

女川原子力発電所2号炉 地下水位の設定について

平成31年 2月 5日
東北電力株式会社

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

1. 審査会合におけるコメントと回答主旨	2
2. はじめに	6
3. 地下水位低下設備の概要	9
4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響	23
5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針	34
6. 今後の地下水位の設定方針	50
7. 今後の地下水位低下設備の保守管理方針	58

補足説明資料

補足説明資料1 敷地の水文環境	62
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	64
補足説明資料3 ドレーン構成部材の耐久性	67
補足説明資料4 接続柵の構造概要	70

参考資料

参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析結果(第601回審査会合(H30.7.17) 資料3-1-1再掲) ...	72
参考資料2 構内排水路の概要(第601回審査会合(H30.7.17) 資料3-1-1再掲)	90
参考資料3 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647回審査会合(H30.11.6) 資料2-2-2 再掲)	92
参考資料4 基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方 (第601回審査会合(H30.7.17) 資料3-1-1 修正)	98

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11月6日)	回答主旨	対応頁
1	•ドレーンを構成する有孔ヒューム管・有孔塩ビ管及びタフネルシートの耐久性及び耐用年数を提示すること。	•ドレーンを構成する有孔ヒューム管・有孔塩ビ管及びタフネルシートの耐久性・耐用年数の情報を提示した。	• p.16
2	•敷設箇所等を考慮したドレーンの保守・管理方針を提示すること。また、ドレーンに期待する集水機能が喪失した場合の対策又は設計上の考え方を提示すること。	•ドレーンの要求性能と敷設状況等に照らした保守・管理方針と、直接目視確認できない範囲の取扱いについて、考え方を提示した。 •また、ドレーンの耐久性や設置環境等から、ドレーンに期待する集水機能が維持される考え方を提示した。	• p.58～p.61
3	•非定常の3次元浸透流解析から得られた解析結果と地下水位の観測記録に差が生じている理由を整理して提示すること。また、設計用地下水位や水位上昇の時間等の設計の条件設定を見据えた解析結果と観測記録の経時変化及び最大値等を比較した上で、その差異やばらつきに対し設計への反映方針を提示すること。	•非定常の3次元浸透流解析から得られた解析結果と地下水位の観測記録の差の要因について、水位・揚圧力を大きく(保守的に)算出するよう透水係数を設定していることに起因しており、解析が保守性を有することから問題ないことを確認した。また、経時変化及び最大値の比較を追加した。 •設計用地下水位の設定においては解析境界において地表面に水位を固定し、保守性を確保する方針を提示した。	• p.26～p.27 • p.51

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11月6日)	回答主旨	対応頁
4	•地下水位低下設備について、当該設備が機能喪失した場合にその効果を見込む施設への影響を検討した上で、安全重要度分類の位置づけを整理して提示すること。	•地下水位低下設備の信頼性の向上を図る観点から、地下水位低下設備の機能と耐震重要度及び安全重要度分類上の位置づけを整理した。 (具体的な考え方については、第5章『地下水位低下設備の信頼性向上の方針』にて説明)	• p.35～p.42
5	•地下水位低下設備にJEAG4612の考え方を準用していることについて、当該設備への適用性を提示すること。		
6	•地下水位低下設備の構成部位を網羅的に整理した上で、各構成部位に対するSs機能維持の確認方法を提示すること。	•地下水位低下設備を構成する部位を網羅的に整理し、先行プラントにおいて採用実績のあるSs機能維持の確認方法を提示した。	• p.43

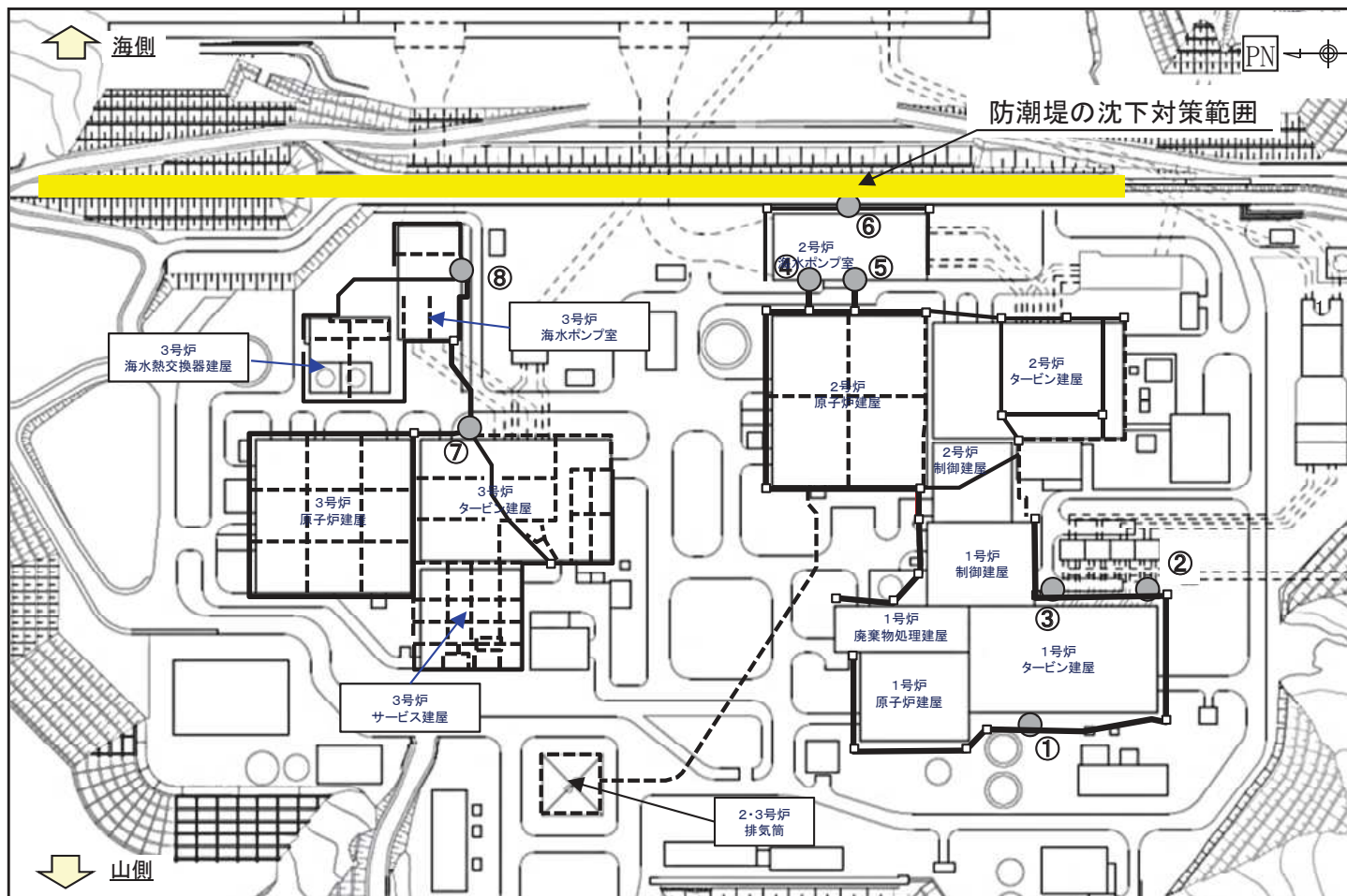
No.	審査会合におけるコメント(平成30年11月6日)	回答主旨	対応頁
7	既設の地下水位低下設備が設置されているにも係わらず、ドレーン及び揚水井戸を新設する理由を提示すること。	新設する場合を含めて、設計用地下水の設定において参照するドレーンの有効範囲を設定する考え方を提示した。	p.52～p.56
8	防潮堤下部の地盤改良後の運転段階における地下水位について、工認段階で設定する地下水位を踏まえた信頼性の確保に係る方針を提示すること。	設計用地下水位の検証を目的として、防潮堤沈下対策後の運転段階においても地下水位の観測を行う方針を提示した。また、一部は防潮堤下部の地盤改良後も地下水位観測を継続し、基礎データとして集積していく方針を提示した。	p.57

2. はじめに

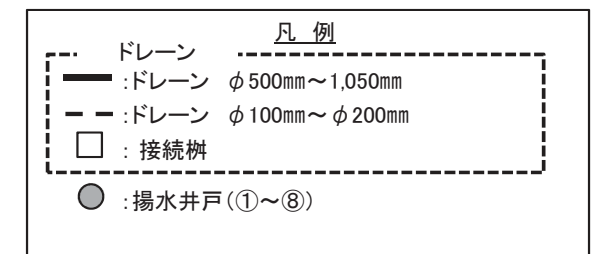
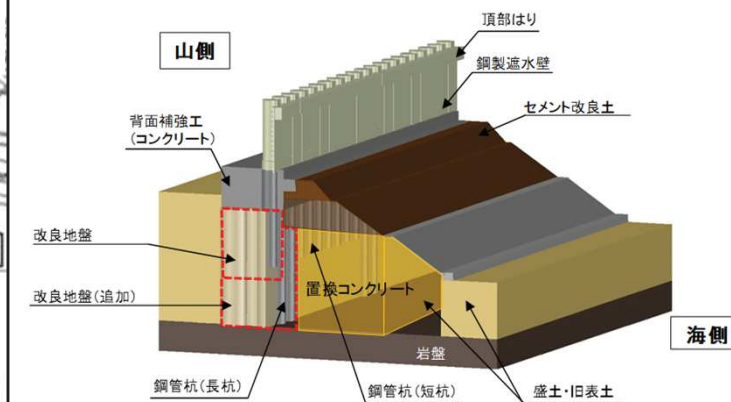
2. はじめに

(1) 地下水位低下設備に期待する機能

- 地下水位低下設備の水位低下効果に期待する周辺の施設(以下、対象施設とする)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)
- 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向上し、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性が生じた。



地下水位低下設備(既設)設置位置図

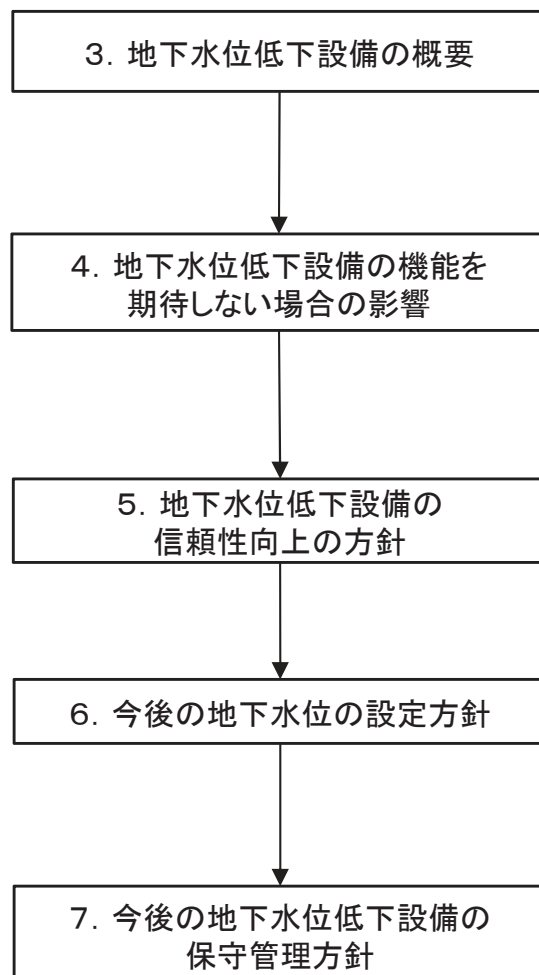


2. はじめに

(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



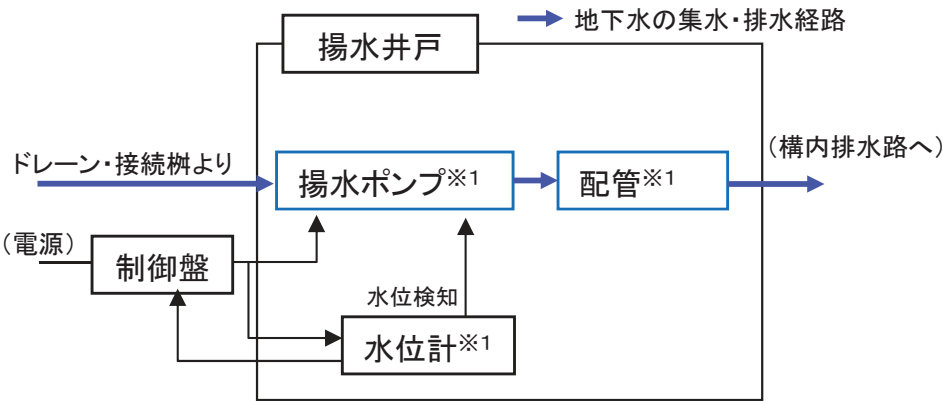
説明概要

- 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，耐久性等を示す。
- 地下水位低下設備が機能せず，地下水位が地表面付近まで上昇した場合における対象施設の影響評価結果を示す。
- 地下水位低下設備に要求される機能，機能喪失時の影響等から，耐震重要度分類及び安全重要度分類上の位置付け整理，並びにこの整理を踏まえた信頼性向上の方針について示す。
- 工認段階における設計用地下水位設定の考え方と，この前提となるドレーン有効範囲の設定方針，並びに地下水位観測計画について示す。
- 今後の地下水位低下設備の保守管理方針の考え方を示す。また，ドレーンの敷設状況等を踏まえた保守管理方針，並びにドレーンの集水機能が喪失した場合の対策又は設計上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、建設時工認(女川2号炉、3号炉工認)では地下水位低下設備の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。(参考資料1)
- 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

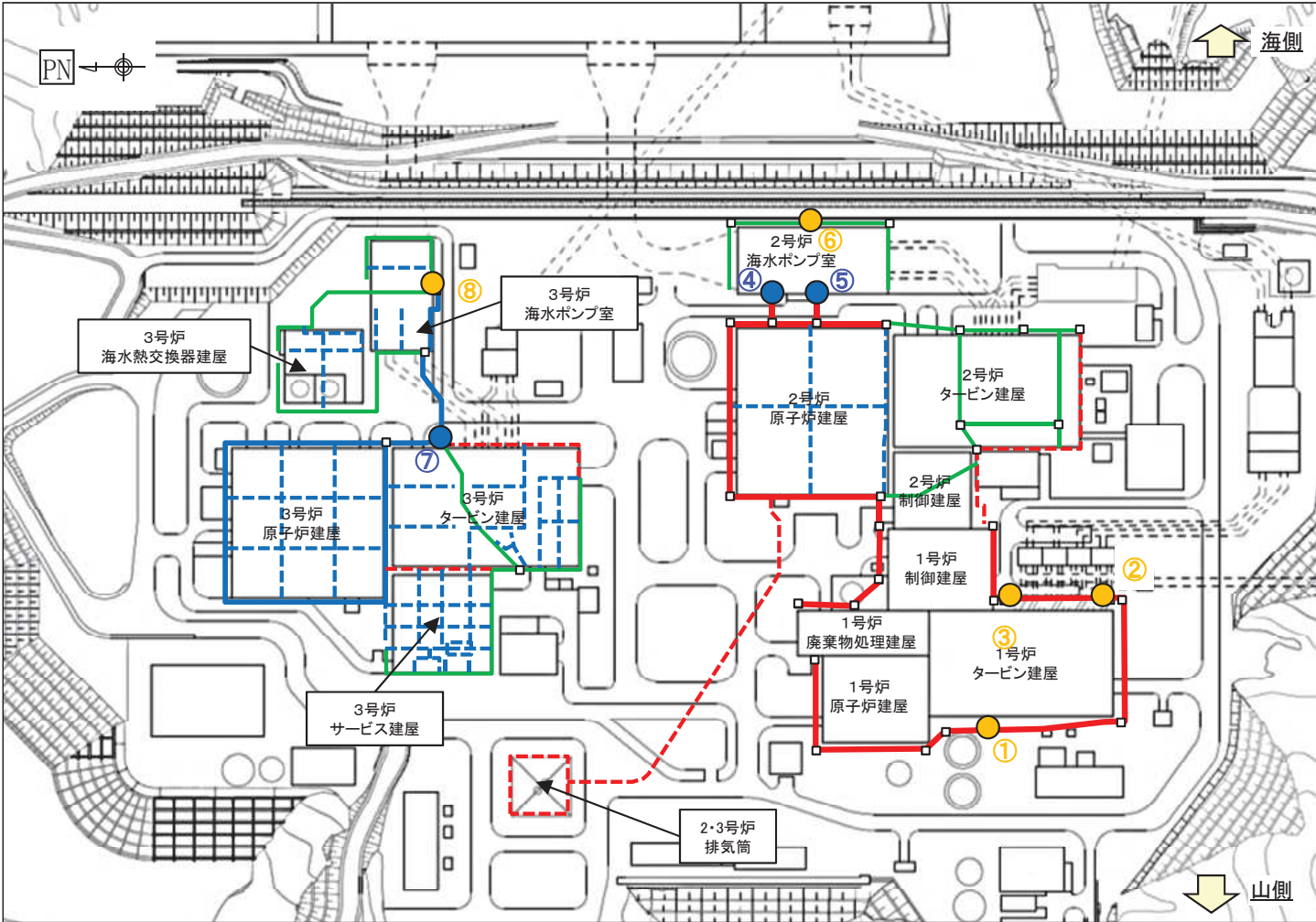
地下水位低下設備(既設)の機能と構成部位

機能	構成部位	設備構成のイメージ
集水機能	ドレーン・接続桝	The diagram shows a cross-section of the facility. A dashed blue line represents the '地下水面' (Groundwater surface). A solid blue arrow represents the '地下水の排水経路' (Groundwater drainage path). The path starts from a 'ドレーン' (Drain) in the '岩盤' (Rock layer) below the '原子炉建屋等' (Reactor building, etc.), goes up through a '揚水井戸' (Lifting well) containing a '揚水ポンプ' (Lifting pump), and then through '配管' (Piping) to a '制御盤' (Control panel) and finally to the '(構内排水路へ)' (To building drainage path). A '水位計' (Water level gauge) is also shown connected to the piping.
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	
排水機能	揚水ポンプ	
	配管	
監視・制御※2機能	水位計	
	制御盤	
電源機能	電源	

※2 伝送機能を含む

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」<φ100mm, 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」<φ500mm, 800mm, 1,050mmの3種類>)により揚水井戸に集水し、揚水ポンプ(2台／1箇所)・配管を介して構内排水路へ排水する構造となっている。ドレーンの分岐部, 曲がり部は鉄筋コンクリート造の接続桧が設置されている箇所もある。
- 女川原子力発電所においては, 異常時等において点検を行う場合を考慮し, 原子炉建屋周辺等において一部大口径(φ800mm, φ1,050mmの有孔ヒューム管)のドレーンを採用している。



凡 例

ドレーン

— : 有孔ヒューム管 φ1,050mm

— : 有孔ヒューム管 φ800mm

— : 有孔ヒューム管 φ500mm

- - : 有孔塩ビ管 φ200mm

- - : 有孔塩ビ管 φ100mm

□ : 接続桧

● : 揚水井戸 (常用電源)

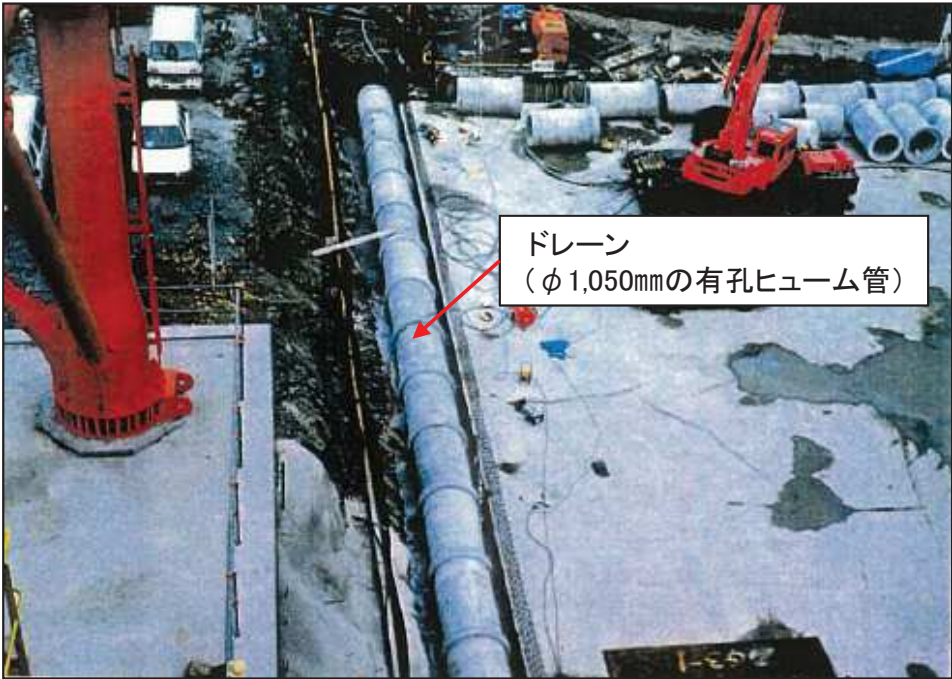
● : 揚水井戸 (非常用電源)

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

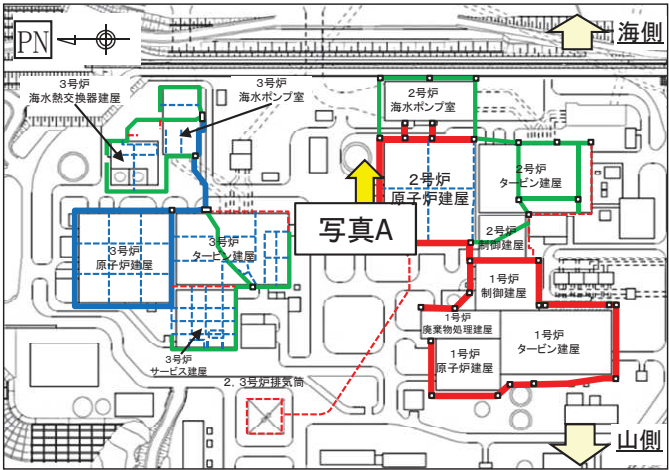
地下水位低下設備 (既設) 設置位置図

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 (1/4)

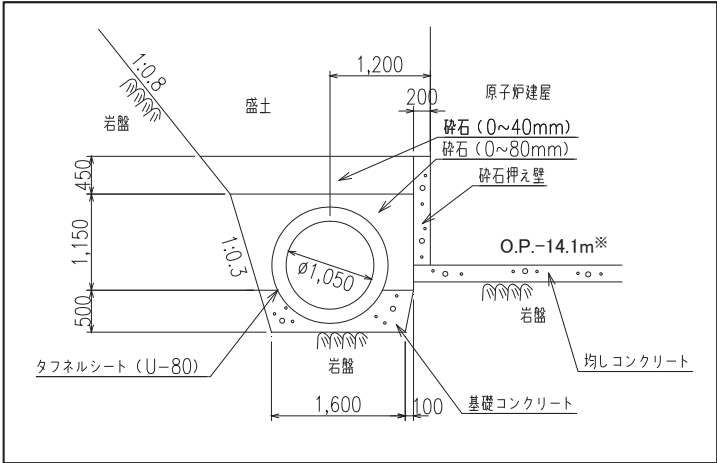
- 2号炉原子炉建屋周囲の岩盤上に設置されたドレーン(φ1,050mmの有孔ヒューム管)の敷設状況を示す(写真A)。
- ドレーンは、掘削した岩盤内に敷設し、土砂等の流入により有孔ヒューム管に目詰まりが生じないように、管を覆うように連続長繊維不織布(タフネルシート)を巻き、建屋側に砕石押え壁を設置して管周辺を連続した高透水性材料(砕石)で充填している。なお、管底部は基礎コンクリートにより固定している。



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(φ1,050有孔ヒューム管)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, 砕石)	透水性の良い土質材で、岩盤や盛土中の地下水をドレーンに導水する。	砂: 有孔塩ビ管周辺 砕石: 有孔ヒューム管周辺
連続長繊維不織布(タフネルシート)	フィルター材で、土中水の移動による土粒子のドレーンへの流入を抑制する。	高強度繊維布を不織布で挟んだ3層構造で耐酸性、耐アルカリ性に優れる材料
ドレーン(有孔塩ビ管, 有孔ヒューム管, 接続桝)	有孔管路で、地下水を集水する。	

※: 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

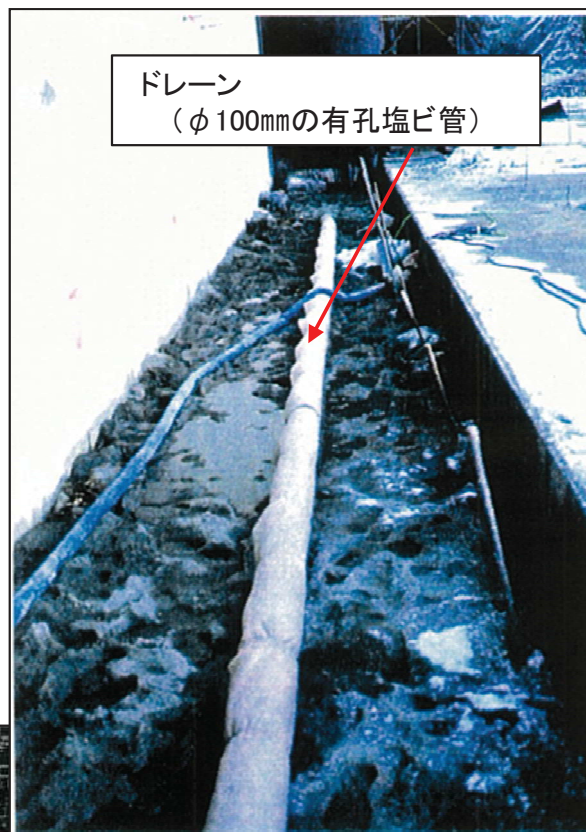
(3)既設の設備構成 ドレーン設置状況 (2/4)

第647回審査会合 (H30.11.6)

