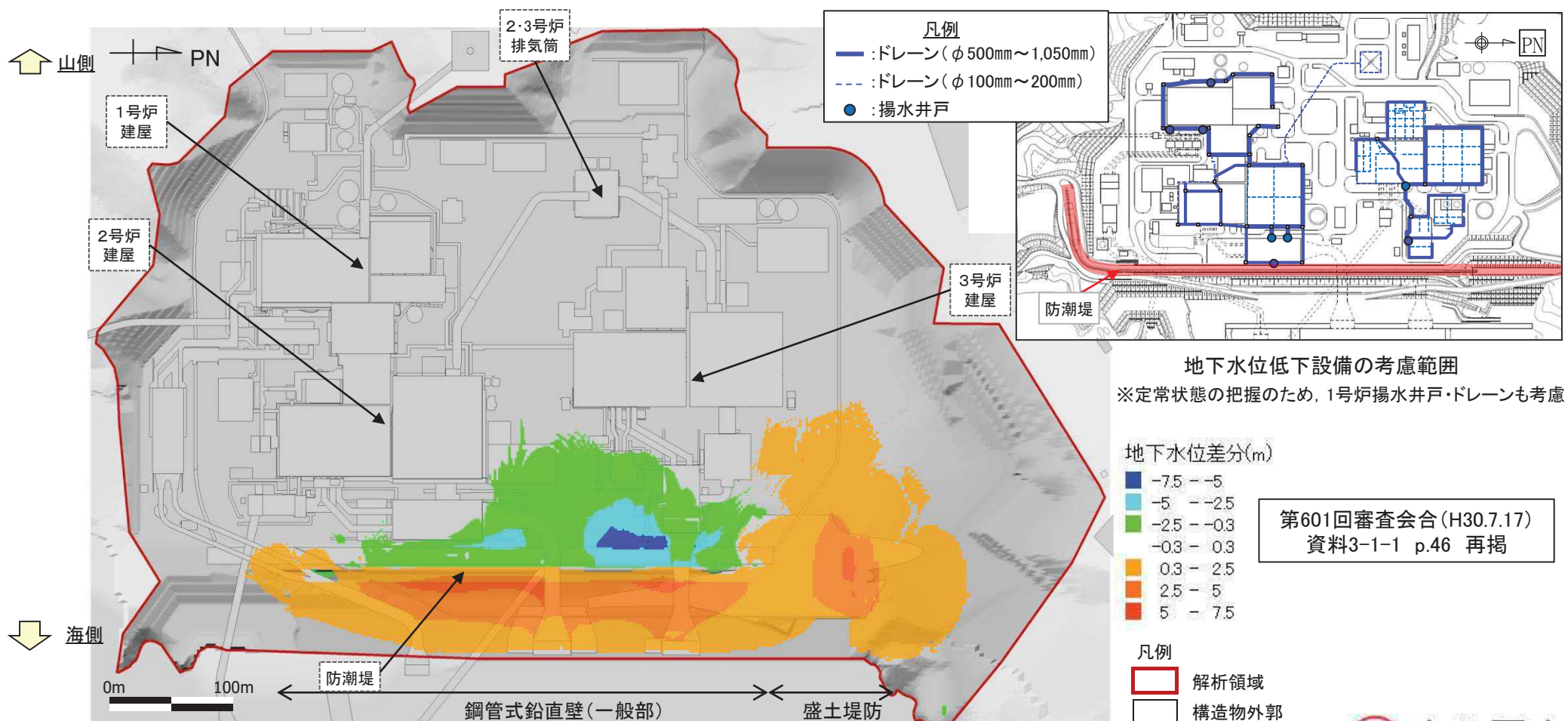
三次元浸透流解析結果(定常状態・沈下対策後モデル)

参考資料1 三次元浸透流解析による防潮堤沈下対策の影響確認結果(通常時)

(5) 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示す。
- 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。

(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。)



防潮堤下部の沈下対策前後における自由地下水位差分