資料2-2-2 p.11 再掲

13

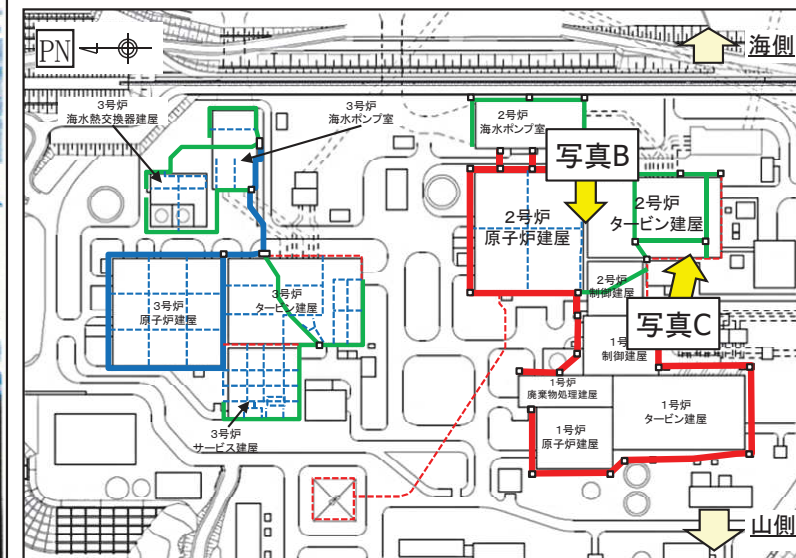
- 2・3号炉原子炉建屋等の直下に、 $\phi 100\text{mm}$ の有孔塩ビ管を敷設している(写真B)。
- この有孔塩ビ管は、岩盤を掘削して管を敷設後、土砂等の流入により有孔塩ビ管に目詰まりが生じないよう連続長繊維不織布(タフネルシート)を巻き、管周辺を連続した高透水性材料(砂)で充填している。
- 2・3号炉タービン建屋等の直下及び周辺には、 $\phi 500\text{mm}$ の有孔ヒューム管等を敷設している(写真C)。
- この有孔ヒューム管は、岩盤を掘削して管を敷設後、同じく連続長繊維不織布(タフネルシート)を巻き、管周辺を連続した高透水性材料(砕石)で充填している。



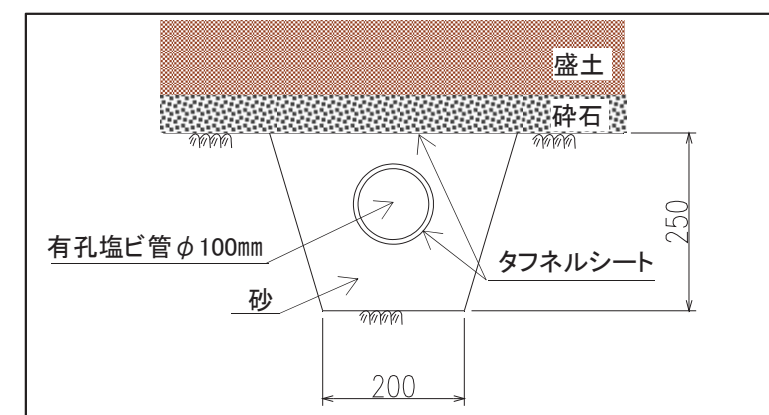
写真B 2号炉原子炉建屋・タービン建屋間 ($\phi 100\text{mm}$ の有孔塩ビ管)



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)



地下水位低下設備（既設）設置位置図



ドレーン（有孔塩ビ管）施工概念図
（建屋間の施工例）

3. 地下水位低下設備の概要

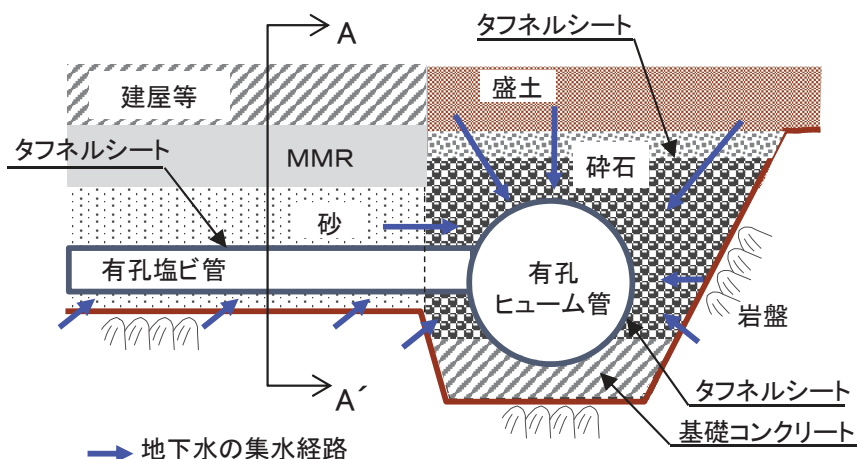
(3) 既設の設備構成 ドレーン設置状況 (3/4)

第647回審査会合 (H30.11.6)

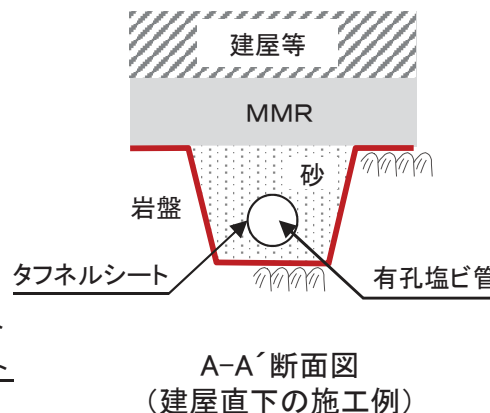
資料2-2-2 p.12 再掲

14

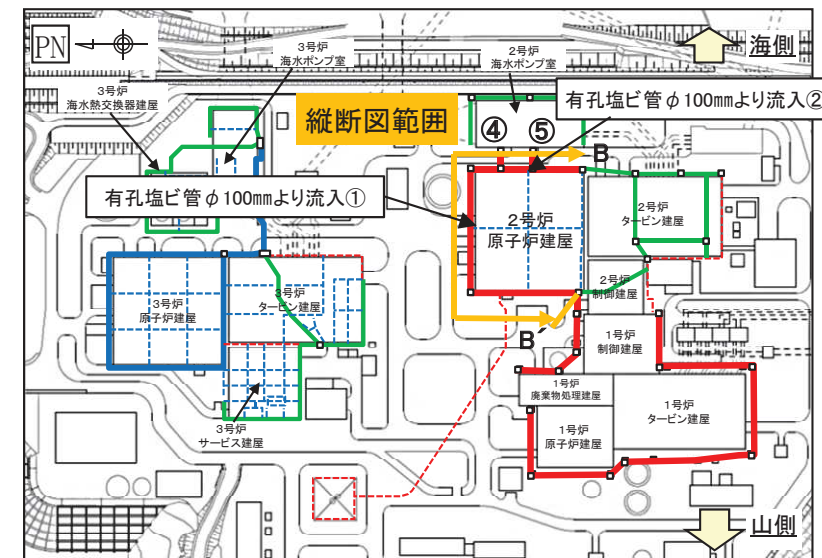
- ・ 建屋直下の有孔塩ビ管は建屋外縁の有孔ヒューム管に接続されている。
- ・ 有孔塩ビ管, 有孔ヒューム管いずれも岩盤を掘り込み敷設後, 土砂等の流入により有孔塩ビ管, 有孔ヒューム管に目詰まりが生じないよう, 管を覆うように連続長繊維不織布(タフネルシート)を巻き, 管周辺を連続した高透水性材料(砂, 碎石)で充填している。



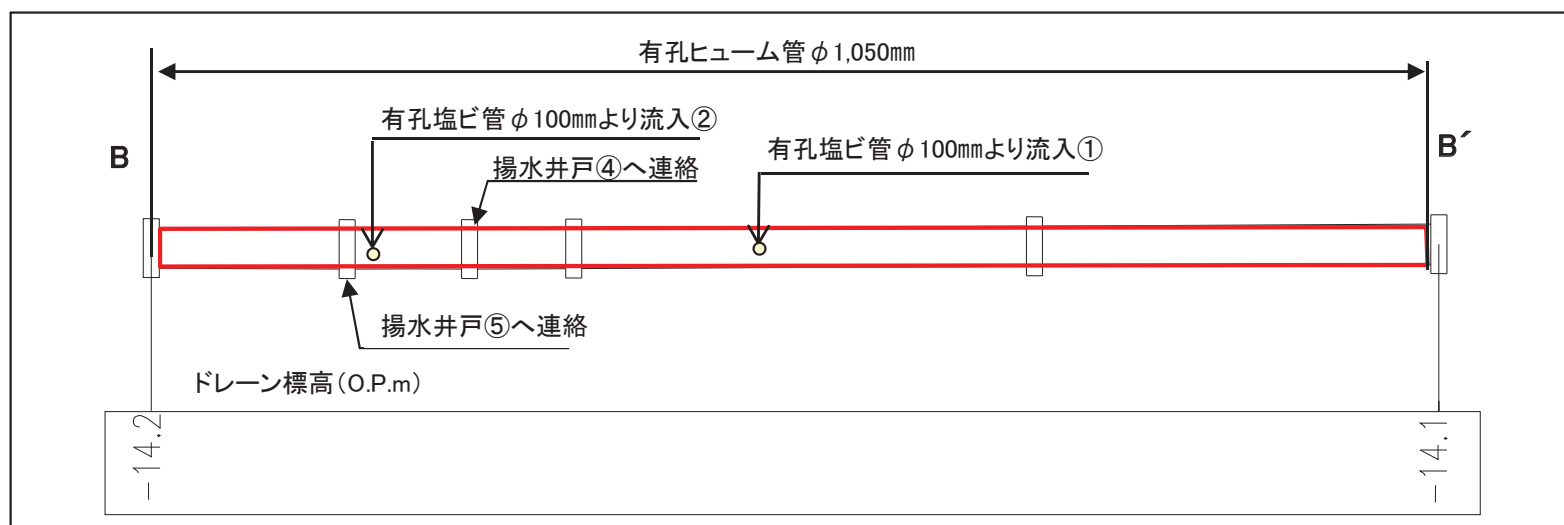
有孔塩ビ管と有孔ヒューム管の接続概念図



A-A'断面図
(建屋直下の施工例)



地下水位低下設備 (既設) 設置位置図

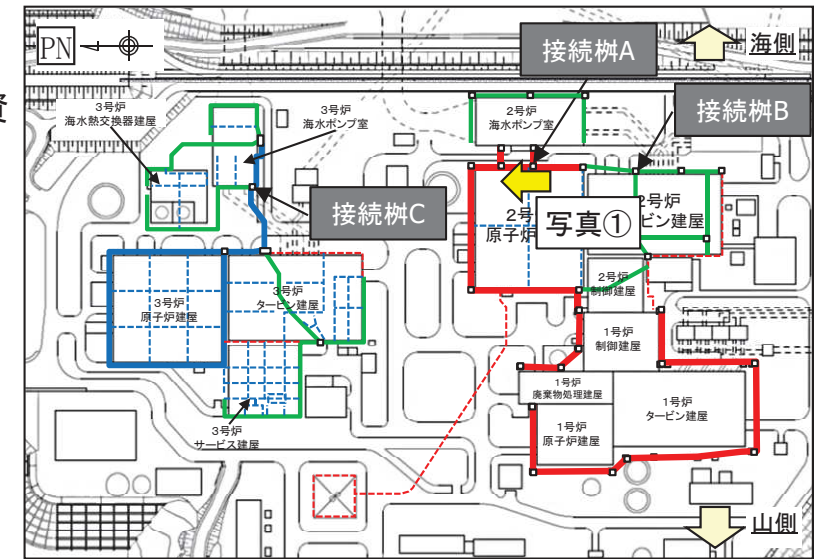
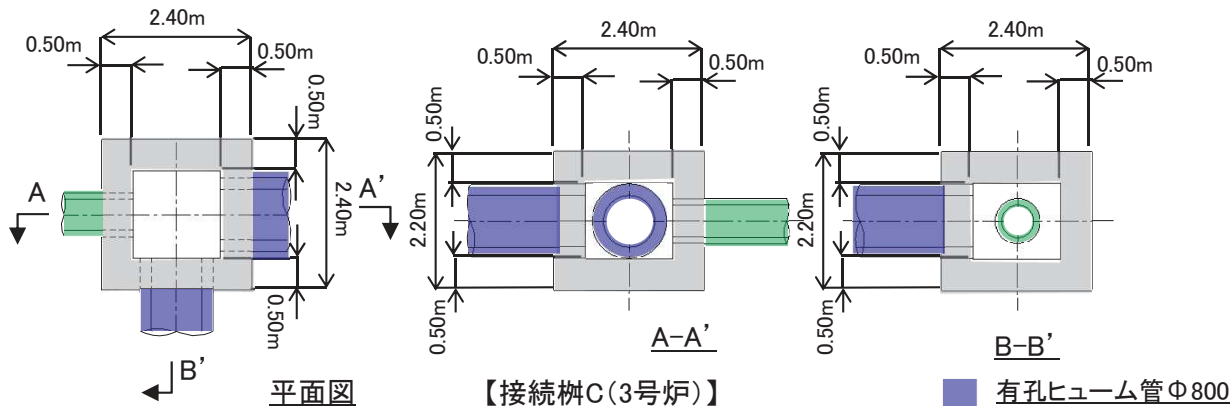
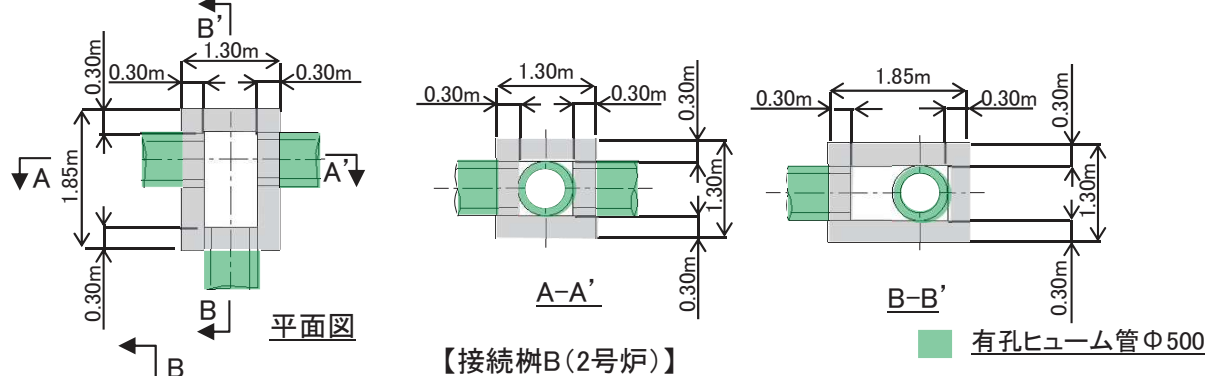
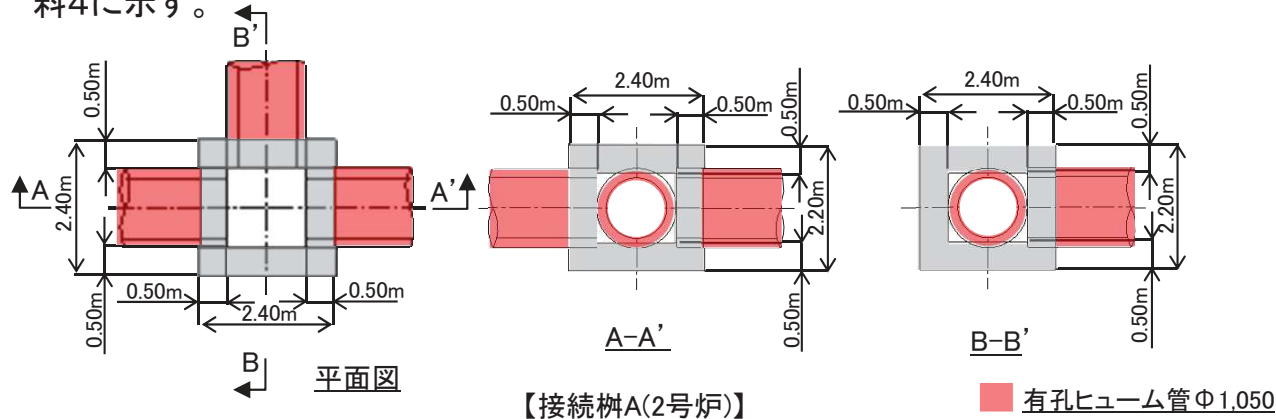


2号炉原子炉建屋周辺 ドレーン縦断図 (B-B'断面図)

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 (4/4)

- ・ ドレーンの分岐部、曲がり部は鉄筋コンクリート造の接続桧が設置されている箇所もある。
- ・ 接続桧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。
- ・ ドレーン径毎の主要な接続桧を下図に示す。その他の主な接続桧については補足説明資料4に示す。



地下水位低下設備（既設）設置位置図



写真① 2号炉原子炉建屋周囲接続桧の例

3. 地下水位低下設備の概要

(4) 既設の設備構成 ドレーンの耐久性など

- 既設地下水位低下設備のうちドレーンの構成部材の耐久性等について下表及び補足説明資料3に示す。

ドレーン関連部材の耐久性など

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	・ ドレーン周囲	- 岩盤及び盛土中の - 地下水をドレーンへ導水	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	・ ドレーン外面 及び碎石と盛土材の間	土粒子のドレーンへの流入防止(集水機能に関連しない)	- 化学的安定性と高い強度を有する - 地下埋設のため材料(ポリプロピレン)の主な劣化要因である紫外線が作用しないことから、今後の供用期間において劣化はないと考えられる。
	有孔ヒューム管 ・ 接続桧	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)^{※1} 50年以上(接続桧)^{※2} - 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(土被り, 気温・湿度等)は今後も変わらず安定的な状況が維持されると想定されるが、今後適切に保守管理することで機能確保を図ることとする。
	有孔塩ビ管	硬質ポリ塩化ビニル	- 対象施設直下の岩盤内 - 対象施設周囲の岩盤上	- 対象施設の揚圧力低減 - 対象施設周辺地盤の地下水位低下	- 耐用年数は50年程度^{※3} - 耐食性に優れる材料^{※4}

※1 全国ヒューム管協会(<http://www.hume-pipe.org/data/data07.pdf>)

※2 コンクリート標準示方書 設計編(2012)を参照した塩害評価による

※3 塩化ビニル管・継手協会(<http://www.ppfa.gr.jp/02/index-a04.html>)

※4 水道施設設計指針・解説(日本水道協会)

3. 地下水位低下設備の概要

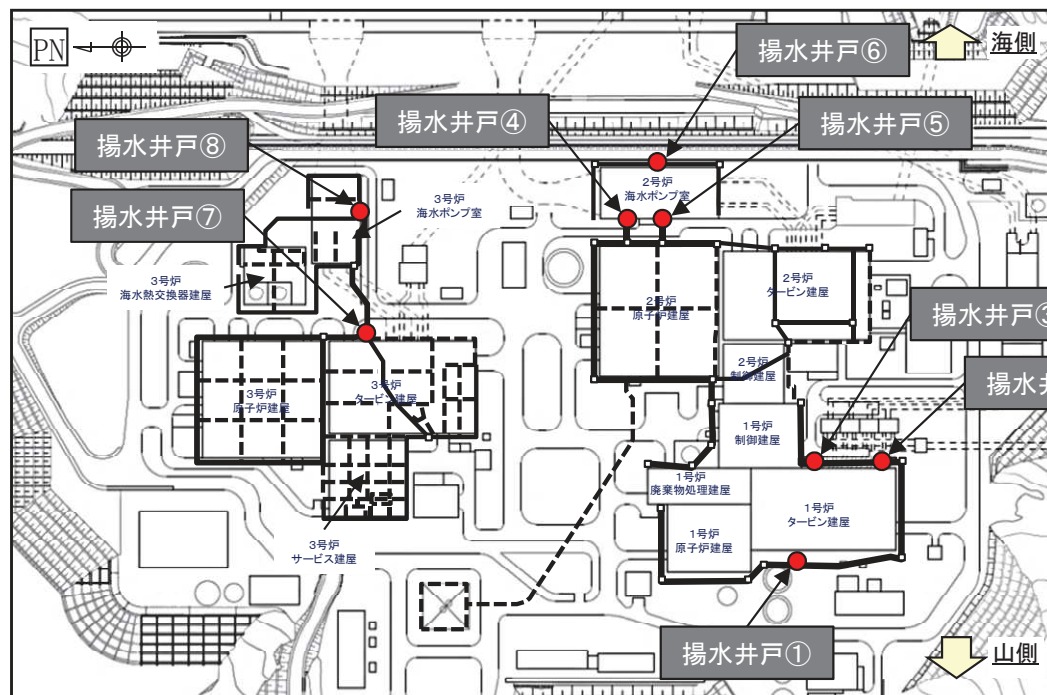
(5) 既設の設備構成 揚水井戸・配管(1/3)

第647回審査会合 (H30.11.6)

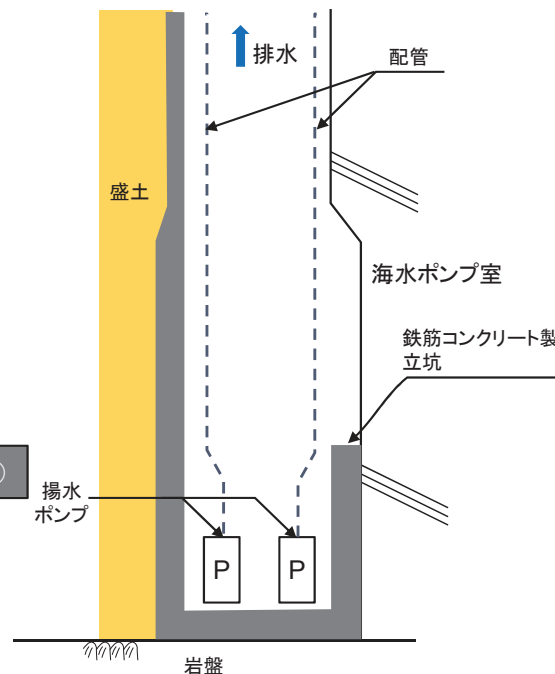
資料2-2-2 p.13 修正

17

- ・ 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($\phi 125\text{mm} \sim 200\text{mm}$)であり、O.P.+14.8m盤の構内排水路に接続している。



地下水位低下設備(既設) 設置位置図



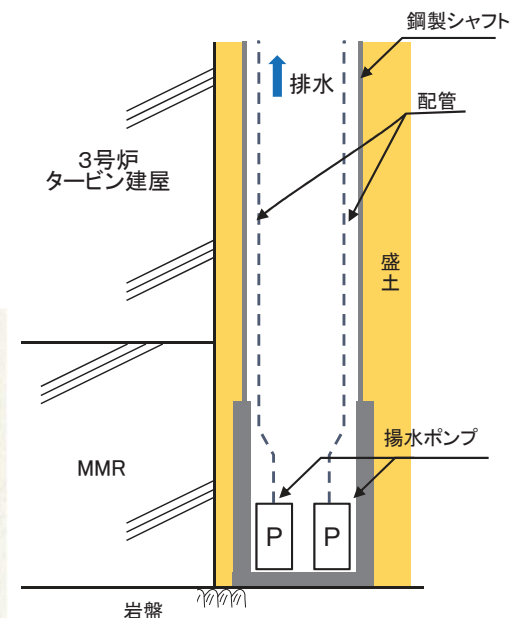
2号炉揚水井戸の例(揚水井戸④)



2号炉配管の例(揚水井戸④)



3号炉配管の例(左側)
(揚水井戸⑦)



3号炉揚水井戸の例(揚水井戸⑦)

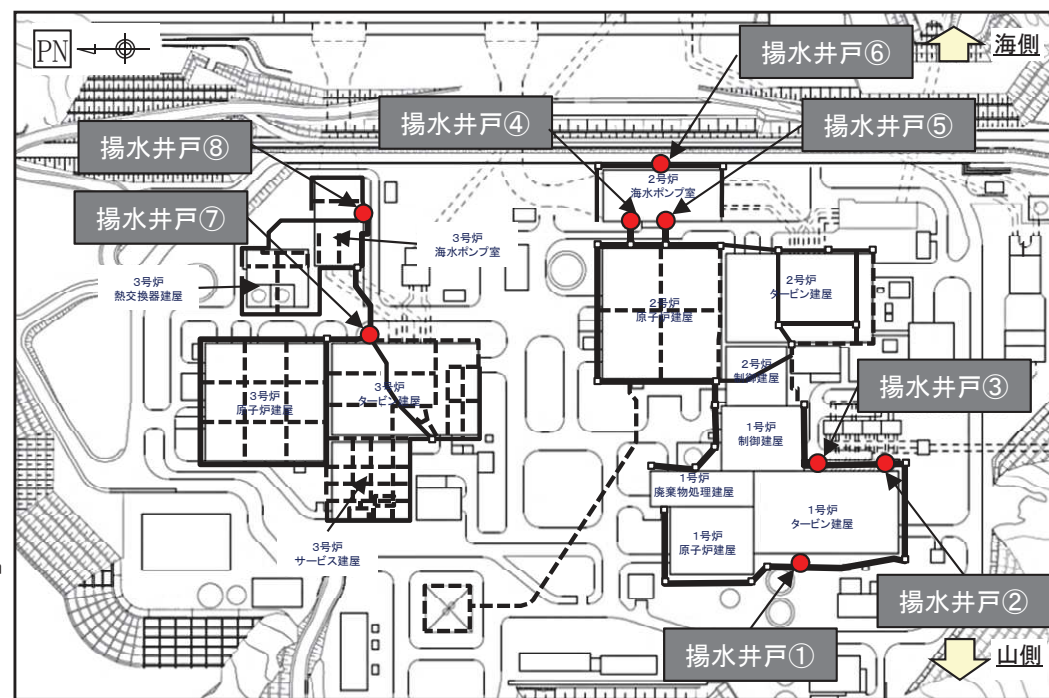
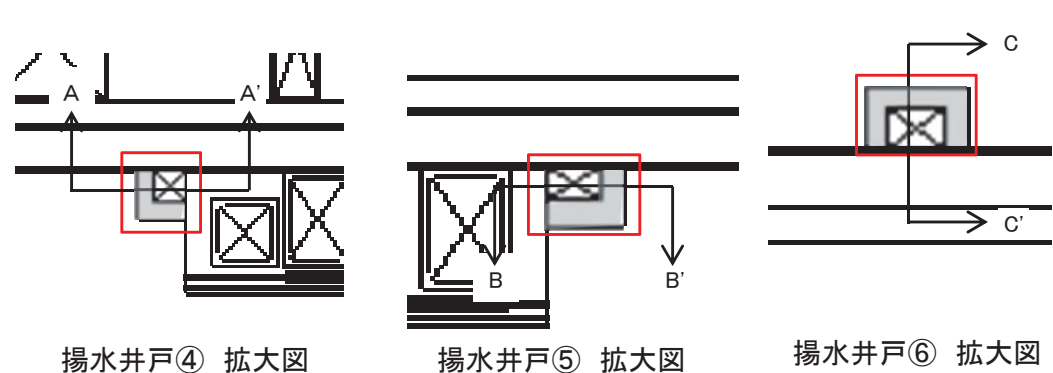
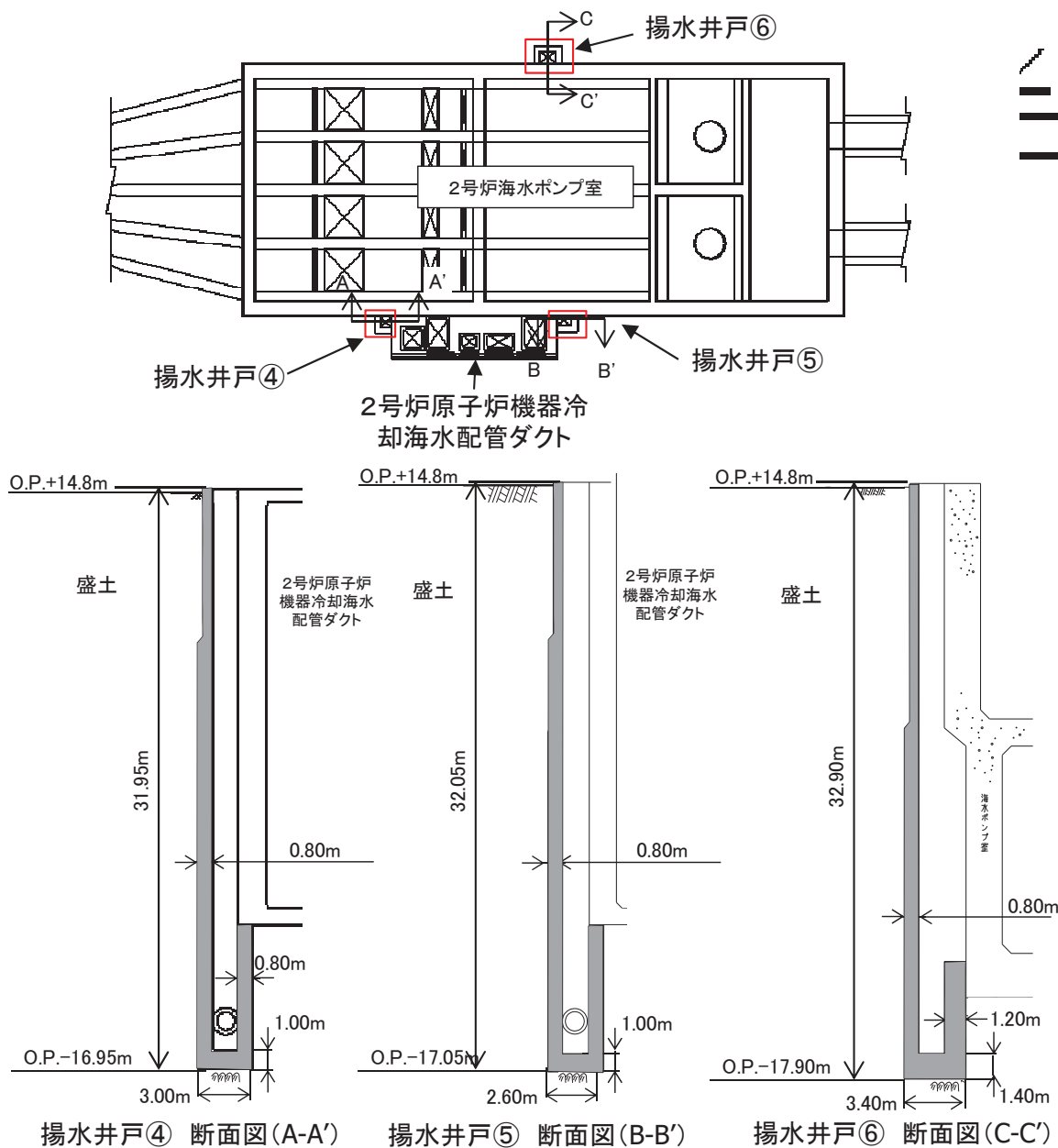
3. 地下水位低下設備の概要

(5) 既設の設備構成 揚水井戸・配管 (2/3)

第647回審査会合 (H30.11.6)
資料2-2-2 p.14 修正

18

- 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

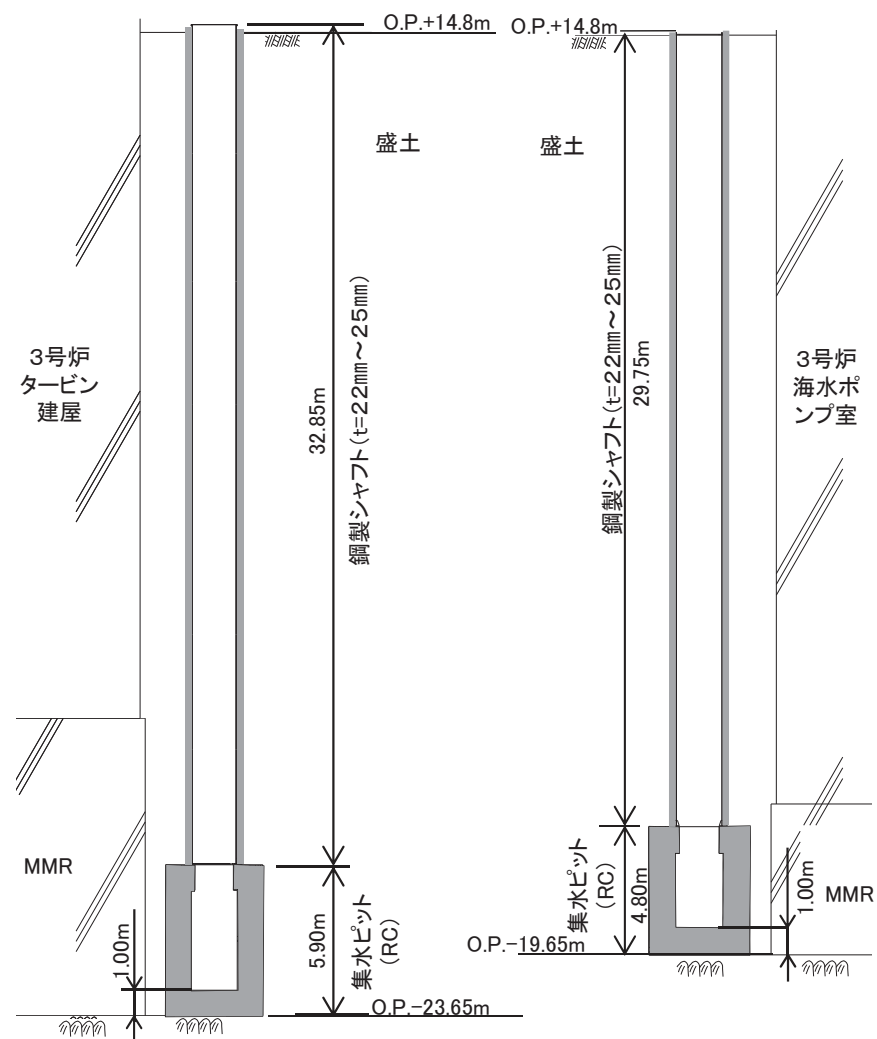
3. 地下水位低下設備の概要

(5) 既設の設備構成 揚水井戸・配管 (3/3)

第647回審査会合 (H30.11.6)
資料2-2-2 p.15 修正

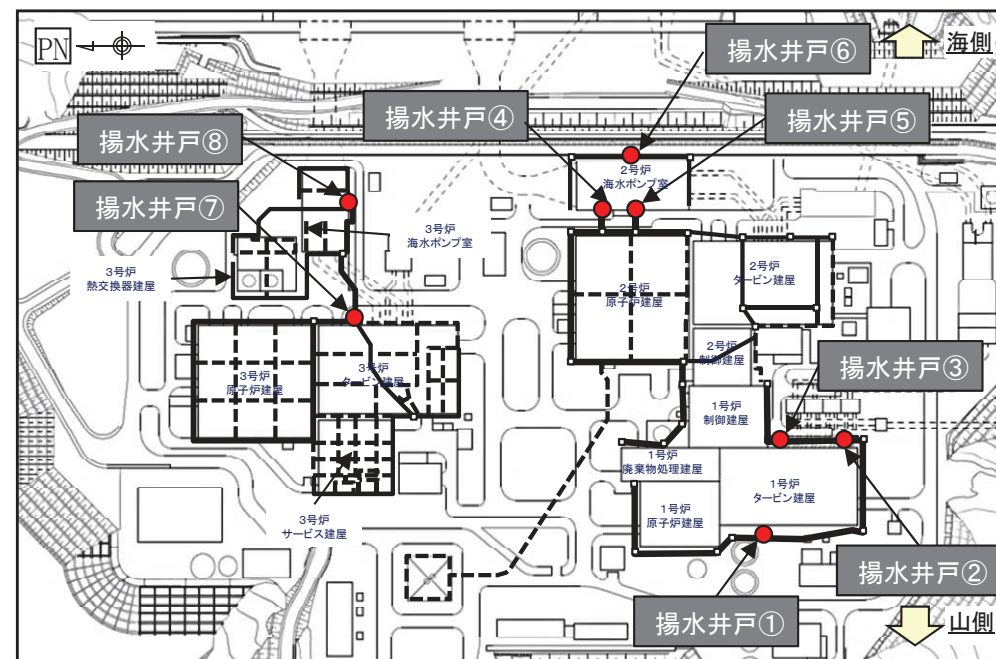
19

- 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。

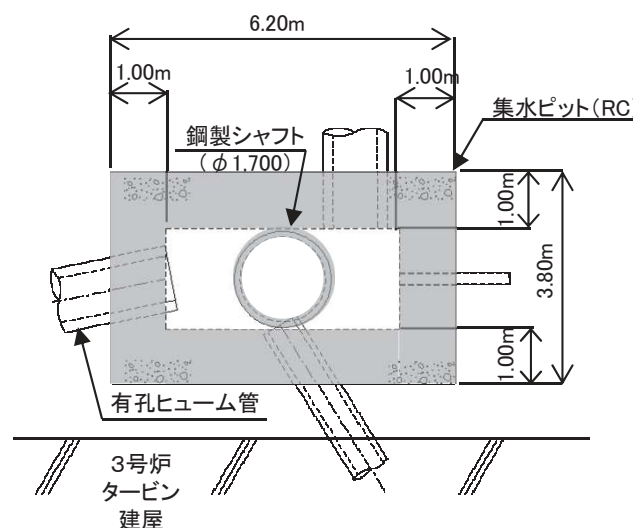


【揚水井戸⑦】断面図

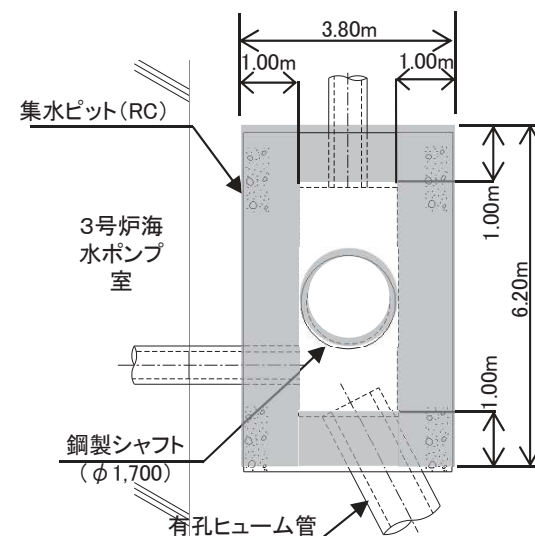
【揚水井戸⑧】断面図



地下水位低下設備(既設) 設置位置図



【揚水井戸⑦】平面図

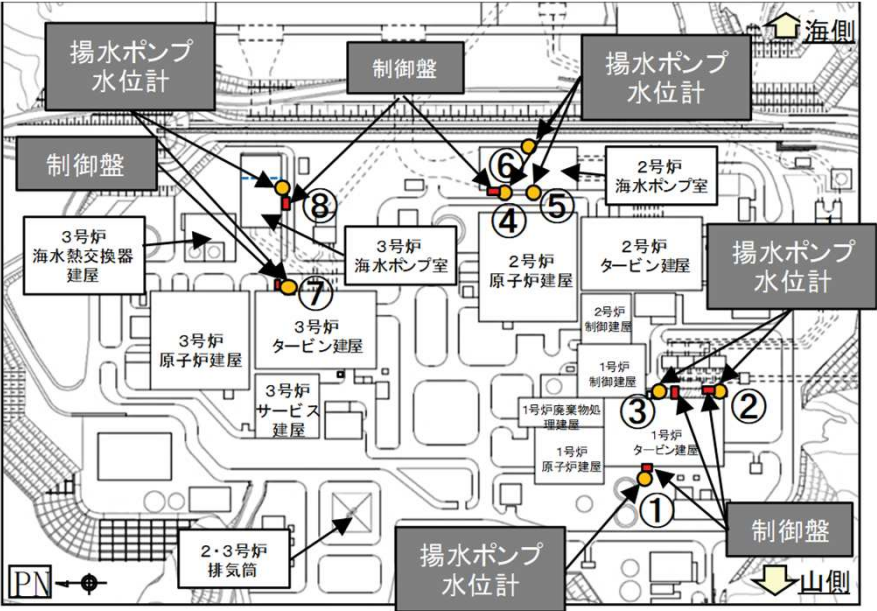


【揚水井戸⑧】平面図

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, 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。

地下水位低下設備(既設) 設置位置図



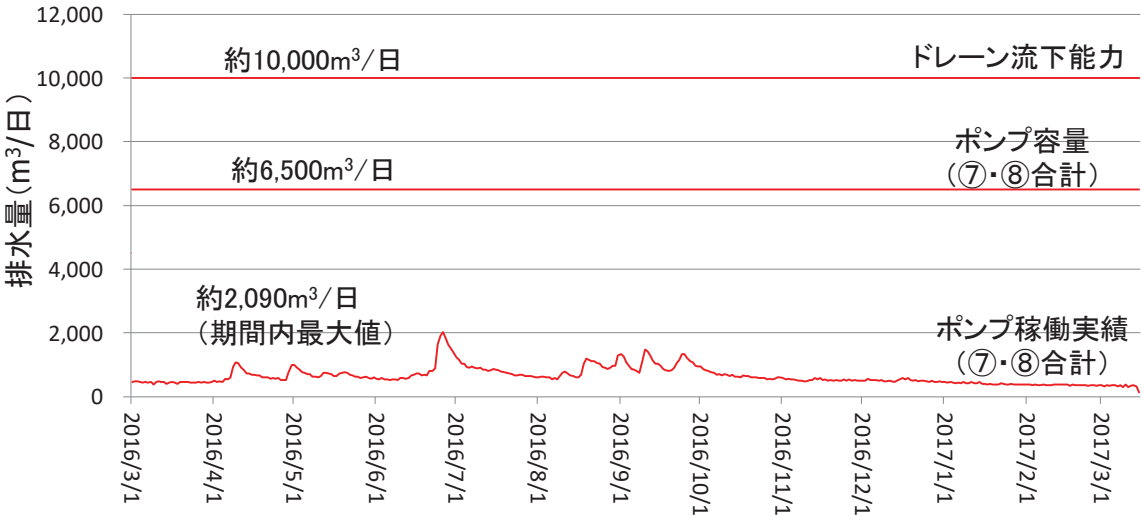
2号炉揚水ポンプの例
(揚水井戸⑥)



3号炉水位計の例
(揚水井戸⑦)

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 (m³/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



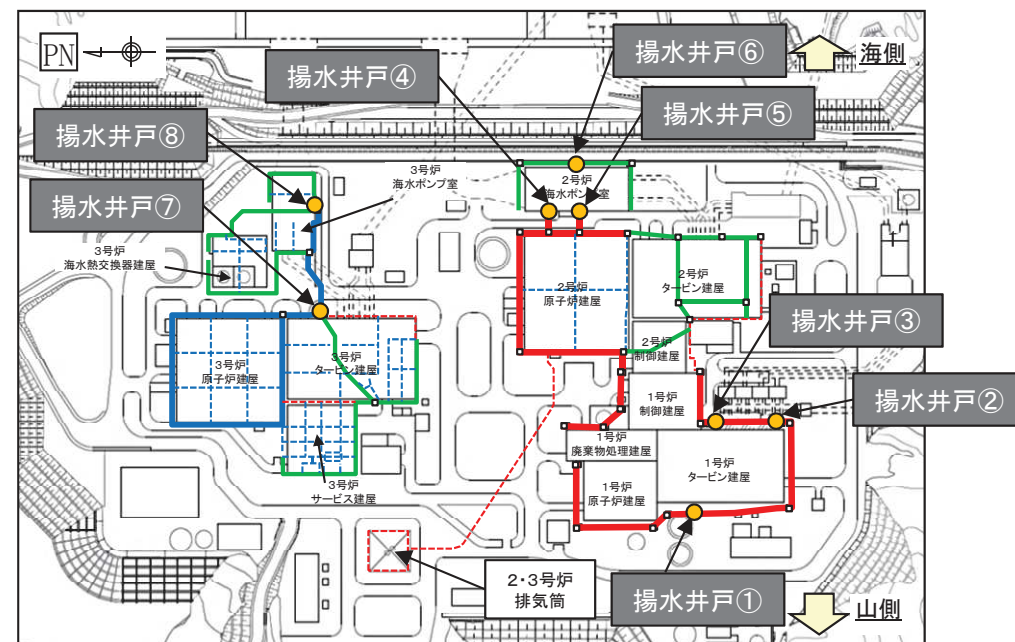
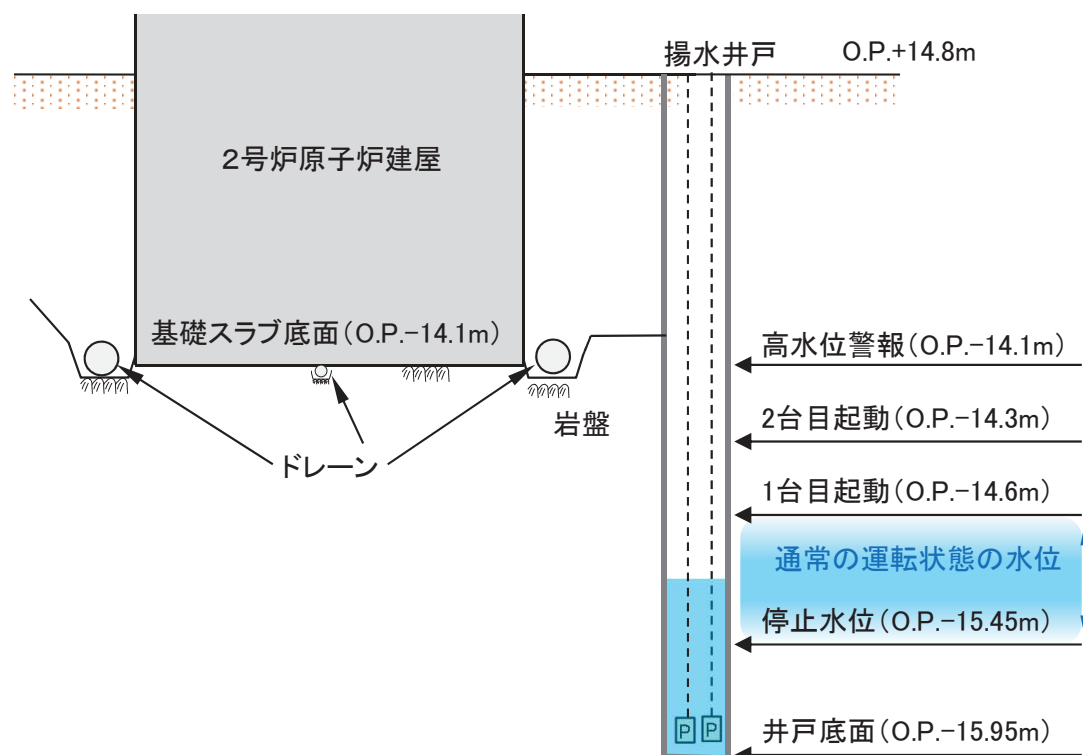
ポンプ容量と稼働実績の関係(3号炉側地下水位低下設備の例)
(2016年3月～2017年3月)

3. 地下水位低下設備の概要 (7)揚水ポンプの運用状況

第647回審査会合 (H30.11.6)
資料2-2-2 p.17 再掲

21

- ・ 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)

3. 地下水位低下設備の概要

(8) 保守管理の状況

- 既設の地下水位低下設備は、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。
- 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。

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 ・接続柵	—	—	事後保全対象とし、地震後などは臨時点検を実施
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

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

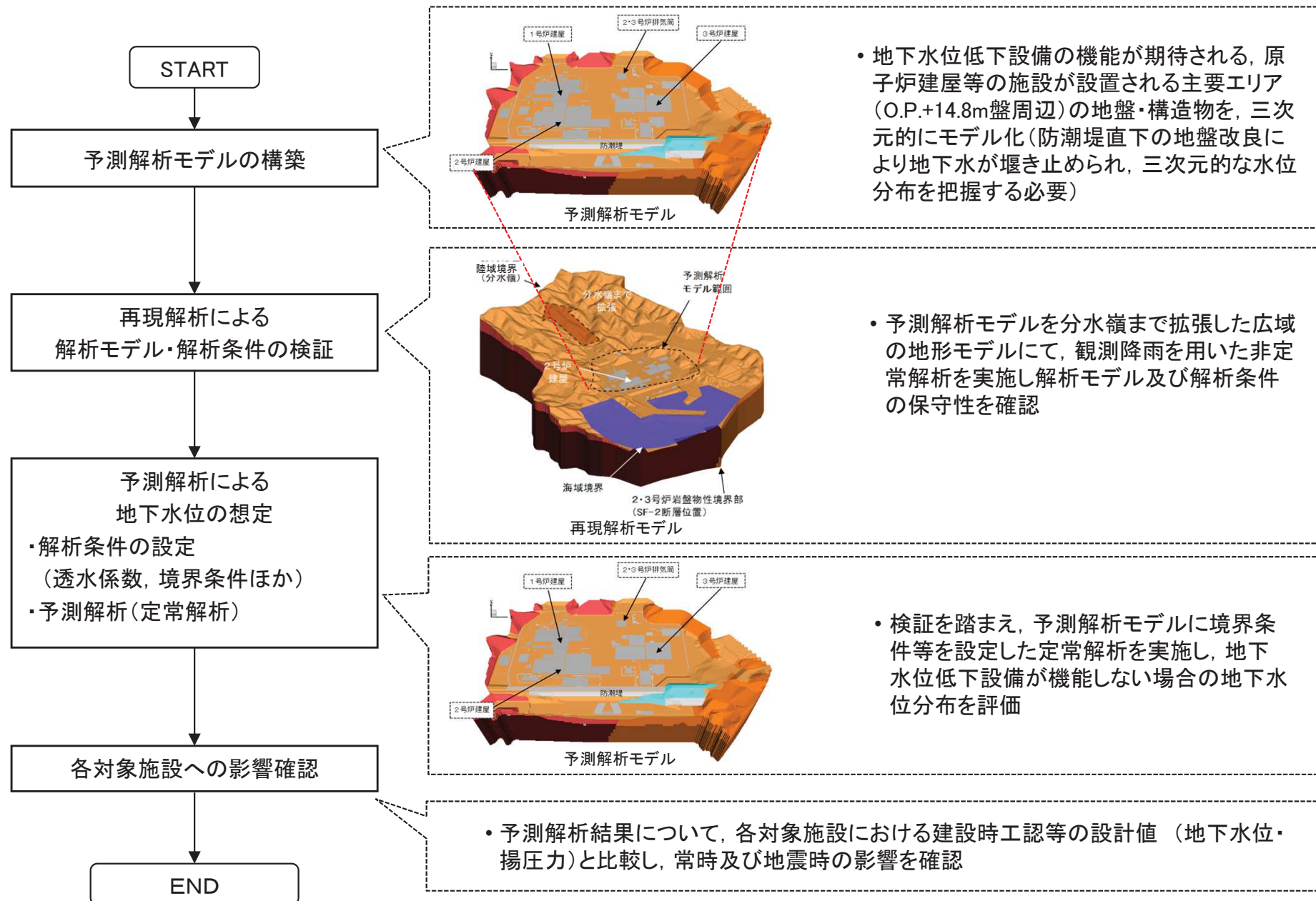
(1) 影響確認の流れ

第647回審査会合 (H30.11.6)

資料2-2-2 p.19 修正

24

- 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。

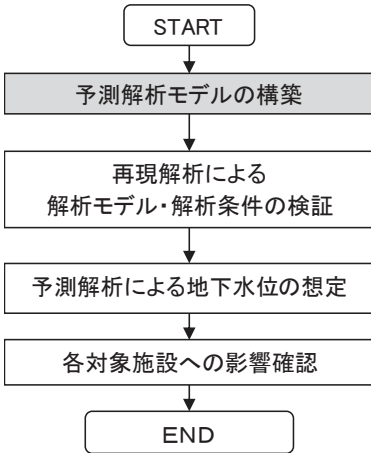


4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響
(2) 予測解析モデルの構築

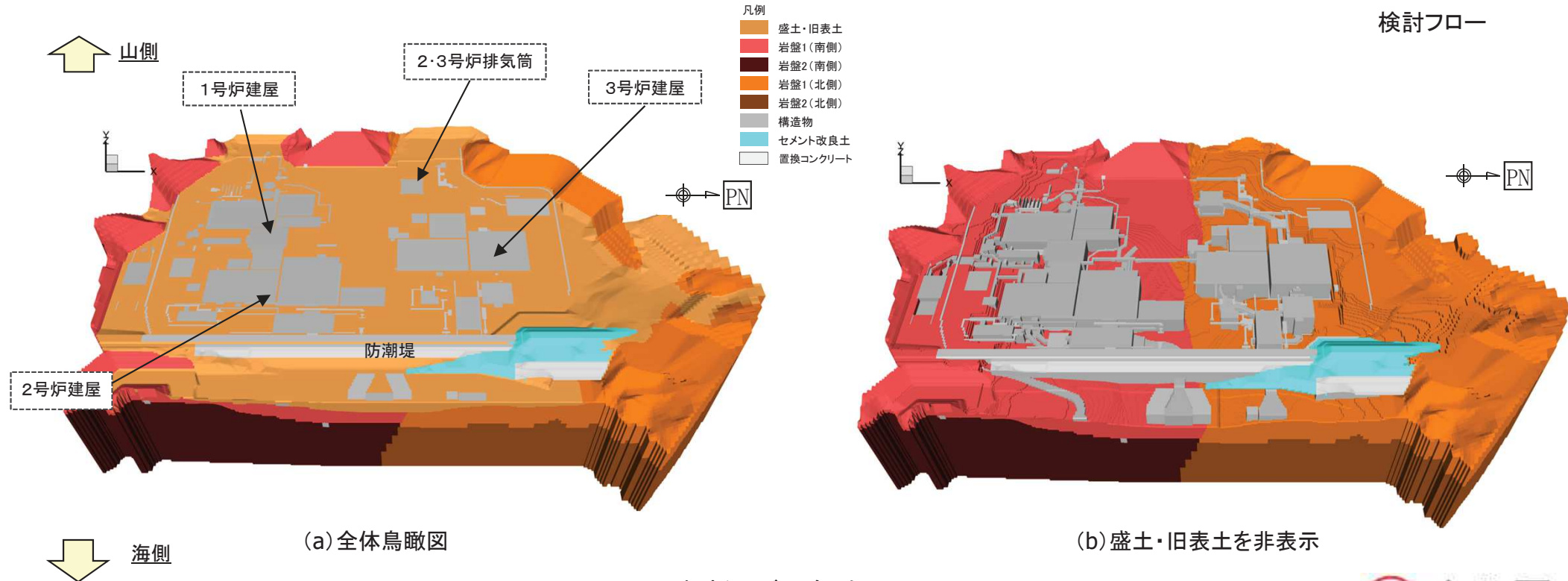
- 予測解析は、地下水位低下設備の機能が期待される、原子炉建屋等の施設が設置される主要エリア (O.P.+14.8m盤周辺) の地下水位を評価するために、三次元地形モデルを用いた三次元浸透流解析を行う。
(解析ソフト: GETFLOWS (General purpose Terrestrial fluid-FLOW Simulator) バージョン: ver.6.64.0.1)

モデル化範囲など	
項目	内容
モデル化範囲など	- 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



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

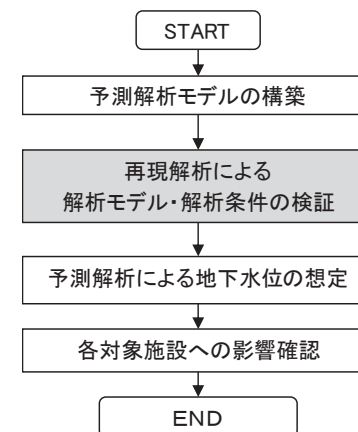
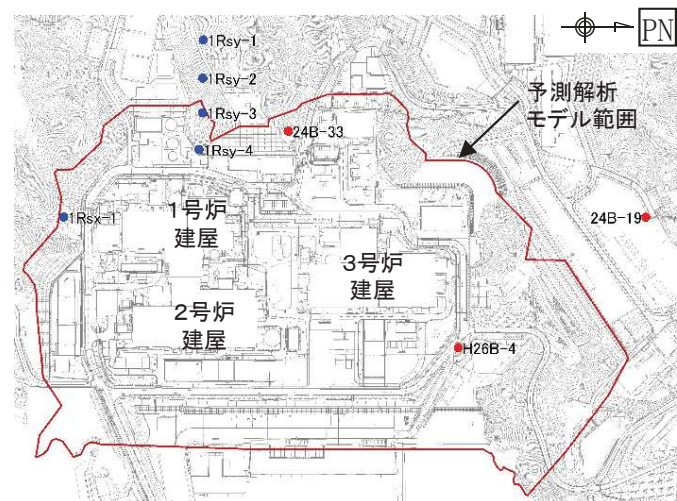
(3)再現解析による解析モデル・解析条件の検証 (1/2)

第647回審査会合 (H30.11.6)
資料2-2-2 p.21 修正

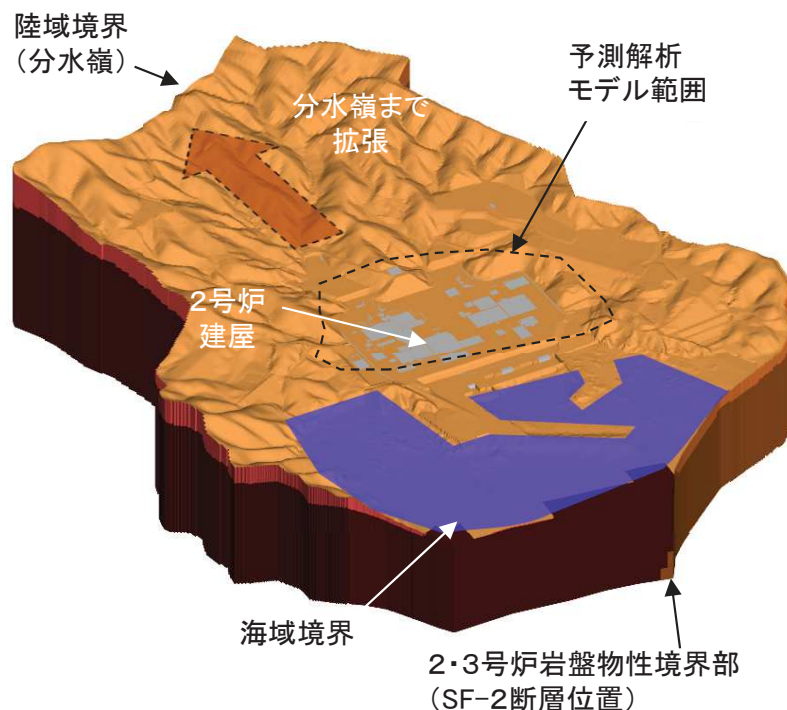
26

- 再現解析の目的は、予測解析モデルに用いる透水係数※1等の解析用物性値を含めたモデル全体としての保守性を確認することである。
- 再現解析は、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、観測降雨を与えることにより実施した。また、保守性は解析水位が観測水位を上回ることにより確認することとした。
- 再現解析の結果、解析値は期間平均及び最大値のいずれにおいても観測値を上回ることを確認した。この結果から、予測解析においても解析値が安全側(地下水位が高め)に評価されると考えられ、モデル全体としての保守性が確保されることを確認した。

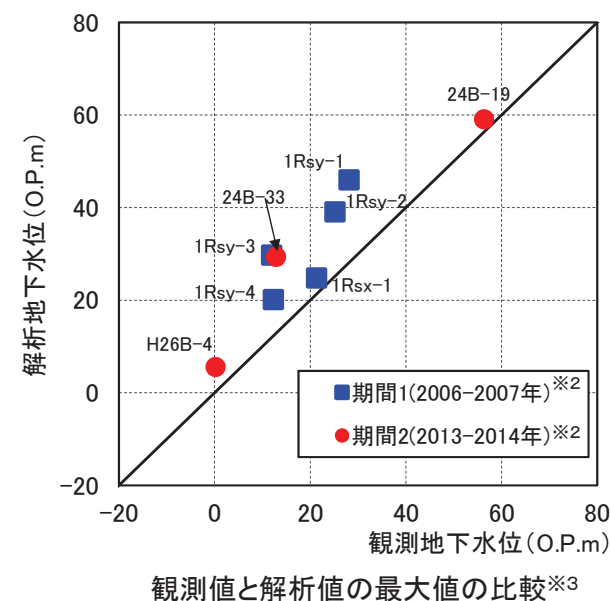
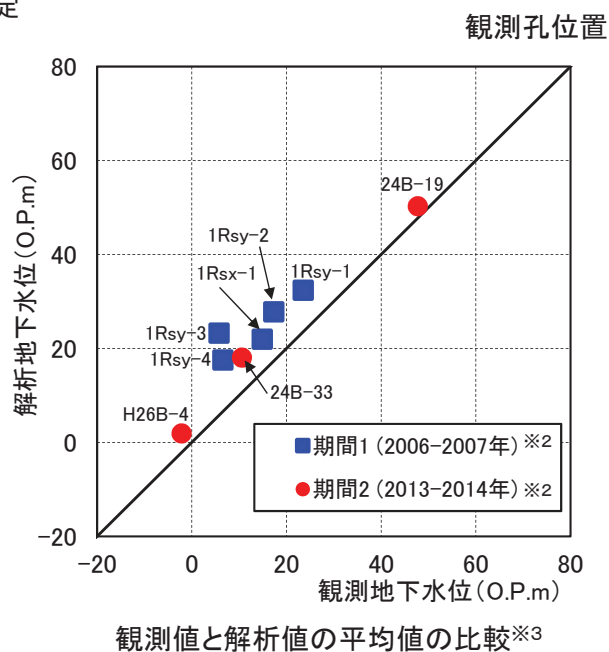
※1: 透水係数は、参考資料1に示す建設時工認段階の評価に用いた設定値等(ルジオン試験等に基づく値)とする。



検討フロー



再現解析モデル鳥瞰図



※2: 新規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及び最大水位のプロットを示す。

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響

(3)再現解析による解析モデル・解析条件の検証(2/2)

27

【観測値と解析値の差異要因】

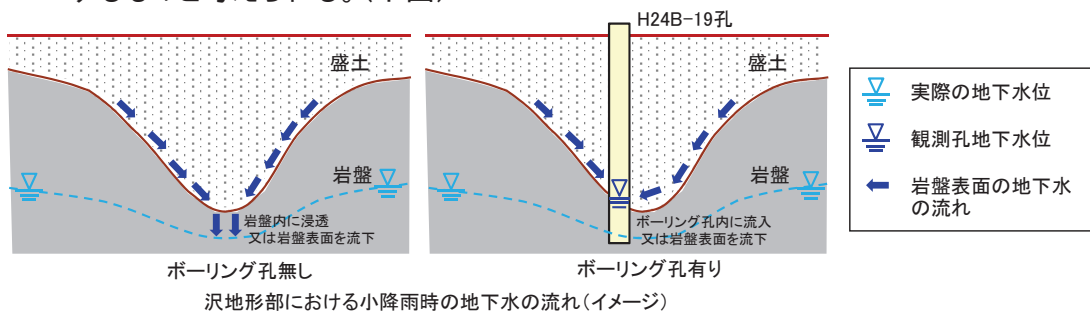
- 岩盤が地表付近に近く、主に岩盤内を地下水が流れる観測孔(1Rsy-1～4, 1Rsx-1, 24B-33)において、観測値と解析値の差が比較的大きい結果が得られている。これは、建設時工認において設計用地下水位(揚圧力)を高め評価するため、岩盤Ⅰの透水係数を -1σ 小さく設定していることに起因するものと推察される。

【水位経時変化の確認】

- 前頁の比較図において比較的裕度の小さい24B-19孔・1Rsx-1孔を例に、解析水位と観測水位の経時変化を示す。
- 24B-19孔は盛土層厚が大きい地点、1Rsx-1孔は岩盤が地表付近に近い地点であるが、いずれも降雨時には解析値が観測値を上回っており、予測解析において解析値を安全側(地下水位が高め)に評価する目的から、保守的な結果となっている。
- それぞれの観測孔における地下水位の経時変化の傾向は以下の通り。

(24B-19孔)

- 盛土層が厚い24B-19孔では、解析値と観測値それぞれの水位変動と降雨との連動性は概ね一致し、降雨時には解析値が観測値を全て上回っている。これは、盛土層が厚い他の観測孔(H26B-4孔)においても同様である。
- なお、観測水位が岩盤表面以下に下がらない状況が確認されるが、観測孔位置は沢部であるため周囲から岩盤表面の地下水が集まりやすい構造であることに起因するものと考えられる。(下図)



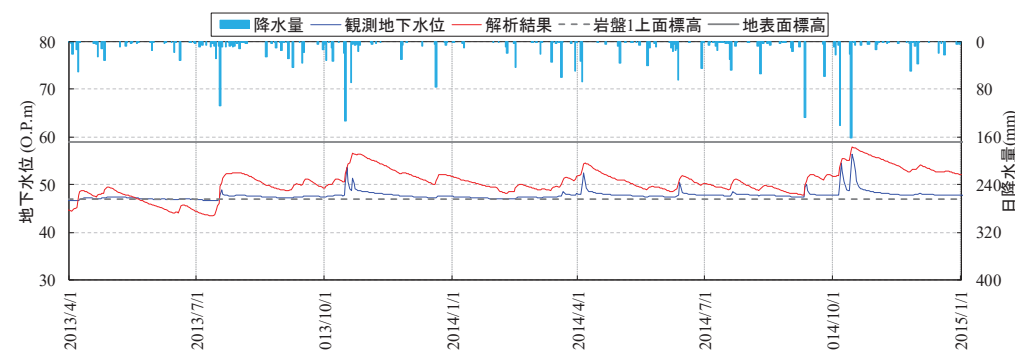
(1Rsx-1孔)

- 岩盤が地表付近に近い1Rsx-1孔では、解析値と観測値それぞれの水位変動と降雨との連動性は概ね一致し、降雨時には解析値が観測値を全て上回っている。これは、岩盤が地表付近に近い他の観測孔(1Rsy-1～4, 24B-33)においても同様である。

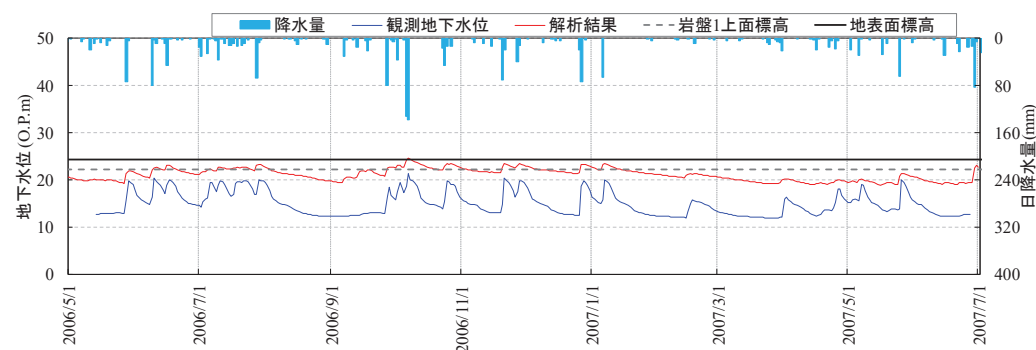
透水係数(建設時工認ベース)

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

※1: 建設時工認段階以降に取得



地下水位の経時変化例1(24B-19孔)



地下水位の経時変化例2(1Rsx-1孔)

4. 地下水位低下設備の機能を期待しない場合の影響

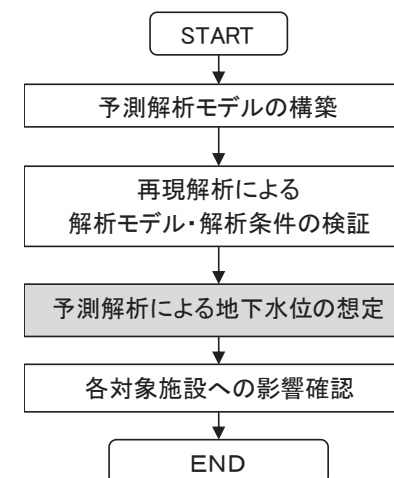
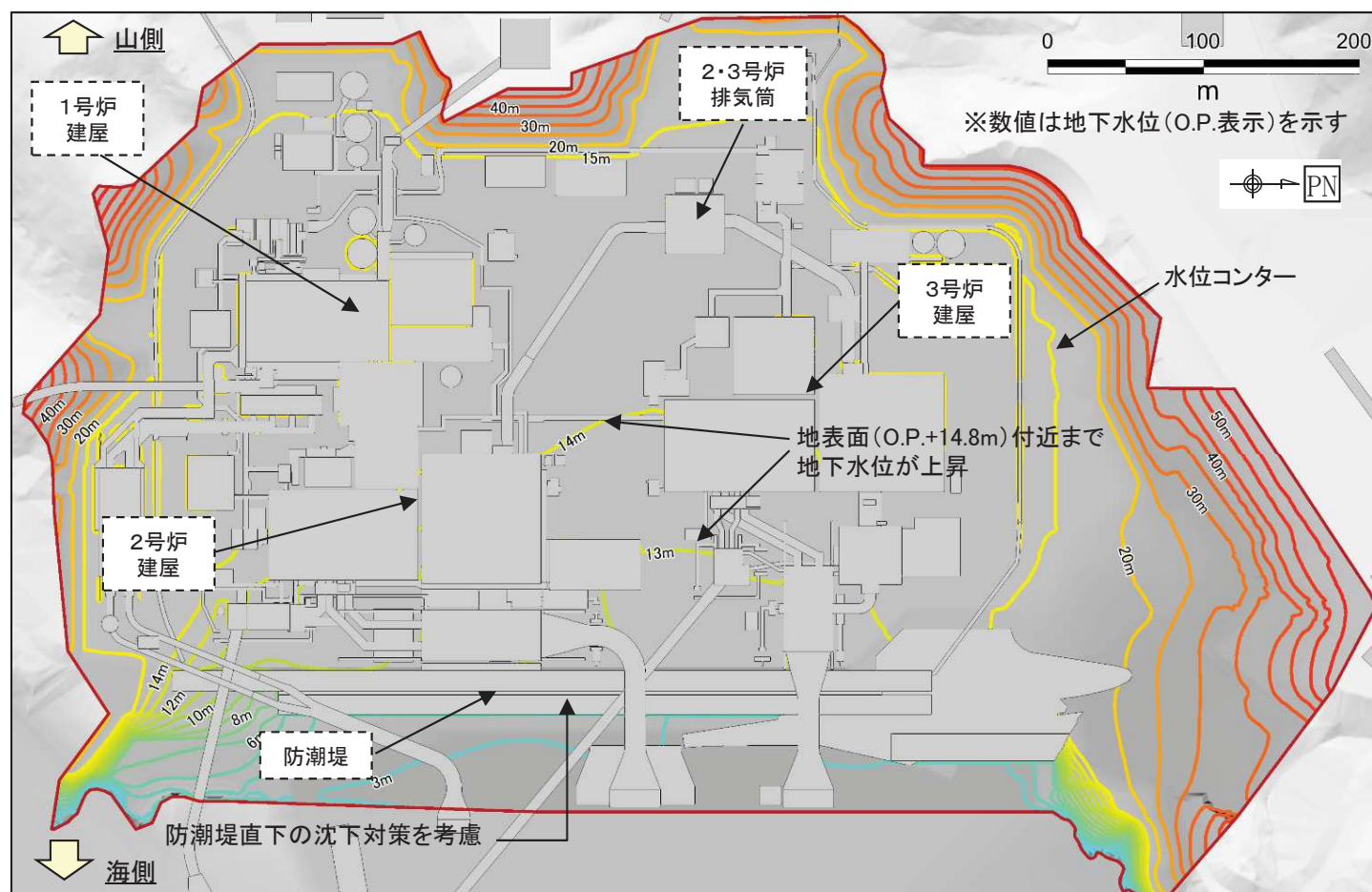
(4) 予測解析による地下水位の想定

第647回審査会合(H30.11.6)

資料2-2-2 p.22 修正

28

- 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保守性が確認された値(建設時工認段階の設定値)とした。
- 防潮堤の沈下対策(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。



検討フロー

凡例

- 解析領域
- 構造物外郭

(参考)

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

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

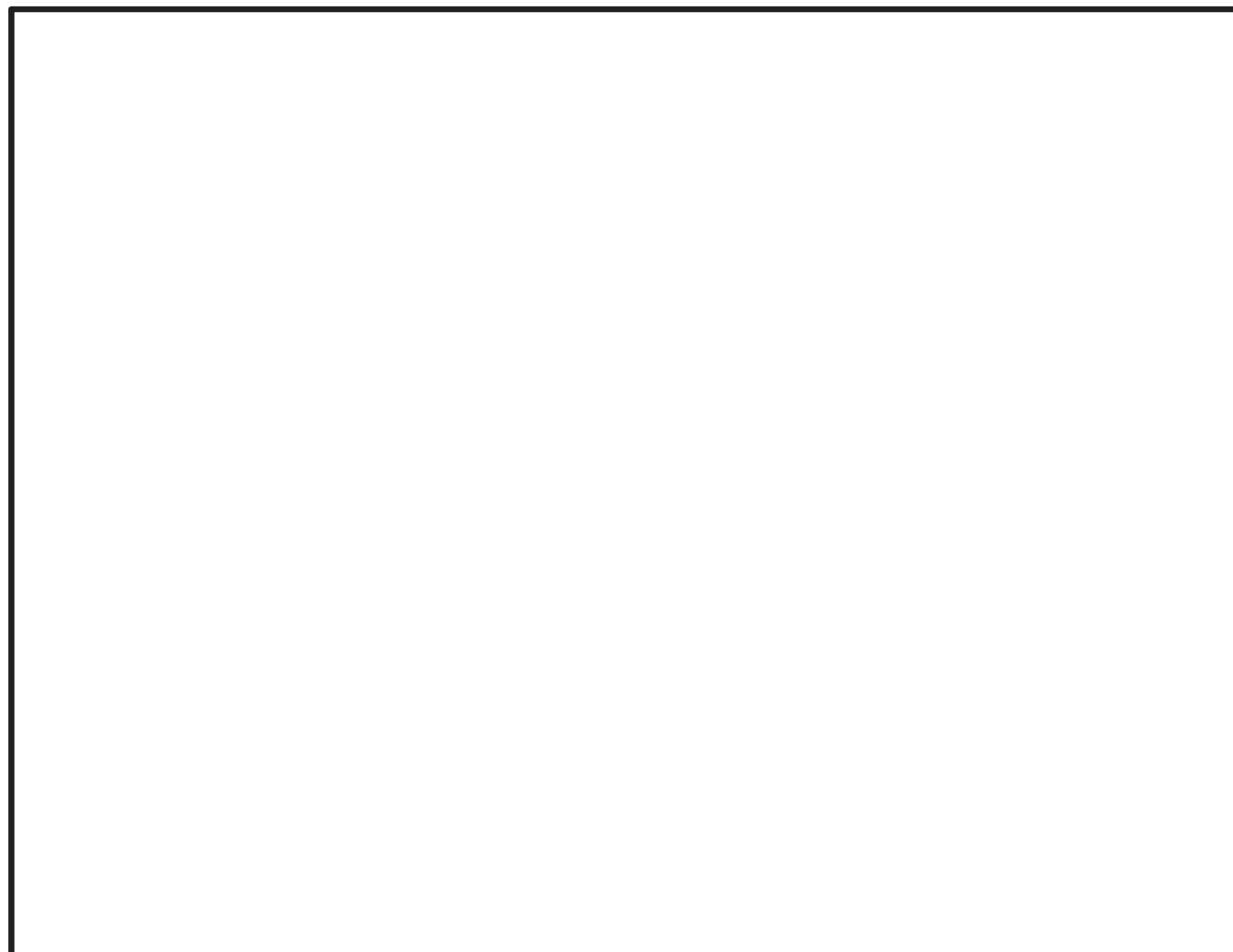
(5) 各対象施設への影響確認 (1/4)

第647回審査会合 (H30.11.6)

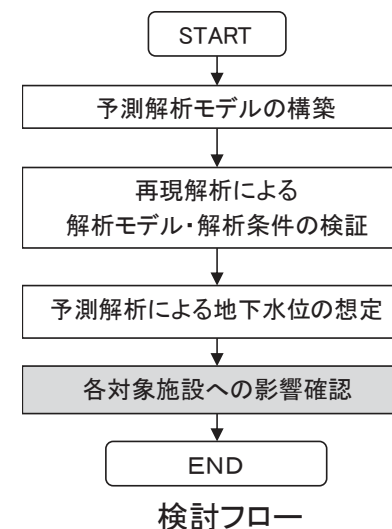
資料2-2-2 p.23 修正

29

- 今回の2号炉の新規制基準適合性申請において、地下水位低下設備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の配置を示す。



対象施設の配置



凡 例

■ : 対象施設

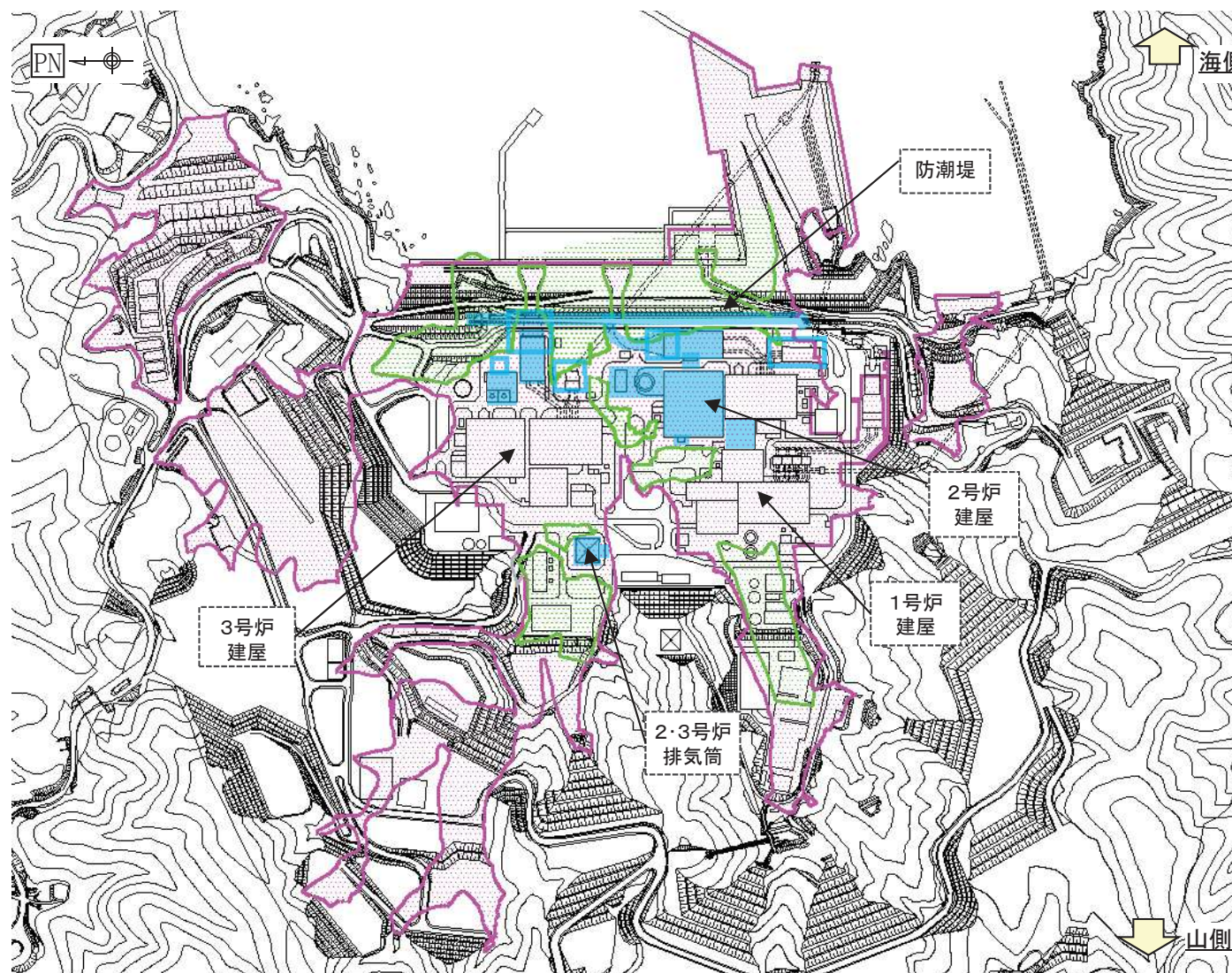
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

- (補足)
- O.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、対象施設より除外している。
 - アクセスルートは周辺施設の建設時工認を参照した地下水位の設定(O.P.+5.0m(O.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。

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※¹3条2項)の観点から、盛土・旧表土の分布と対象施設の配置との関係を示す。
- なお、女川原子力発電所における盛土・旧表土は、液状化強度試験結果から「非液状化」または「繰返し軟化」と分類され、有効応力がゼロまで低下して液体状とはならず、ひずみが漸増する粘り強い挙動を示す※²ことが確認されている。
- 次頁以降に各対象施設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。



対象施設の配置と盛土・旧表土の分布

凡 例

- : 盛土分布範囲
- : 旧表土分布範囲
- : 対象施設

※¹ 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

※² 第556回審査会合 (H30.3.20) 資料1-2-4 p.59, p.63

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(建設時工認等の設計における地下水位との相対比較による)。
- 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の整理(基礎地盤・周辺斜面)

対象施設	耐震クラス	設置許可基準規則		審査区分及び設置許可基準規則の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備の機能に期待しない場合の影響及び設置許可基準規則の該当条項			(参考) 建設時工認等の設計における地下水位の扱い	
		3条 38条	4条4項 39条2項	設置許可	工認	常時	地震時(地下水位はp.28参照)		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の整理(建物・構築物)

対象施設	耐震クラス (検計用 地震動)	設置許可基準規則			審査区分及び設置許可基準規則の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備の機能に期待しない場合の影響及び設置許可基準規則の該当条項			(参考) 建設時工認等の設計における地下水位の扱い	
		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※6	設置許可	工認※7	常時	地震時(地下水位はp.28参照)		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				周辺地盤(液状化)影響	揚圧力影響		
2号炉 原子炉建屋 (直接基礎)	S※2	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	地下外壁の設計では、地下水位が低下している状態として地下水压を考慮していないため、基礎版上端レベルを上回る地下水位となった場合には、地下水压が上昇し躯体の耐震性に影響が生じる可能性がある。 <4条(3条2項), 39条(38条2項)>	設計用地下水位(設計用揚圧力)を上回る場合には、基礎版の耐震性(間接支持機能)を確保できない可能性がある。 <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)	S※3	○	○	—	—	4条(3条2項) 39条(38条2項)	OK			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
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			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
2・3号炉 排気筒 (直接基礎)	S※5	○	○	—	—	4条(3条2項) 39条(38条2項)	OK	設計地下水位を上回る地下水位に対して、排気筒の耐震性に影響が生じる可能性<4条(3条2項), 39条(38条2項)>	設計地下水位(揚圧力)を上回る地下水位に対して、排気筒の耐震性を確保できない可能性<4条, 39条>	揚圧力85kN/m 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

※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：非常用ガス処理系の排気機能を有するため耐震Sクラス。

※6：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。

※7：A条(B条)の表示は、A条の適合確認をもってB条の適合確認が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)各対象施設への影響確認 (4/4)

地下水位低下設備に期待する施設の整理(土木構造物・津波防護施設)

対象施設	耐震クラス (検討用 地震動)	設置許可基準規則			審査区分及び設置許可 基準規則の該当条項		適合性審査において地下水位低下設備 の機能に期待しない場合の影響及び設置許可基準規則の該当条項		(参考) 建設時工認等の設計における地下水位の扱い	
		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	設置 許可	工認※6	常時	地震時(地下水位はp.28参照) 周辺地盤(液状化)影響		
		地盤	地震	津波						
防 潮 堤 (杭 基 礎)	S	○	○	○	—※7	4条※7(3条2項), 39条(38条2項)	OK	地盤改良する杭周辺の地盤には液状化が発生しないため、耐震性への 影響は軽微。 ＜4条(3条2項), 39条(38条2項)＞	— (新設)	
防 潮 壁 (杭 基 礎)	S	○	○	○	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下により、土圧、加速度が変化 し、耐震性に影響が生じる可能性。＜4条(3条2項), 39条(38条2項)＞	— (新設)	
2 号 炉 海 水 ポ ン プ 室 (直 接 基 礎)	—※1～4 (Ss)	○	○	○	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体周辺は地盤改良するため、耐震性への影響は軽微。また、間隙水圧 の上昇に伴う浮力の増大とせん断抵抗の減少により躯体の安定性を確保 できない可能性(浮き上がり※8)。 ＜4条(3条2項), 39条(38条2項)＞	EW断面： O.P.-14.2m～+2.43m NS断面： O.P.-14.1m～+14.8m	耐震評価に用いる地震 応答解析の解析条件と して考慮
2号炉原子炉機器冷 却海水配管ダクト (直 接 基 礎)	—※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	躯体周辺は地盤改良するため、耐震性への影響は軽微。 ＜4条(3条2項), 39条(38条2項)＞	O.P.-14.2m	耐震評価に用いる地震 応答解析の解析条件と して考慮
2 号 炉 取 水 路 (直 接 基 礎)	—※1, 2 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下により、土圧、加速度が変化 し、耐震性に影響が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う浮力の増 大とせん断抵抗の減少により躯体の安定性を確保できない可能性(浮き上 がり※8)。 ＜4条(3条2項), 39条(38条2項)＞	EW断面： O.P.-14.2m～+2.43m	耐震評価に用いる地震 応答解析の解析条件と して考慮
2 号 炉 軽 油 タ ン ク 室 (直 接 基 礎)	—※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK		— (建設工認時対象外)	
2 号 炉 復水貯蔵タンク基礎 (直 接 基 礎)	—※3 (Ss)	○ (38条2 項のみ)	○ (39条 のみ)	—	—	39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下により、土圧、加速度が変化 し、耐震性に影響が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う浮力の増 大とせん断抵抗の減少により躯体の安定性を確保できない可能性(浮き上 がり※8)。 ＜39条(38条2項)＞	EW断面： O.P.-6.0m NS断面： O.P.-11.1m～+10.725m	耐震評価に用いる地震 応答解析の解析条件と して考慮
2 号 炉 軽 油 タ ン ク 連 絡 ダ ク ト (直 接 基 礎)	—※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK	有効応力の減少に伴う周辺地盤の剛性低下により、土圧、加速度が変化 し、耐震性に影響が生じる可能性。また、間隙水圧の上昇に伴う浮力の増 大とせん断抵抗の減少により躯体の安定性を確保できない可能性(浮き上 がり※8)。 ＜4条(3条2項), 39条(38条2項)＞	— (建設工認時対象外)	
2 号 炉 排 気 筒 連 絡 ダ ク ト (直 接 基 礎)	—※1, 3 (Ss)	○	○	—	—	4条(3条2項), 39条(38条2項)	OK		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		EW断面： O.P.-14.6m～+2.43m NS断面： O.P.-14.7m～+1.5m	耐震評価に用いる地震 応答解析の解析条件と して考慮

※1：屋外重要土木構造物。 ※2：常設重大事故防止設備等。 ※3：常設重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。
※8：女川の盛土及び旧表土は、繰返しせん断による有効応力の減少はあってもせん断抵抗が完全に失われることはない。また、せん断応力の作用により有効応力が回復し、粘り強い挙動を示すため、浮上がりに対する耐性は大きいと考えられるが、保守的に浮上るものと評価した。なお、その影響は、地下水位低下設備が機能停止してから地下水位が地表面近くまで達するまで数年程度(参考値)であることを踏まえると、地下水位低下設備の機能停止後、直ちに発生するものではない。



4. 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及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向上し、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。

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(1) 地下水位低下設備に対する要求事項整理

地下水位低下設備に対する信頼性向上の観点からの要求事項を整理した。

- 地下水位低下設備の機能として、「対象施設周辺の地下水位を低下させることで、施設に及ぶ揚圧力低減並びに液状化影響を低減させる機能」と定義する。
- 地下水位低下設備の機能を基準地震動 S_s 発生前までにおいて維持する。
- 地下水位低下設備は、設置許可基準規則第3条第2項及び第4条に適合させる観点から必要な設備と位置付け、当該設備を「設計基準対象施設」(DB施設)とする。
- 設置許可基準規則上、施設の相対的な重要度は「耐震重要度」と「安全機能の重要度」により分類されることから、次頁以降に、「耐震重要度分類」及び「安全機能の重要度分類」上の位置づけについてそれぞれ整理するとともに、信頼性向上の考え方についても併せて示す。

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針
(2)-1 耐震設計上の信頼性向上の方針

耐震重要度分類指針の観点から地下水位低下設備に関する信頼性向上について以下のとおり整理を行った。

- 前項4. で各対象施設への影響を確認した結果、地下水位が地表面レベルまで上昇した場合、耐震性の確保の観点から影響が懸念される。このため、地下水位低下設備に対して耐震性の確保が要求される。
- DB施設の耐震重要度は、設置許可基準規則上、その重要度に応じてS、B、Cとクラス分けがされており、該当する設備がそれぞれ定義されている。
- 地下水位低下設備は、Sクラス設備及びBクラス設備のいずれにも該当しないため、Cクラスと分類できる。
- 地下水位低下設備により地下水位を維持することで、原子炉建屋の基礎や屋外土木構造物といった間接支持構造物の基準地震動Ss発生時の健全性を確保する。これを踏まえ、基準地震動Ss発生前まで確実に機能維持させる観点から耐震CクラスではあるもののSs機能維持とする。
- なお、C(Ss)とすることで、基準地震動Ssが発生した以降においてもその機能を維持できる。

設置許可基準規則における耐震重要度分類の考え方

耐震クラス	定義	対象とする施設の例	該当
S	地震により発生するおそれがある事象に対して、原子炉を停止し、炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設、自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設、これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し、放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、その影響が大きいもの	・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系 ・使用済燃料を貯蔵するための施設 ・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設 ・原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設 等	×
B	安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設	・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設 ・放射性廃棄物を内蔵している施設(ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則(昭和53年通商産業省令第77号)第2条第2項第6号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。)等	×
C	Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設	—	○

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)-2 安全機能の重要度分類を踏まえた信頼性向上の方針(1/5)

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」)の観点から地下水位低下設備に関する信頼性向上について以下のとおり整理を行った。

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

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則における定義

第二条

五 「安全機能」とは、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能であって、次に掲げるものをいう。

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

八 「安全施設」とは、設計基準対象施設のうち、安全機能を有するものをいう。

設置許可基準規則における安全施設に該当しないことから、地下水位低下設備が有する機能に着目し、設備の位置づけについての観点から発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針(以下「重要度分類指針」という。)に基づく整理を行った。

地下水位低下設備が有する機能について安全機能の重要度分類指針における位置づけを確認した結果、次頁以降に示すとおり、安全機能を有する構築物、系統及び機器に該当しないことを確認した。

地下水位低下設備が有する機能

- 対象施設周辺の地下水位を低下させることで施設に及ぶ揚圧力を低減させる機能(従来から期待している機能)
- 対象施設周辺の地下水位を低下させることで液状化影響を低減させる機能(防潮堤設置に伴い、追加が必要となった機能)

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針
(2)-2 安全機能の重要度分類を踏まえた信頼性向上の方針(2/5)

重要度分類指針に基づく整理

1. 安全機能の区分
- 安全機能を有する構築物、系統及び機器を、それが果たす安全機能の性質に応じて、次の2種に分類される。
- (1) その機能の喪失により、原子炉施設を異常状態に陥れ、もって一般公衆ないし従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの(異常発生防止系。以下「PS」という。)
 - (2) 原子炉施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって一般公衆ないし従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの(異常影響緩和系。以下「MS」という。)
2. 重要度分類
- 重要度分類指針では、PS及びMSのそれぞれに属する構築物、系統及び機器を、その有する安全機能の重要度に応じ、それぞれクラス1、クラス2及びクラス3に分類している。(表1)
- それぞれのクラスに属する構築物、系統及び機器の定義並びにその安全機能に対して、地下水位低下設備の位置付けを表2に整理する。
- なお、重要度分類指針においては、所要の安全機能を直接果たす構築物、系統及び機器を「当該系」、当該系が機能を果たすのに直接、間接に必要な構築物、系統及び機器を「関連系」と定義している。
3. 地下水位低下設備の重要度分類上の位置付け
- 重要度分類指針の分類に基づき、地下水位低下設備の位置付けを整理した結果、『安全に関連する構築物、系統及び機器』に分類されないため、『安全機能以外の機能のみを行うもの』と整理できる。

表1 安全上の機能別重要度分類

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

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針
(2)-2 安全機能の重要度分類を踏まえた信頼性向上の方針(3/5)

表2－1 安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能と地下水位低下設備の位置付け

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

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)-2 安全機能の重要度分類を踏まえた信頼性向上の方針(4/5)

表2-2 安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能と地下水位低下設備の位置付け

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

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)-2 安全機能の重要度分類を踏まえた信頼性向上の方針(5/5)

表2-3 安全上の機能別重要度分類に係る定義及び機能と地下水位低下設備の位置付け

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

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(2)-3 地下水位低下設備に対する信頼性向上の観点からの設計上の配慮(まとめ)

- これまでの耐震重要度及び安全機能の重要度の観点からの確認の結果、耐震上はSs機能維持が要求事項であり、安全機能の観点からは要求事項はない。
- しかしながら、地下水位低下設備の構成部位に対しては、以下のとおり信頼性向上の観点から設計上の配慮を行う。
 - 地下水位低下設備の構成部位は多くが屋外設置されるため、外部ハザードに配慮した設計とする。
 - 動的機器についてはランダム故障に対しても配慮して、揚水ポンプについては配管も含めて多重化することにより信頼性の向上を図る。
 - なお、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、全て2号炉への帰属とする。

地下水位低下設備の信頼性向上の観点からの設計上の配慮

機能	構成部位	耐震上の要求	信頼性向上の観点からの自主的な設計上の配慮
集水機能	ドレーン・接続桟	Ss機能維持 [C(Ss)]	—
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	Ss機能維持 [C(Ss)]	—
排水機能	揚水ポンプ	Ss機能維持 [C(Ss)]	100%×2台設置, 外部ハザードへの配慮
	配管	Ss機能維持 [C(Ss)]	ポンプ毎に設置, 外部ハザードへの配慮
監視・制御機能	制御盤	Ss機能維持 [C(Ss)]	遮断器等による影響の局所化, 外部ハザードへの配慮
	水位計	Ss機能維持 [C(Ss)]	ポンプ毎に設置, 外部ハザードへの配慮
電源機能	電源	Ss機能維持 [C(Ss)]	非常用電源に接続, 外部ハザードへの配慮

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(3) 各構成部位の設計方針(1/2)

- 地下水位低下設備の構成部位における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	Ss機能維持の確認方法	信頼性向上の観点からの配慮事項
集水機能	ドレーン・接続桧	基準地震動Ssに対し地下水の集水経路を維持する設計とする。	解析	
支持・閉塞防止機能	揚水井戸	基準地震動Ssに対し機能(揚水ポンプ及び配管の支持機能並びに閉塞防止機能)を維持する設計とする。	解析	
排水機能	揚水ポンプ	- 基準地震動Ssに対し機能(地下水の排水機能)を維持する設計とする。 - 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。 - 支持金物は基準地震動Ssに対し機能(揚水ポンプの支持機能)を維持する設計とする。	解析・加振試験	100%×2台 - 外部ハザードへの配慮
	配管	- 基準地震動Ssに対し揚水ポンプで汲み上げた地下水の排水経路を維持する設計とする。 - 支持金物は、基準地震動Ssに対し機能(配管の支持機能)を維持する設計とする。	解析	- ポンプ毎に設置 - 外部ハザードへの配慮
監視・制御※1機能	制御盤	基準地震動Ssに対し機能(揚水ポンプの制御機能)を維持する設計とする。	解析・加振試験	- 遮断器等による影響の局所化 - 外部ハザードへの配慮
	水位計	- 基準地震動Ssに対し機能(揚水井戸内に継続的に流入する地下水位監視機能、揚水ポンプの起動停止の制御機能)を維持する設計とする。 - 支持金物は基準地震動Ssに対し機能(水位計の支持機能)を維持する設計とする。 - 中央制御室にて水位監視可能な設計とする。	解析・加振試験	- ポンプ毎に設置 - 外部ハザードへの配慮
電源機能	電源	常用電源が喪失した際に非常用電源からの電源供給が可能な設計とする。	解析	- 非常用電源に接続 - 外部ハザードへの配慮

※1 伝送機能を含む

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針
(3) 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。

設備状況と今後の対応の見通し

機能	構成部位	既設設備の状況	今後の対応の見通し
集水機能	ドレーン・接続桧	各施設周辺の岩盤上等にφ100mm～φ1,050mmの有孔塩ビ管・有孔ヒューム管及び接続桧を配置している。	既設活用(必要に応じ補強)を基本とし、必要な範囲は新設する。
支持・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している。	既設活用(必要に応じ補強)を基本とする。
排水機能	揚水ポンプ	各揚水井戸内に2台配置している。 電源は、非常用電源又は常用電源に接続している。	新設を基本とし、各揚水井戸内に2台配置する。 十分な排水能力を有するポンプ容量を選定する。 2号炉の非常用電源に接続する。
	配管	揚水井戸内にφ125mm～200mmの炭素鋼鋼管を配置している。	新設を基本とする。
監視・制御機能	制御盤	制御盤は揚水井戸付近に配置している。 揚水ポンプの自動運転を制御している。	新設を基本とする。 2号炉の非常用電源に接続する。 中央制御室に水位情報を出力・監視する。
	水位計	揚水井戸内に水位計を配置している。 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している。	新設を基本とする。 2号炉の非常用電源に接続する。 中央制御室に水位情報を出力・監視する。

地下水位低下設備の効果の期待例

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

- (補足)
- 既設ドレーンの有効範囲の考え方は、「6. 今後の地下水位の設定方針」のとおり、耐久性や耐震性等の観点を考慮し設定する。

揚水井戸の電源区分と今後の対応の見通し

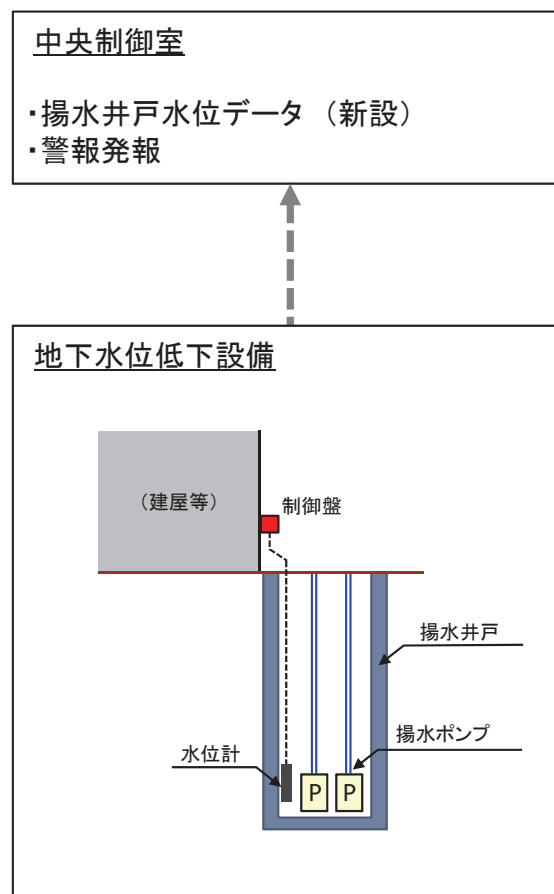
号炉	現状(各号炉から電源供給)		今後の対応の見通し
	非常用電源	常用電源	
2号炉	④, ⑤	⑥	2号炉の 非常用電源に接続
3号炉	⑦※	⑧	

※ 2号炉申請における設計用地下水位の算定には考慮しない。

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(4) 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。



○地下水位の監視機能追加により迅速な準備・対応が可能

○揚水井戸内の地下水位を中央制御室へ伝送(新設)

地下水位監視機能の構成

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

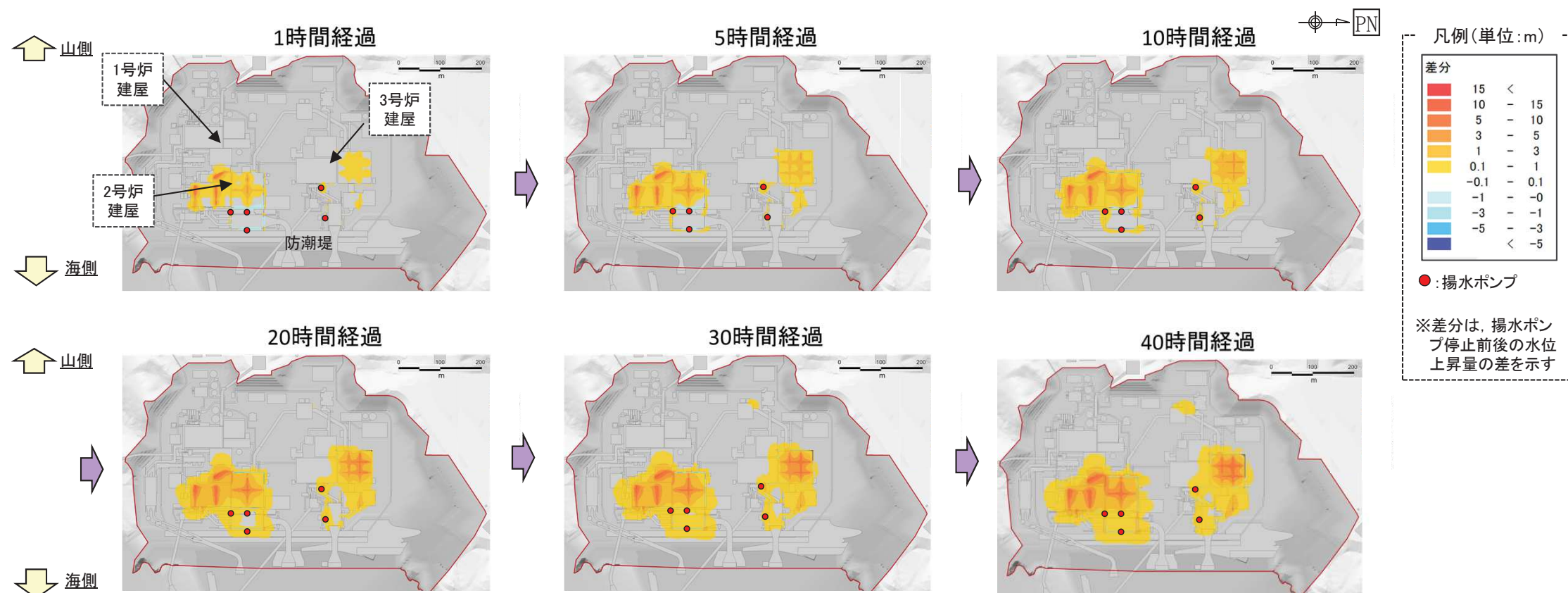
(5) 地下水位の監視位置について(参考)

第647回審査会合(H30.11.6)

資料2-2-2 p.35 再掲

46

- 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)

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(6) 設置許可及び工認段階における提示内容(1/3)

- ・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向上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

- ・設置許可基準規則第3条2項適合に必要な施設とし、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等)

※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)に信頼性向上の方針を位置付け、耐震計算書※4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

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

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向上の方針
(6) 設置許可及び工認段階における提示内容(2/3)

- 地下水位低下設備をDB施設と位置付けることに伴い、設置許可基準規則第3条への適合確認の取扱いについて整理した。
- 地下水位低下設備はDB施設の地盤として同条に適合するため、同条1項のうち設計基準対象施設の接地圧に対する十分な支持力を有することを確認し、工認段階で提出する耐震計算書に記載する。
- なお、第5章の整理のとおり、地下水位低下設備は耐震重要度分類におけるCクラスに分類され、耐震重要施設※¹に該当しないことから、同条1項のなお書き(基準地震動による地震力に対する支持性能の確認)ならびに同条2項及び3項は対象とならない。

※1 耐震重要施設：地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(規則4条2項のSクラスに属する施設)

「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の解釈(平成25年6月19日 原子力規制委員会)」抜粋

注) は耐震重要施設に係る要求事項

(別記1)

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		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の解釈
第二章 設計基準対象施設		第二章 設計基準対象施設
(設計基準対象施設の地盤)		第三章 (設計基準対象施設の地盤)
第三条 設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力(設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」という。))にあっては、同条第三項に規定する基準地震動による地震力を含む。)が作用した場合においても <u>当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。</u>		別記1のとおりとする。
2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。		
3 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。		
		第3条 (設計基準対象施設の地盤) 1 第3条第1項に規定する「設計基準対象施設を十分に支持することができる」とは、 <u>設計基準対象施設について、自重及び運転時の荷重等に加え、耐震重要度分類(本規程第4条2の「耐震重要度分類」をいう。以下同じ。の各クラスに応じて算定する地震力(第3条第1項に規定する「耐震重要施設」(本規程第4条2のSクラスに属する施設をいう。))にあっては、第4条第3項に規定する「基準地震動による地震力」を含む。)</u> が作用した場合においても、 <u>接地圧に対する十分な支持力を有する設計であることをいう。</u> なお、耐震重要施設については、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認することが含まれる。 2 第3条第2項に規定する「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。 このうち上記の「地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み」については、広域的な地盤の隆起又は沈降によって生じるもののほか、局所的なものを含む。これらのうち、上記の「局所的なもの」については、支持地盤の傾斜及び撓みの安全性への影響が大きいおそれがあるため、特に留意が必要である。 3 第3条第3項に規定する「変位」とは、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、地盤に与えるずれをいう。 また、同項に規定する「変位が生ずるおそれがない地盤に設け」とは、耐震重要施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、当該施設を将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置することをいう。 なお、上記の「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降(約12～13万年前以降)の活動が否定できない断層等とする。その認定に当たって、後期更新世(約12～13万年前)の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降(約40万年前以降)まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を

5. 地下水位低下設備の信頼性向上の方針

(6) 設置許可及び工認段階における提示内容(3/3)

第647回審査会合(H30.11.6)
資料2-2-2 p.34 修正

49

- ・ 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

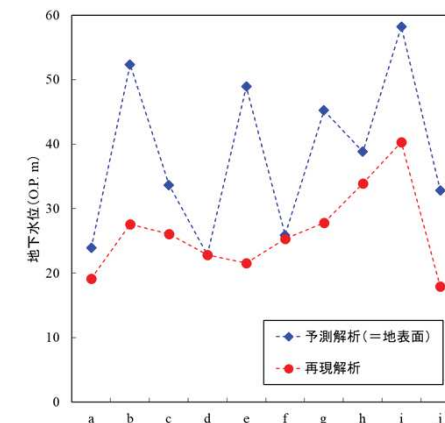
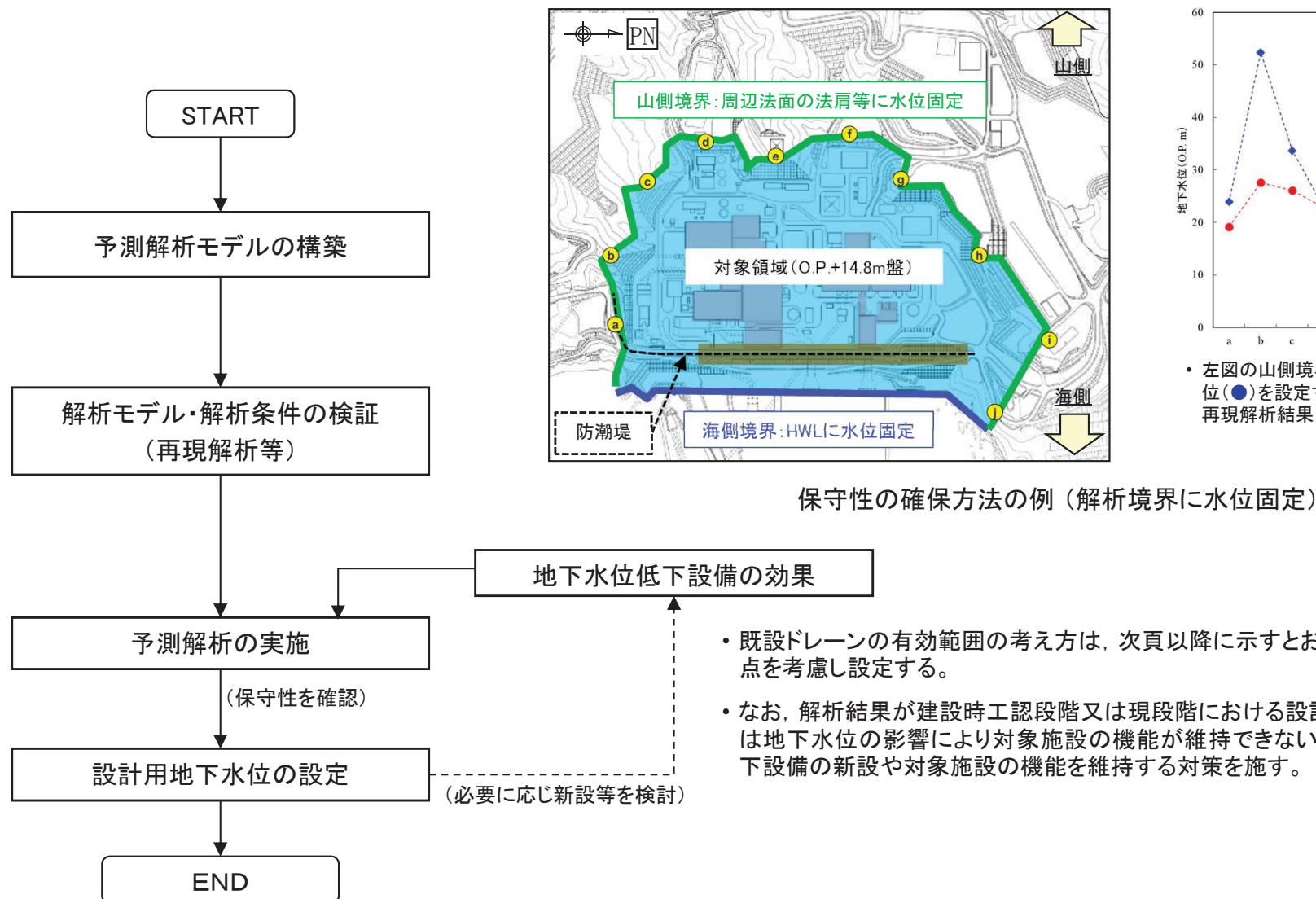
- 基準地震動の発生を考慮し、液状化の影響が各構築物、系統及び機器に及ばないよう、地下水位低下設備を設置する。
また、当該施設については液状化の影響が周辺の安全施設の機能に影響を及ぼす可能性があるため、信頼性の向上に配慮した設計とする。
具体的には、当該系統の構築物、系統及び機器については基準地震動に対して機能維持する設計とし、また屋外に設置する機器等については外部ハザードに配慮した設計とする。また、電源については、外部電源の喪失に配慮し、非常用電源からの供給が可能な設計とする。
さらに、動的機器である揚水ポンプについては、ランダム故障に配慮し、配管も含めて多重化する。

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) 地下水位の設定フロー

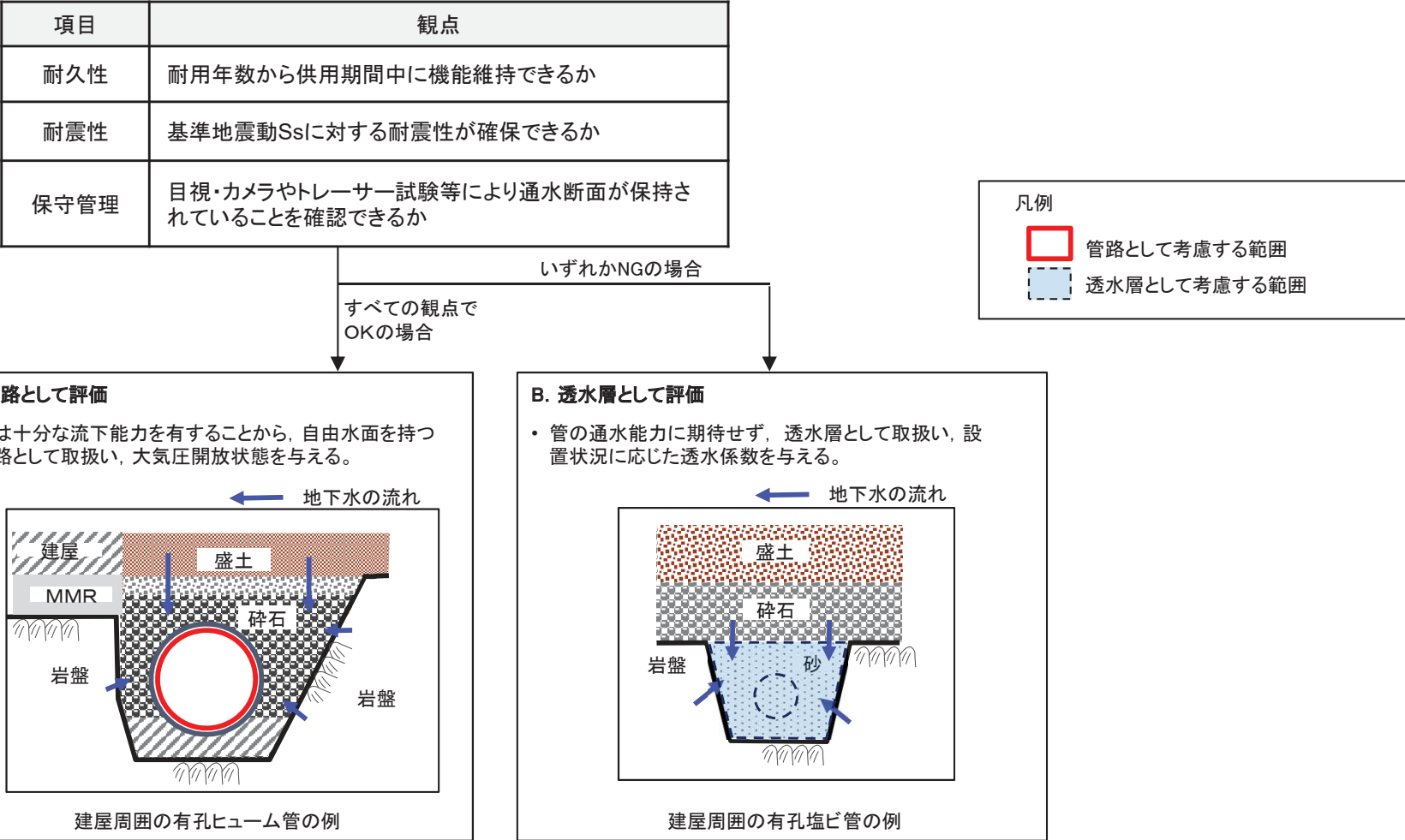
- 工認段階における設計用地下水位は、設置許可段階における信頼性向上の方針を踏まえ、地下水位低下設備の効果を検討し、予測解析の保守性を確認した上で、浸透流解析により設定する。



- 左図の山側境界上(a~j)では地表面に地下水位(●)を設定するが、広域モデル(p.26)による再現解析結果(●)はこれを下回る。

6. 今後の地下水位の設定方針
(2)ドレーンの有効範囲設定の基本的な考え方

- 設計用地下水位の設定におけるドレーンの有効範囲設定の基本的な考え方を示す。
- 最初に、対象施設の配置等を勘案し、既設ドレーンの期待範囲を設定する。また、浸透流解析における各ドレーンの取扱いは、下図のとおり耐久性、耐震性及び保守管理の要件を満たすものを管路として考慮し、いずれかが満足できないものは管路としては期待せず、透水層として考慮する。なお、評価上不要なドレーンや、透水層としての効果が期待できないドレーンは、周辺の地盤相当として取扱う。
- 既設ドレーンで十分な水位低下効果が見込まれない場合などは、新設を検討する。
- 浸透流解析上の扱いは次頁に示す。



ドレーンの有効範囲設定の基本的な考え方

6. 今後の地下水位の設定方針

(3)ドレーンの有効範囲設定の考え方に基づく整理

53

- 前頁の考え方から、ドレーンの状態に対応したパターンと各観点の見通し、並びに浸透流解析上の取扱いについて整理した。

分類	ドレーンの状態	該当箇所 の例	各観点に対する評価		
			耐久性	耐震性	保守管理 (構造確認)
A-1		2号炉原子炉 建屋周囲の有 孔ヒューム管	○	○	○
		2号炉原子炉 建屋直下の有 孔塩ビ管、 2号炉タービン 建屋直下の有 孔ヒューム管	○	○	○
A-2	(新設する場合)		○	○	○
B-1		3号炉海水熱 交換器建屋直 下の有孔塩ビ 管	○	(○)	×
B-2		2号炉原子炉 建屋～タービ ン建屋間の有 孔塩ビ管	○	(×)	×
C-1		2・3号炉排気 筒基礎 有孔塩ビ管 (φ200) 2号炉原子炉建 屋 排気筒基礎	○	×	×
C-2	(期待しない)	3号炉タービン 建屋直下の有 孔塩ビ管	—	—	—

耐震性を確保する範囲

※1 下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-による

※2 水道施設設計指針(2012)による

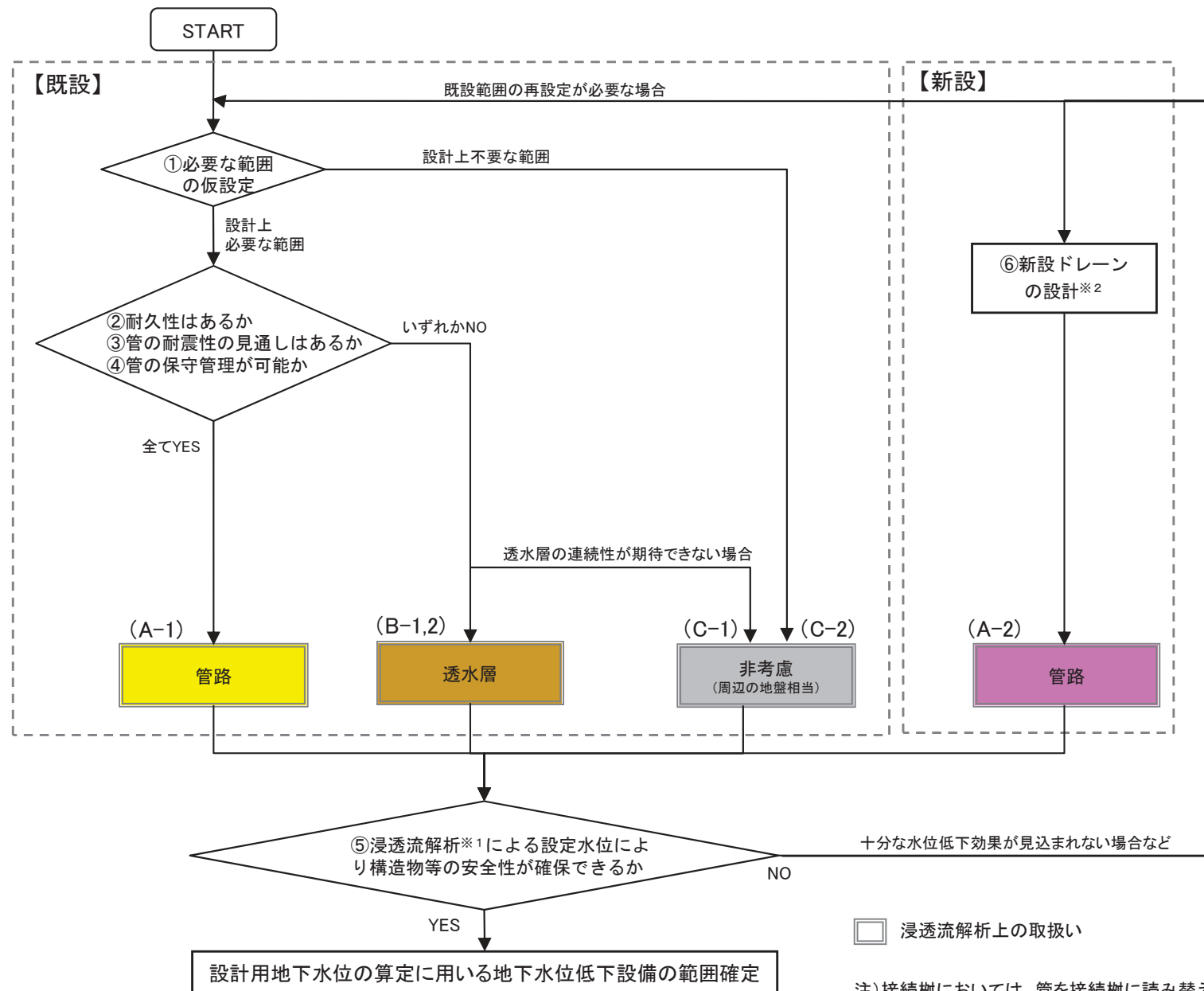
分類	浸透流解析上の取扱い	
A 管路	A-1	 ・ 管の耐久性及び耐震性が確保され、構造を確認できることから、大気圧開放状態とする。
	A-2	 ・ 管の耐久性及び耐震性が確保され、構造を確認できることから、大気圧開放状態とする。
B 透水層	B-1	 ・ 設置状況から管の内空相当の空間が保持されるが、構造確認できないため、透水層として設置状況に応じた透水係数を考慮する。 (透水係数は管内空相当の空隙が残ることを考慮し設定)
	B-2	 ・ 設置状況から管の内空が保持できないため、透水層として設置状況に応じた透水係数を考慮する。 (透水係数は上載荷重作用により上部の碎石に置換される状況を考慮し設定)
C 地盤	C-1 C-2	非考慮 ・ ドレーンとして期待せず、周辺の地盤相当として取扱う。

透水層として扱う範囲

6. 今後の地下水位の設定方針

(4)ドレーンの有効範囲設定フロー(1/2)

- 設計用地下水位の設定において地下水位低下設備による水位低下効果を考慮するにあたり、ドレーンの有効範囲の設定フローを以下に示す。



※1 浸透流解析

- 設定したドレーンの条件による浸透流解析を実施し、建設時工認段階の設計水位との比較等から構造成立性を見通しを確認する。
(十分な水位低下効果が見込まれない場合などは既設範囲の再設定や新設ドレーンの設計を行う。)

※2 新設ドレーンの設計(必要時)

- 新設ドレーンは、②～④の要件を満たす経路として設計する。

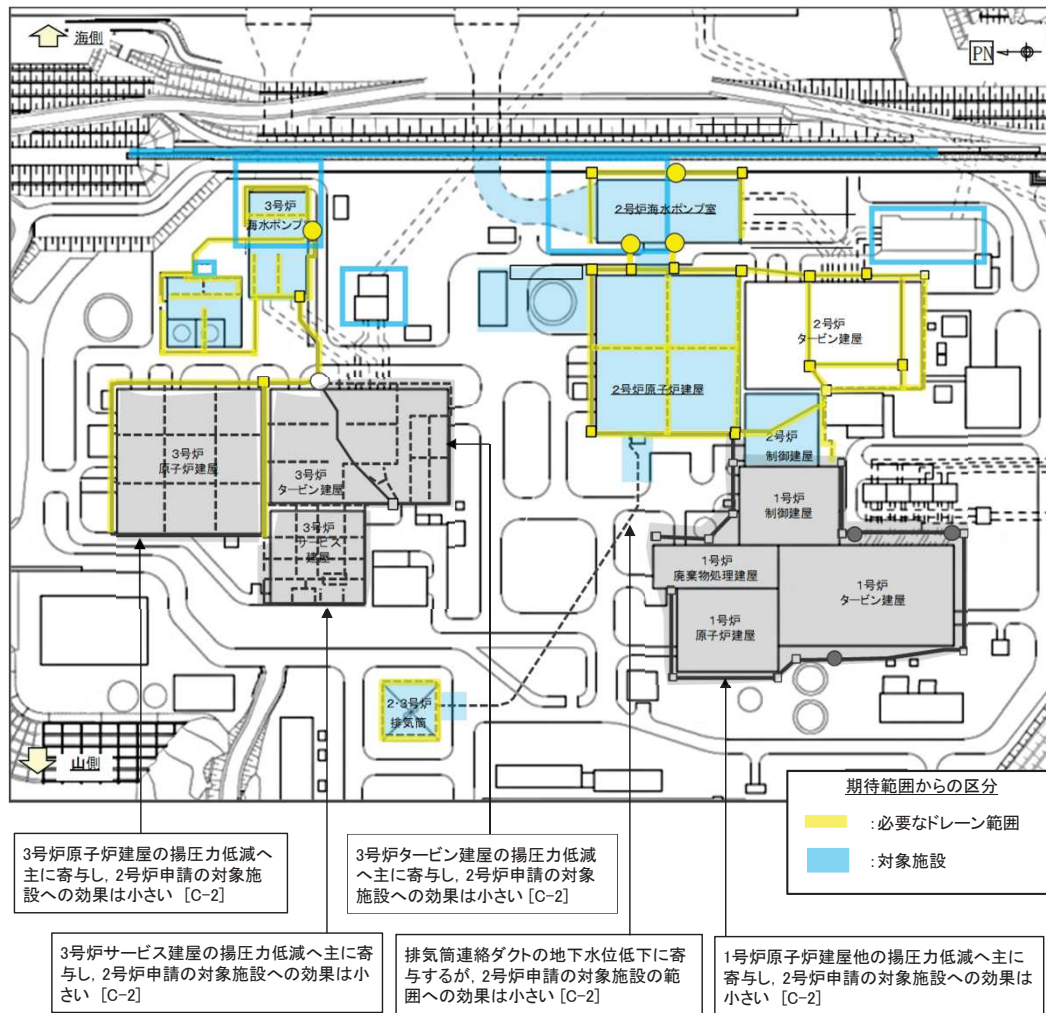
6. 今後の地下水位の設定方針

(4)ドレーンの有効範囲設定フロー(2/2)

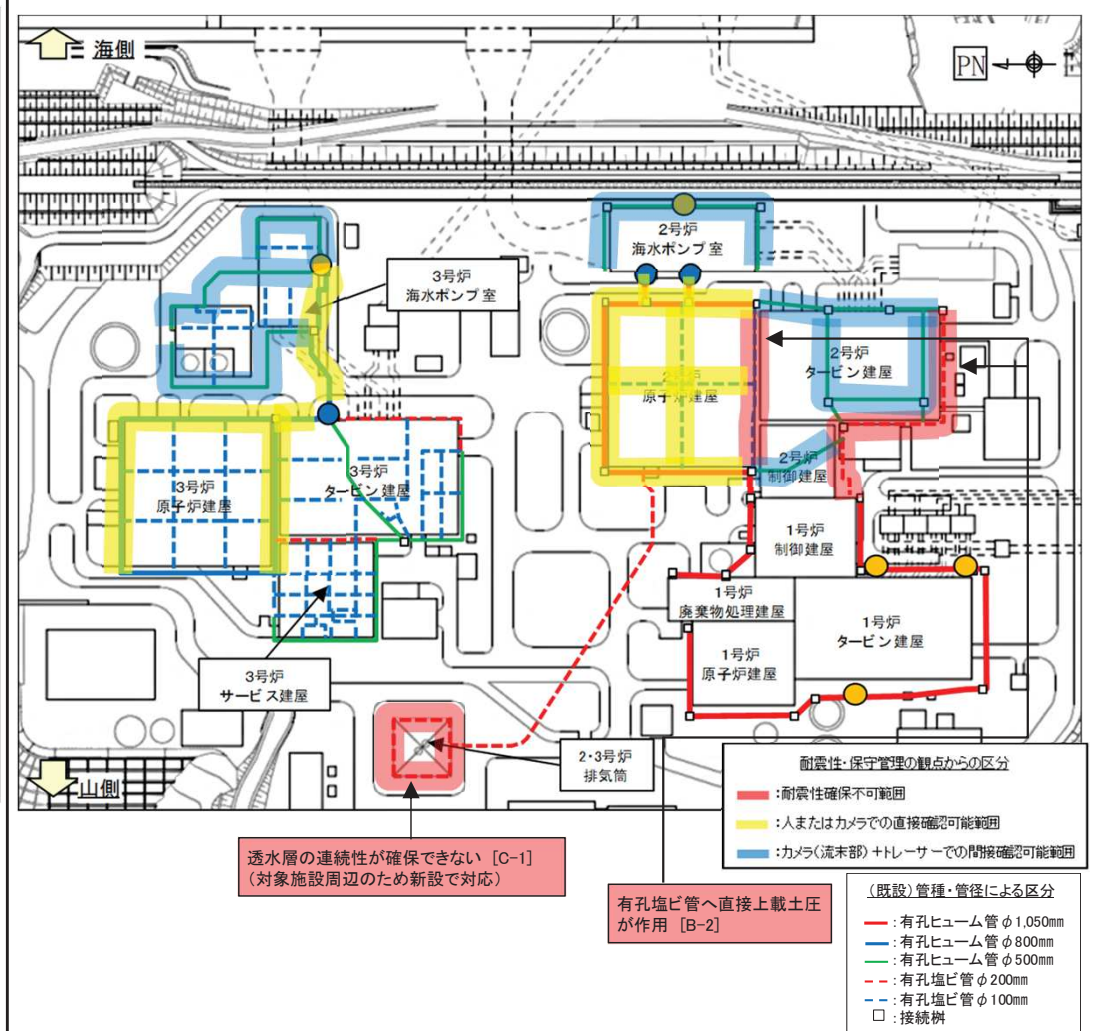
55

- 前頁のドレーン有効範囲設定フローにおける各プロセスの整理結果を以下に示す。

Step①: 必要な範囲の設定



Step②～④: 耐久性※1・耐震性・保守管理※2の観点からの整理



※1 耐久性の観点からは全ての区間がOKと整理される。

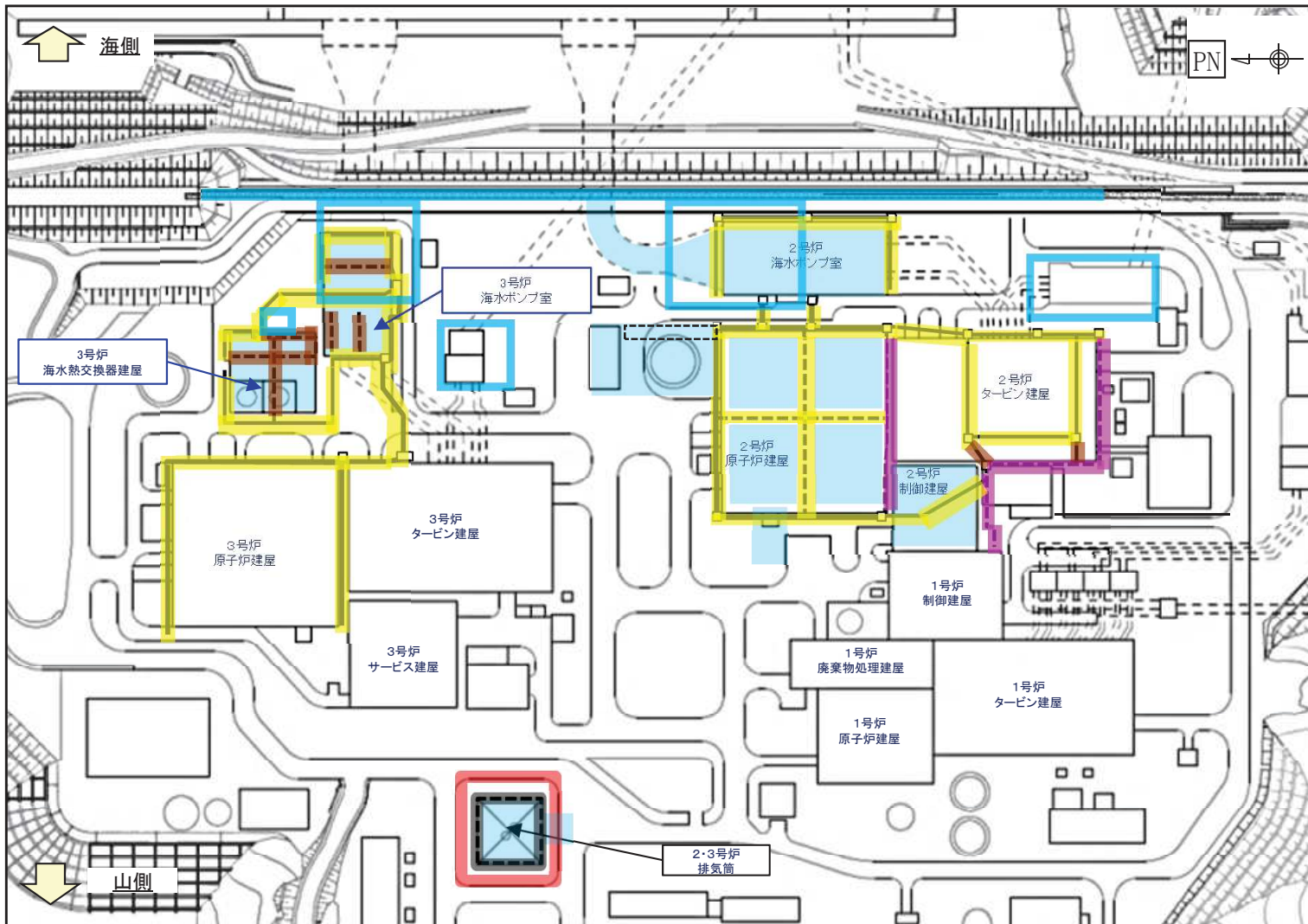
※2 保守管理区分範囲は、「7. 今後の地下水位低下設備の保守管理方針」にて詳述する。

6. 今後の地下水位の設定方針

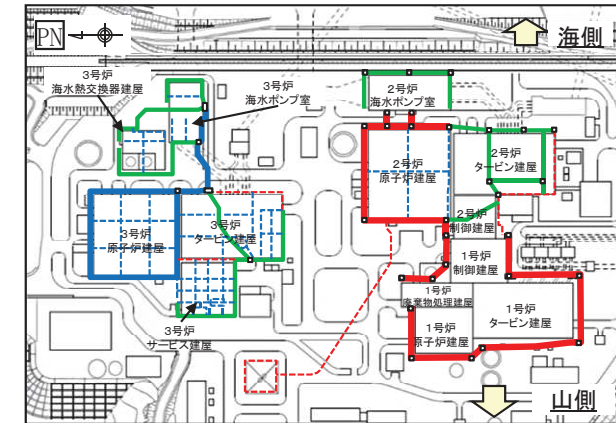
(5)ドレーンの有効範囲設定例

56

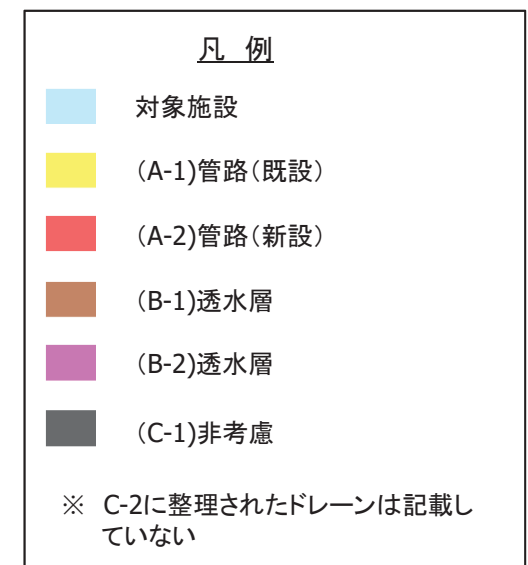
- 前頁のドレーン有効範囲の設定フローに基づくドレーンの設定例を示す。



ドレーンの有効範囲設定例



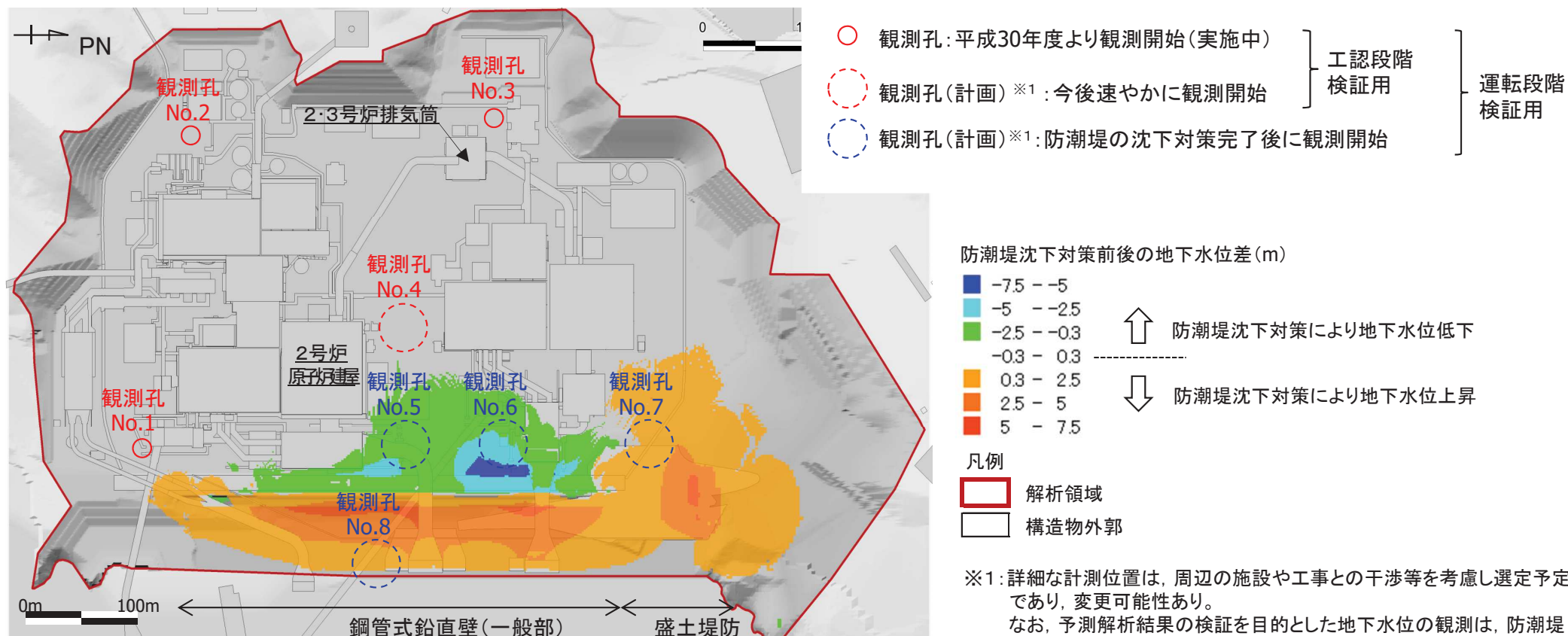
地下水位低下設備（既設）設置位置図



6. 今後の地下水位の設定方針

(6) 地下水位観測計画と浸透流解析モデル検証

- 設計用地下水位の設定に用いる予測解析(三次元浸透流解析)は防潮堤沈下対策完了後の状態をモデル化することから、予測解析結果の妥当性の検証として、防潮堤沈下対策の工事完了後に地下水位の観測を行い、解析にて想定した地下水位を観測水位が下回ることを確認する。
- 観測孔は、防潮堤の沈下対策による地下水位への影響範囲を考慮し設定する。(下図)
- 工認段階の予測解析の検証においては、防潮堤の沈下対策の影響を受けないNo.1～No.4孔の観測記録を参照する。また、防潮堤の沈下対策工事完了後の運転段階においては、防潮堤外も含めてNo.5～No.8孔の観測記録を検証材料に加える。
- なお、今後の地下水位設定の信頼性確認等への活用を念頭に、下図のうち複数孔については防潮堤沈下対策影響の検証後も観測を継続し、基礎データとして集積していく。



地下水位観測計画

7. 今後の地下水位低下設備の保守管理方針

7. 今後の地下水位低下設備の保守管理方針

(1)ドレーンの保守管理方針(1/2)

- ドレーンは耐久性や耐震性があることを踏まえて、敷設状況等を踏まえた保守管理方針の考え方を整理した。
- なお、今後の地下水位低下設備の保守管理については、既設の保守管理内容も参考に検討し、保安規定に基づく保全計画において具体的な内容・頻度等を定めることとする。(既設の保守管理内容は「3(8) 保守管理の状況」を参照)
- ②及び③の範囲については現段階の見通しであり、今後の点検実施状況等も踏まえ、適宜見直しを行う。

ドレーンの保守管理方針

区分	ドレーンの構成部位(例)		点検内容		異常時の対応
	有孔ヒューム管・ 接続桝	有孔塩ビ管	手段	点検対象と確認内容	
① 全域立入可能	Φ800mm(全範囲), Φ1,050mm(全範囲)	—	・目視	・損傷等の有無, 土砂堆積状況などから, 通水断面が保持されていることを確認する。	・詳細調査を行い, 必要な対策を実施する。
② カメラ等により部分的に確認可能	Φ500mm (流末部※ ¹)	Φ100mm R/B直下	・カメラ等	・損傷等の有無, 土砂堆積状況などから, 通水断面が保持されていることを確認する。	
③ 流末部の断面の確認及びトレーサー試験等により確認可能	Φ500mm (流末部以外)	—	・流末部の断面を②により確認※ ² ・トレーサー試験※ ³ 等	・②より通水断面が保持されていることを確認する。 ・トレーサー試験等により通水経路の連続性が保持されていることを確認する。	・②の範囲と同様の状態にあるものと考え, 詳細調査を行い, 必要な対策を実施する。

※1 流末部とは、同径の管の最下流部を表す。(有孔ヒューム管(Φ500mm)は立入りができないが、最下流部の接続桝を介してΦ800mm・Φ1,050mmの有孔ヒューム管と会合しているため、最下流部周辺は目視・カメラ等による確認が可能である)

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

- 施工方法・仕様の共通性：ドレーンは同時期に同一施工体制のもと設置されており、開削により露出した岩盤上に同様の施工管理基準のもと設置されている。
- 建設時記録の信頼性：ドレーンは同時期に同一施工体制のもと設置されており、施工記録等により設置時の情報を確認できる。
- 耐久性・耐震性(Ss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(作用荷重最大)であり、設計上最も厳しい部位である。
- 仮に損傷等があった場合は一定量の土砂流入が想定されるため、流末部の堆積物の状況を監視することで異常の有無を確認できる。
(通常時も少量の土砂の流入が考えられるが、これまでの実績では、ドレーン内部への土砂流入量は僅かであり、閉塞可能性は極めて低い)

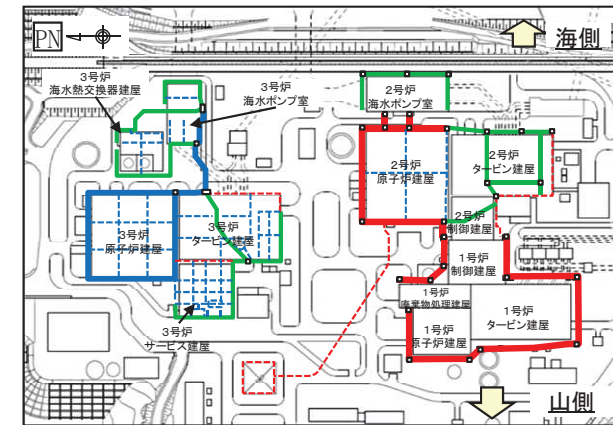
※3 トレーサー試験を行う場合は、対象ドレーンの設置状況等から経路特定に有効な範囲において実施する。

7. 今後の地下水位の設定方針

(1)ドレーンの保守管理方針(2/2)

60

- 6.(5)に示すドレーンの有効範囲について、前頁の区分に照らした保守管理例を示す。



地下水位低下設備（既設）設置位置図

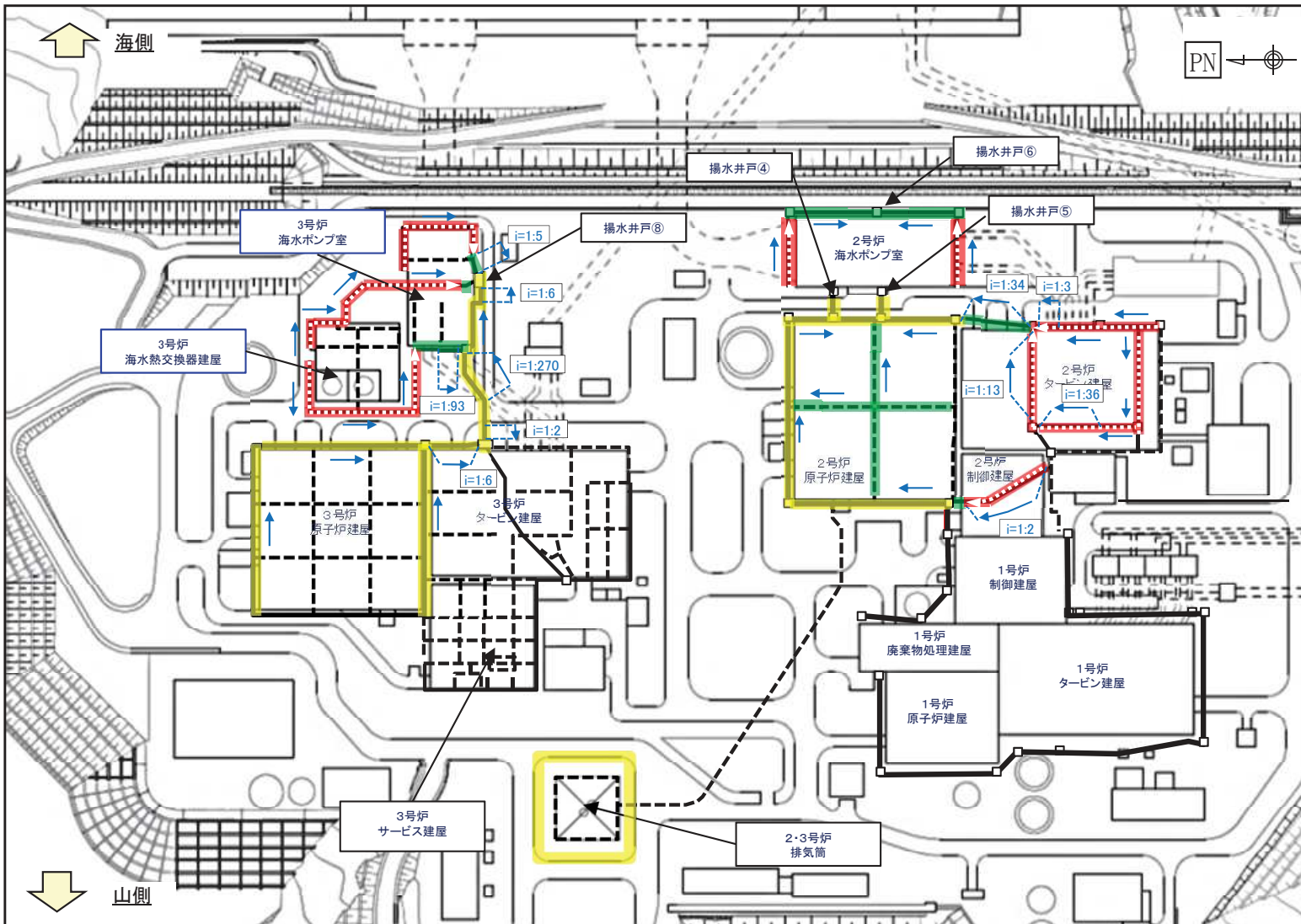


凡 例

- ①目視により確認(全域立入可能)
- ②カメラ等により確認
(接続樹・曲がり部又は急勾配部までの範囲)
- ③流末部の断面の確認及び
トレーサー試験等により確認可能
- トレーサー試験等による経路確認
- ドレーン内の地下水位流下方向

注1 2・3号炉排気筒周辺の新設ドレーンは目視による点検が可能な設計とする。

注2 i=1:○はドレーン勾配を示す。
ドレーン勾配は1:1000を基本としており、
図は勾配の急な箇所について示している。



ドレーンの保守管理(例)

7. 今後の地下水位低下設備の保守管理方針

(2) 機能喪失時の対策又は設計上の考え方(ドレーン)

- 6(3)で管路と認定したドレーンは耐久性や耐震性があることを踏まえ、機能を喪失しうる事象を挙げ、対策又は設計上の考え方を整理した。なお、6(3)で透水層と分類した経路については、補修等は不要と整理した。
- 保守管理においては、設備の変状、地下水の水質変化等を把握し、必要に応じて復旧を行うことにより、機能喪失に至るリスクの最小化を図っていく。

ドレーンの集水機能が喪失した場合の対策又は設計上の考え方

ドレーンの構成部位	機能を喪失する可能性のある事象	想定事象に対する対策又は設計上の考え方
有孔ヒューム管 (Φ1,050mm, Φ800mm, Φ500mm) ・接続桝	・有孔部からの土砂流入により管が閉塞し、集水機能を維持できなくなる。	- 有孔部(Φ25mm)からの流入量は限定的※¹であることから、管内への土砂流入量は少なく、有孔部に対し管径が十分大きいことから閉塞の可能性は低い。(至近の目視確認でも堆積土砂はシルト相当であり、ごく少量であることを確認している。(補足説明資料2)) - 有孔部からの流入土砂は、粒径が小さいことから流入位置より下流側の接続桝へ順次堆積していくため、流末部の接続桝にて堆積状況を確認・必要時は除去することで、集水機能に影響を及ぼす前に対応が可能。 - なお、集水機能を維持できなくなるおそれがある場合は、人力による除去(Φ1,050mm, Φ800mm)や洗浄作業(Φ500mm)等の対策を実施する。
有孔塩ビ管 (Φ100mm)	・有孔部からの土砂流入により管が閉塞し、集水機能を維持できなくなる。	- 有孔部(Φ7mm)からの流入量は限定的であることから、管内への土砂流入量は少なく、有孔部に対し管径が十分大きいことから閉塞の可能性は低い。 - なお、集水機能を維持できなくなるおそれがある場合は、高圧洗浄による除去等の対策を実施する。

※1 有孔ヒューム管は岩盤を掘り下げ設置しており、透水層が周囲に充填されることから土砂流入量が少ない。また孔径が25mmと小さく、大径の礫等は流入しない。

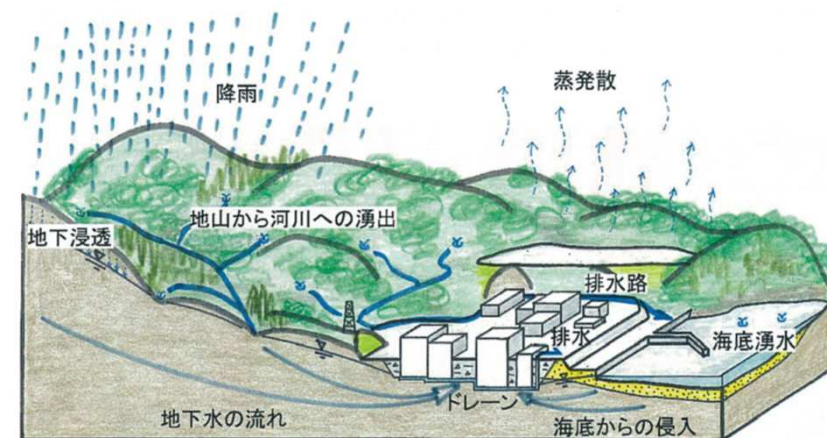
補足説明資料1 敷地の水文環境

補足説明資料1 敷地の水文環境

第647回審査会合 (H30.11.6)
資料2-2-2 p.39 再掲

63

- 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



凡例



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

- 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



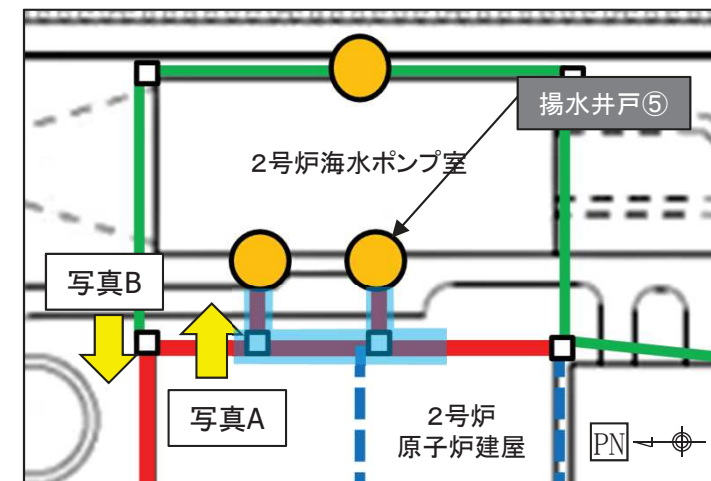
写真B ドレーン（有孔ヒューム管φ1,050mm）
2018/9/18撮影



写真C 揚水井戸⑤（中段部）
2017/3/17撮影

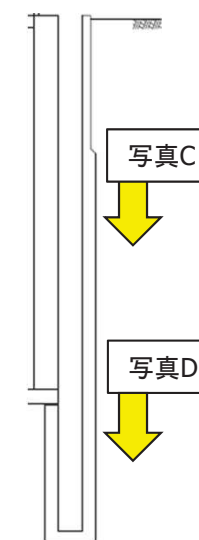


写真D 揚水井戸⑤（下段部）
2017/3/17撮影



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）

- 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。



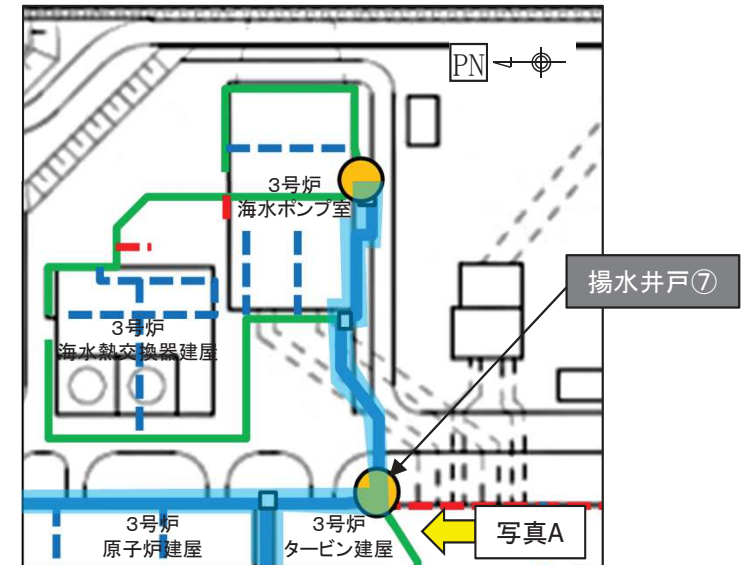
写真A ドレーン（有孔ヒューム管φ800mm）
2018/9/18撮影



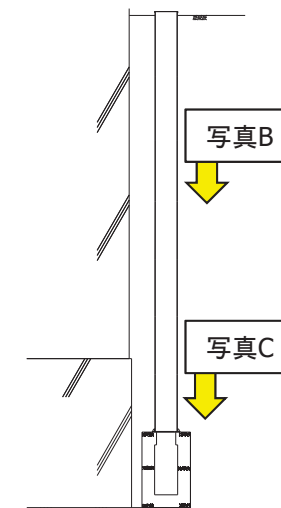
写真B 揚水井戸⑦（中間部）
2017/3/16撮影



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

写真撮影位置（揚水井戸⑦断面）

補足説明資料3 ドレーン構成部材の耐久性

(1) 有孔ヒューム管・接続桧

- 有孔ヒューム管の一般的な耐用年数は50年とされている。(一般的なコンクリート構造物)
- 建設当時の使用前検査では湧水が腐食環境下にあるかの確認を目的に水質調査を実施している。
- 水質調査結果によると、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。
- 接続桧については、鉄筋かぶりは50mm～70mmで、水セメント比は55%で施工されている。湧水の塩素イオン濃度の最大値により、コンクリート標準示方書の塩害の照査を実施すると50年以上と評価される。

環境にやさしい製品

ヒューム管は
撤去後に **99%再利用** 可能です

再利用でき、埋立としても無害

コンクリート製品の耐用年数は、一般的に約50年と書かれております。従って一定の年数経過後により更新されますが、撤去したヒューム管はコンクリート用骨材や道路の路盤材として再利用できます。

また、土中でも有害物質を発生することはありません。

無公害の国内資源を有効活用

ヒューム管は、遠心力を利用して製造する鉄筋コンクリート管ですが、その主原料となる石灰石(セメント)・砂・砂利・水等は無資源国と呼ばれる我が国にあって、いざれも国内において産出するもので、かつ製造の際における化学物質の排出など公害の原因を生じさせない環境にやさしい素材です。

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 (μS/cm)	4,110	2,800	785	2,680	—
塩素イオン (mg/ℓ)	1,030	618	57.1	495	200以下
採 水 月 日	3.1.10	3.1.10	3.1.10	3.1.10	—

湧水の水質試験結果(2号炉使用前検査資料)

全国ヒューム管協会 <http://www.hume-pipe.org/data/data07.pdf>

- 有孔塩ビ管の一般的な耐用年数は50年とされている。(塩化ビニル管・継手協会より)

塩化ビニル管・継手協会

TOP

協会について

製品の概要

リサイクル

生産出荷統計

発行図書

注意事項

製品の概要

用途

特徴

耐震性(水道)

長期供用品の評価(下水道)

規格

用語の解説

TOP > 製品の概要 > 製品の概要 > 経済的で長持ちします。

経済的で長持ちします。

<<前のページにもどる

塩ビ管は、建設コストが安く、経済的です。また次のように耐用年数も50年以上という評価結果が得られており、下水道管としては、塩ビ管の改築する場合は50年経過したものと通知されています。

水道管として……

内水圧クリープ試験による評価(93年)
50年後の水道用塩ビ管の強度を推定し、十分な安全性があることを確認しています。
【(社)日本水道協会第44回全国水道研究発表会「水道用硬質塩化ビニル管の設計応力の考察」】
堀トげサンプルによる直接診断(95年)
全国47の水道事業体で実施した。使用中(当時34年が最長であった。)の塩ビ管試験結果から、50年後においてもJIS規格値を満足するものと考えられます。
【(財)水道技術研究センター「塩ビ管診断手法の開発調査」】

下水道管として……

開渠補助に係る施設の、耐用年数の通知(98年)
建設省は、下水道施設に使用する塩ビ管の耐用年数は50年と通知しています。
道路下埋設試験(00年)
昭和66年、道路下埋設研究で耐用年数50年を確認しています。
【(財)国土開発技術研究センター「下水道用硬質塩ビ管の道路下埋設に関する研究報告書」】
下水道事業の手引きによると、下水道施設に使用する塩ビ管を改築する場合は、50年経過したものと通知しています。
【下水道事業の手引き 下水道施設の改築について(平成10.0.19 国地下事第77号)】

「下水道用塩ビ管の長期供用品の評価」のページはこちら

国道下の埋設管路として……

建設省通達の基となった浅層埋設研究(00年)
建設省の浅層埋設に関する通達(平成11年3月)の基となった研究で、水道用及び下水道用塩ビ管の、耐用年数50年を確認しています。
【(財)道路保全技術センター「道路占用埋設物件の浅層化技術検討報告書」】

<<前のページにもどる

塩化ビニル管・継手協会

TOP

協会について

製品の概要

リサイクル

生産出荷統計

発行図書

注意事項

製品の概要

用途

特徴

耐震性(水道)

長期供用品の評価(下水道)

規格

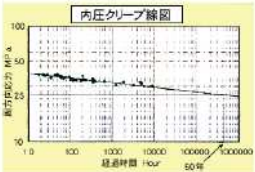
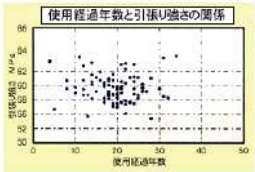
用語の解説

TOP > 製品の概要 > 製品の概要 > 硬質塩ビ管の耐用年数は50年以上という評価結果

硬質塩ビ管の耐用年数は50年以上という評価結果

水道管や下水道管として使用される塩ビ管は、金属製やコンクリート製の管と比較して 建設コストが安く、経済的な管材料です。また以下のように耐用年数も50年以上という評価結果が得られています。

- 実際に埋設して使用されている塩ビ管の品質状況を把握するため、全国47の水道事業体で5～34年間使用した塩ビ管を111本切り取り、各種性能を確認しました。
- 使用中の塩ビ管の直接診断試験
(財)水道技術研究センターが、昭和63年より実施してきた「鉄鉄管・鋼管・塩ビ管診断専門委員会」の調査研究に伴い、使用期間が5年から34年の塩ビ管の性能試験が行われ、以下の結果を導きました。
(1) JIS 及び JWWA 規格の性能規定での評価
引張り試験、扁平試験、水圧試験の結果、供試体は何れも規格値を満足していました。
(2) 規格値以外の脆性試験
管の内外面の外観、埋設による管の扁平状況、引張り試験に伴う伸び率、クリープ試験、接着接合部の強度試験等を実施しましたが、異常は認められませんでした。
(3) 管及び継手の経年変化
実施した試験の結果、引張り強度、扁平強度、接着強度等の経年変化は認められませんでした。50年経過後の引張り強度として53MPa以上が期待でき、この値は規格値を満足します。
 - 建設者の浅層埋設に伴う塩ビ管の評価
(財)道路保全センターが、平成10年に実施した「道路占用埋設物件の浅層化技術検討委員会」の調査の結果、建設省は平成11年に水道管等を国道下に埋設する深さを、従来より浅くできる事を通知しました。
(1) 最大荷重での検討
50年の埋設期間中に発生する、最大級の荷重に塩ビ管は耐えることが分かりました。
(2) トラックによる振動荷重での検討
トラックの走行試験より、50年間の振動に対して、塩ビ管が疲労破壊しないことが分かりました。
(3) 内圧クリープ試験による塩ビ管の寿命評価
京都工芸繊維大学とのプラスチック管の耐用年数に関する共同研究で、塩ビ管の寿命として、50年後のクリープ強度は25.0MPaであることが分かりました。この値は現在、塩ビ管が使用している設計応力に対して2.3倍の値となっております。



塩化ビニル管・継手協会
<http://www.ppfa.gr.jp/02/index-a04.html>

表-7.5.1 配水管に使用する主な管種の特徴		
材 質 別	長 所	短 所
ダクタイル 鋳鉄管	(1) 管体強度が大きく、靱性に富み、衝撃に強い。 (2) 耐久性がある。 (3) K、T、U形等の柔構造継手は、継手部の伸び、屈曲により地盤の変動に順応できる。 (4) NS、S、SII、US形等の鎖構造継手は、柔構造継手よりも大きな伸縮に対応でき、更に離脱防止機能を有するので、より大きな地盤変動に対応できる。 (5) 施工性が良い。	(1) 重量は比較的重い。 (2) 継手の種類によっては、異形管防護を必要とする。 (3) 内外の防食面に損傷を受けると腐食しやすい。 (4) K、T、U形等の柔構造継手は、地震時の地盤の液状化や亀裂等の地盤変状により伸縮（伸び）量が限界以上になれば離脱する。
	(1) 管体強度が大きく、靱性に富み、衝撃に強い。 (2) 耐久性がある。 (3) 溶接継手により一体化ができ、地盤の変動には管体の強度及び変形能力で対応する。地盤変動の大きいところでは、伸縮継手の使用又は厚肉化で対応できる。 (4) 加工性がよい。 (5) 防食性の良い外面防食材料（ポリウレタン又はポリエチレン）を被覆した管がある。	(1) 溶接継手は、専門技術が必要とするが、自動溶接もある。 (2) 電食に対する配慮が必要である。 (3) 内外面の防食面に損傷を受けると腐食しやすい。
ステンレス 鋳管	(1) 管体強度が大きい。靱性に富み、衝撃に強い。 (2) 耐久性がある。 (3) 耐食性に優れている。 (4) ライニング、塗装を必要としない。	(1) 溶接継手に時間がかかる。 (2) 異種金属との絶縁処理を必要とする。
硬質ポリ 塩化ビニル管	(1) 耐食性に優れている。 (2) 重量が軽く施工性がよい。 (3) 内面粗度が変化しない。 (4) RRロング継手は、RR継手よりも継手伸縮性能が優れている。	(1) 管体強度は金属管に比べ小さい。低温時において耐衝撃性が低下する。 (2) 熱、紫外線に弱い。 (3) シンナー類等の有機溶剤により軟化する。 (4) 継手の種類によっては、異形管防護を必要とする。 (5) RRロング継手は、使用期間が短く、被災経験もほとんどないことから、使用に当たっては十分な耐震性能の検証が必要である。
水道配水用 ポリエチレン管	(1) 耐食性に優れている。 (2) 重量が軽く施工性がよい。 (3) 融着継手により一体化でき、管体に柔軟性があるため地盤変動に追従できる。 (4) 内面粗度が変化しない。	(1) 管体強度は、金属管に比べ小さい。 (2) 熱、紫外線に弱い。 (3) 有機溶剤による浸透に注意する必要がある。 (4) 融着継手では、雨天時や湧水地盤での施工が困難である。 (5) 融着継手の接合には、コントローラや特殊な工具を必要とする。 (6) 悪い地盤における被災経験がないことから、使用に当たっては十分な耐震性能の検証が必要である。

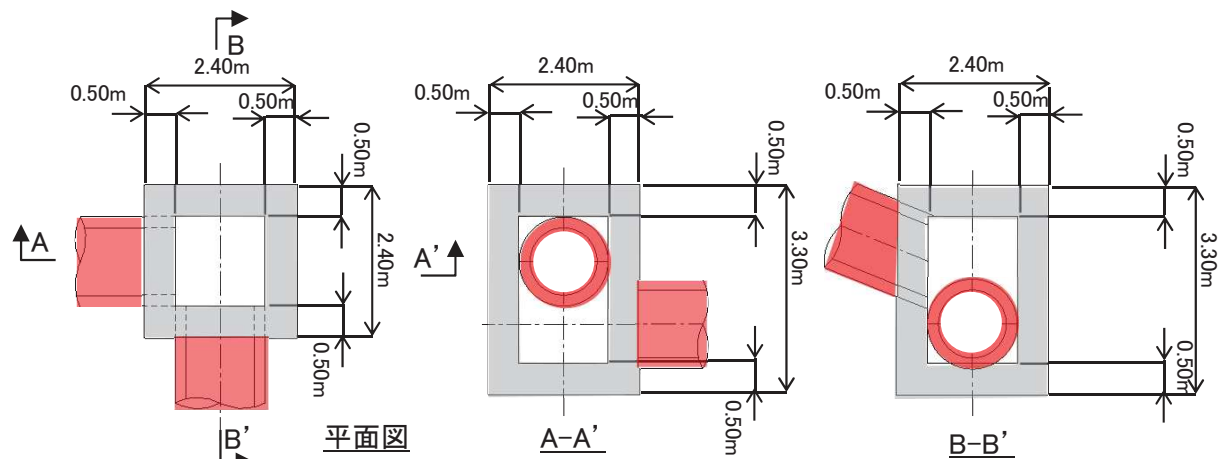
水道施設設計指針P.462
(2012 公益社団法人 日本水道協会)

塩化ビニル管・継手協会
<http://www.ppfa.gr.jp/02/index-a03.html>

補足説明資料4 接続桝の構造概要

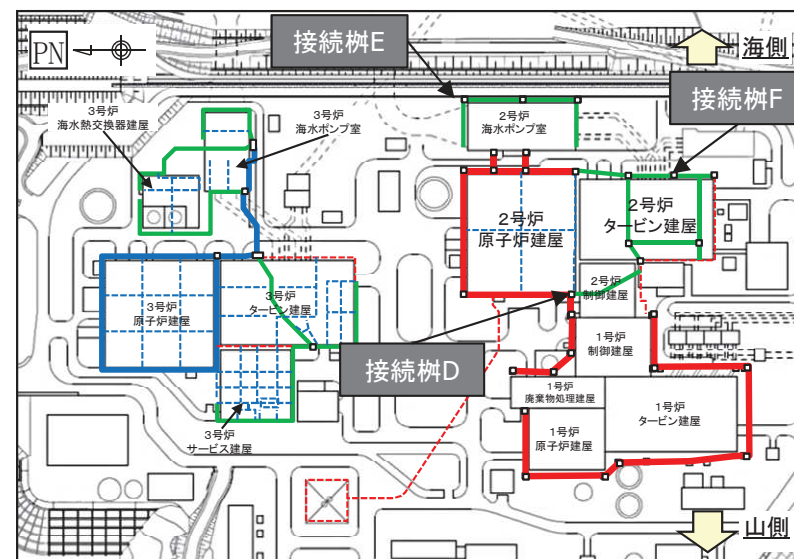
補足説明資料4 接続樹の構造概要

- 本編以外の主な接続樹について、構造概要を示す。

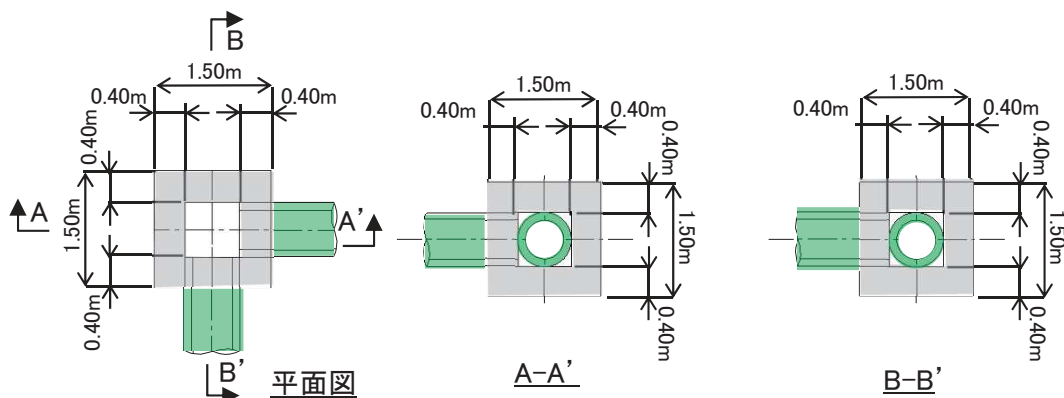


【接続樹D(2号炉)】

有孔ヒューム管Φ1,050

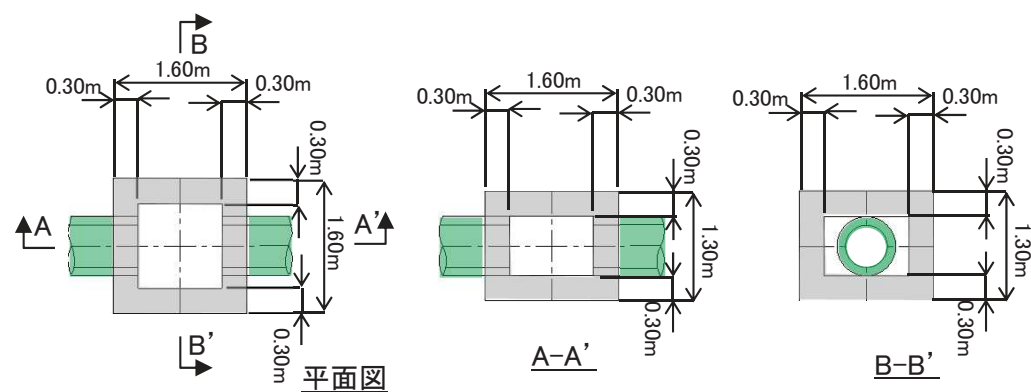


地下水位低下設備（既設）設置位置図



【接続樹E(2号炉)】

有孔ヒューム管Φ500



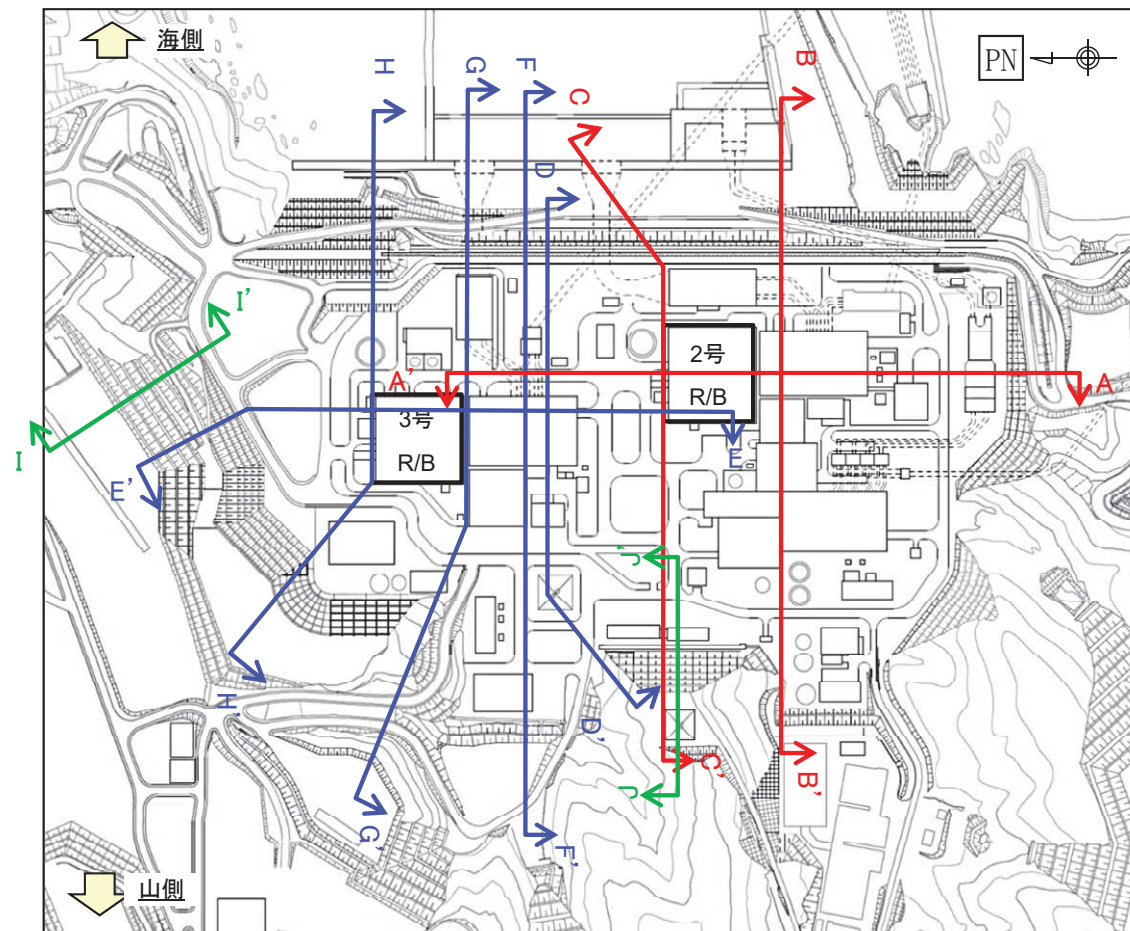
【接続樹F(2号炉)】

参考資料1

建設時工認段階の浸透流解析結果

(第601回審査会合(H30.7.17) 資料3-1-1再掲)

- 2号炉, 3号炉工認時及び本適合性審査において, 以下の内容を把握するため, 浸透流解析を実施している。
 - 一地下水位低下設備の設計に使用する湧水量(2号炉, 3号炉工認時)
 - 一建屋の設計に使用する揚圧力(2号炉, 3号炉工認時)
 - 一地下水位状況
- 2号炉及び3号炉建設時において, 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(右図の上下方向)の断面を主とした有限要素法による二次元定常解析としている。
- また, 本適合性審査のうち保管場所・アクセスルートに係る斜面安定に関しても浸透流解析を実施しており, 斜面安定解析断面I-I'では三次元非定常浸透流解析, 斜面安定解析断面J-J'については二次元非定常浸透流解析を実施している。

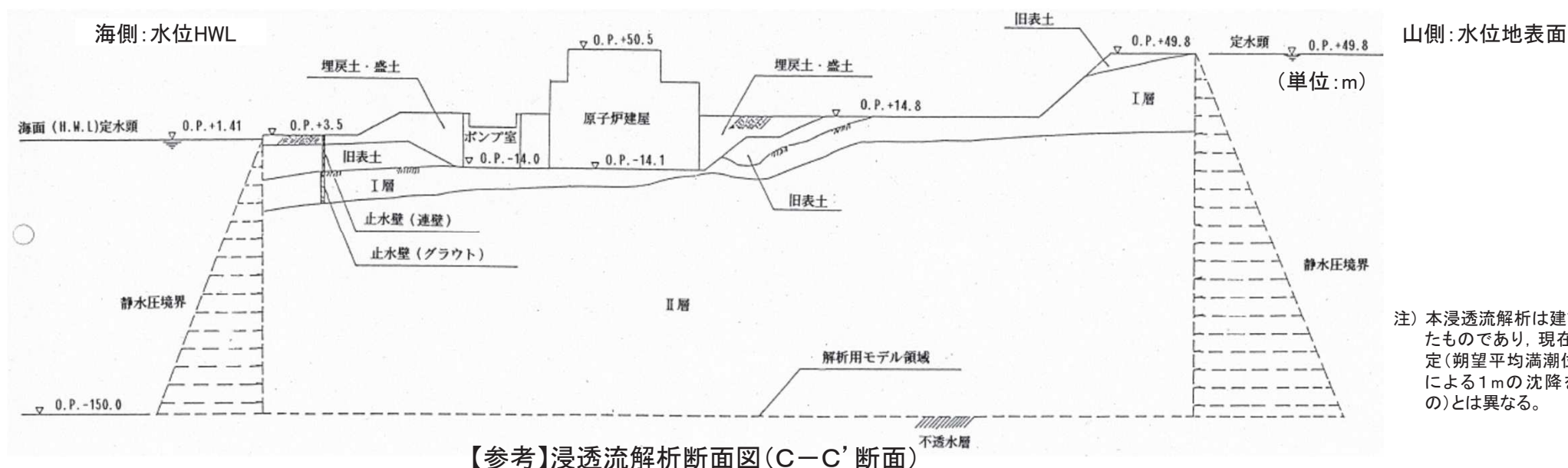


浸透流解析断面位置※

- 凡例
- : 解析断面(2号炉工認時)
 - : 解析断面(3号炉工認時)
 - : 解析断面(保管場所・アクセスルート斜面)

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

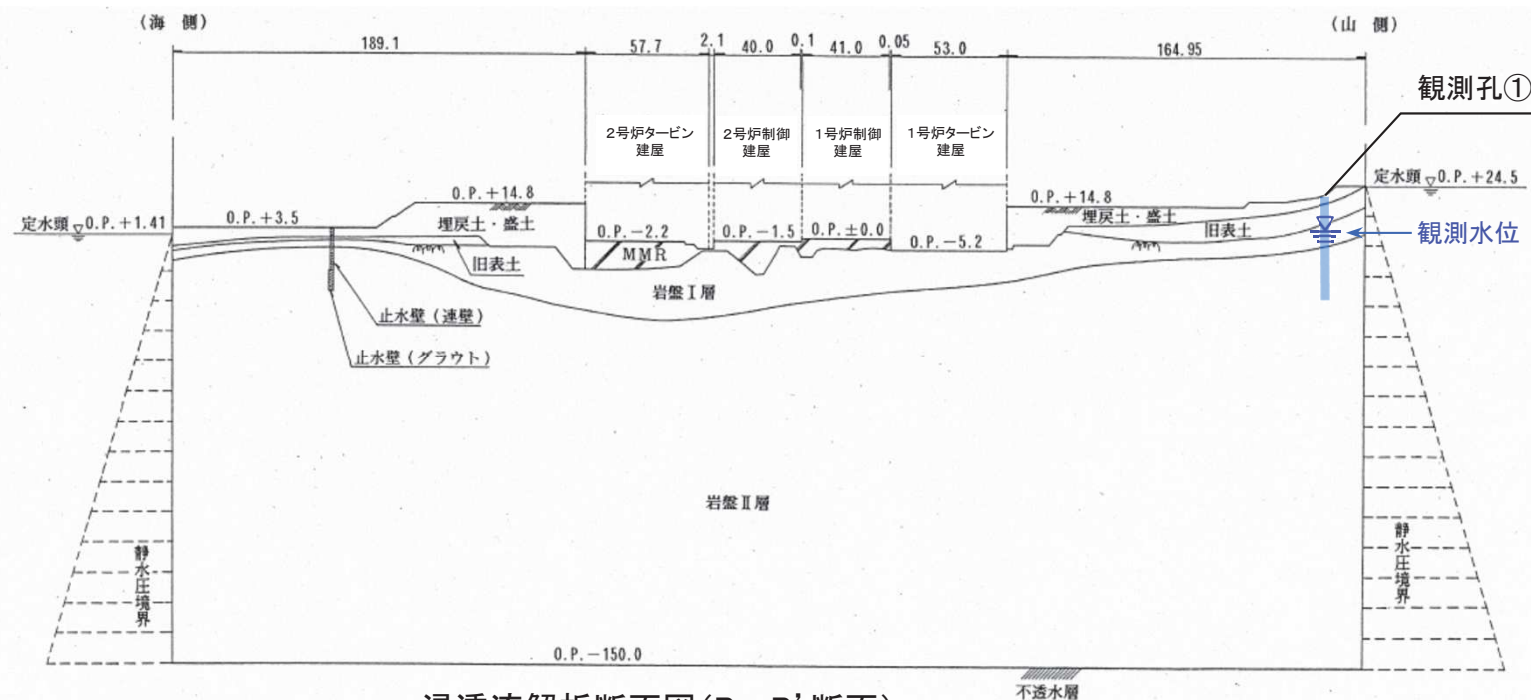
- 2号炉及び3号炉工認時(定常浸透流解析)の海側境界はHWL, 山側境界は地表面に水位を固定し, モデル下端は不透水境界として扱い, 側方境界には静水圧を作用させている。※
- 保管場所・アクセスルート斜面については, 地下水位の連続観測データによる検証を実施した上で, 既往最大の降雨を考慮した非定常浸透流解析を実施している。



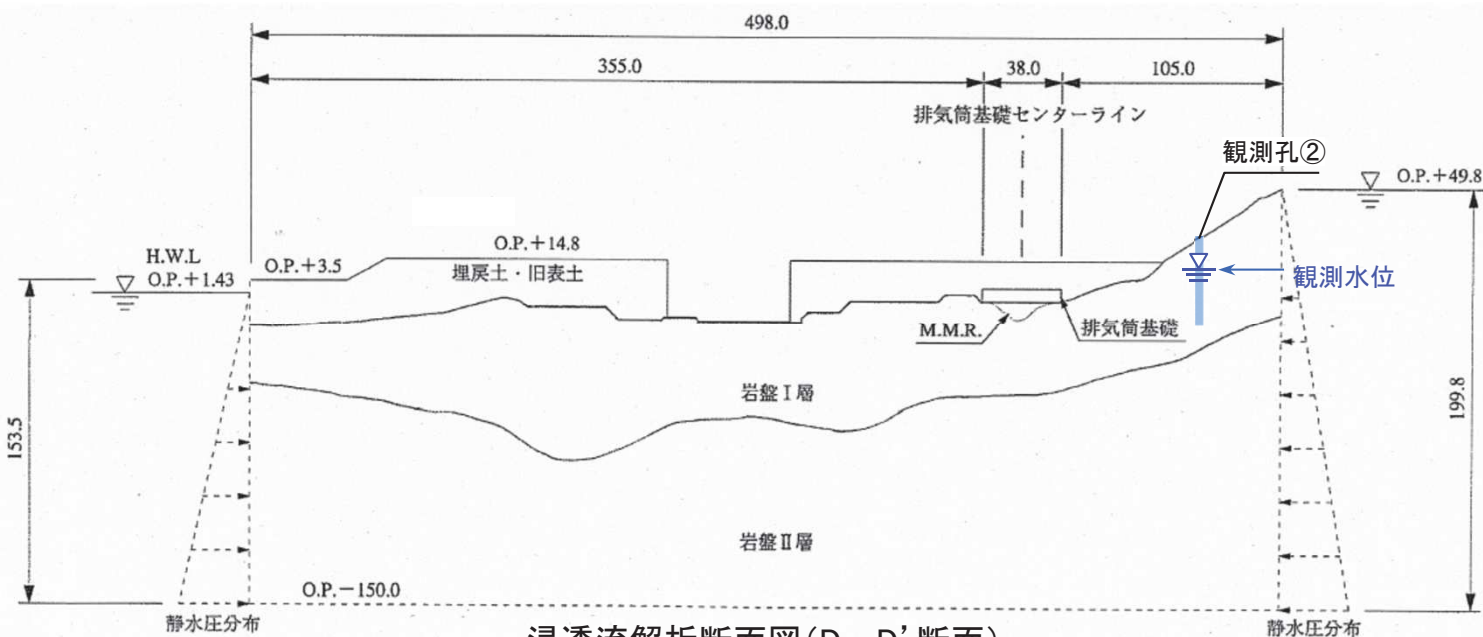
※ 保守的評価となる配慮

- 山側側方の側方境界は, 地表面に設定する。
- 隣接号炉における地下水位低下設備の影響については考慮しない。
- 海側には建屋との間に地中連側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, 解析時には考慮しない。

- 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示するとともに、右下の表に数値を示す。
- 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。



浸透流解析断面図(B-B' 断面)



浸透流解析断面図(D-D' 断面)

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

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

- 浸透流解析に用いた透水係数を以下に示す。
- 岩盤の透水係数は、2号炉及び3号炉工認時に実施した透水試験により設定した。
- 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。

解析用物性値(2号炉周辺) (単位:m/s)

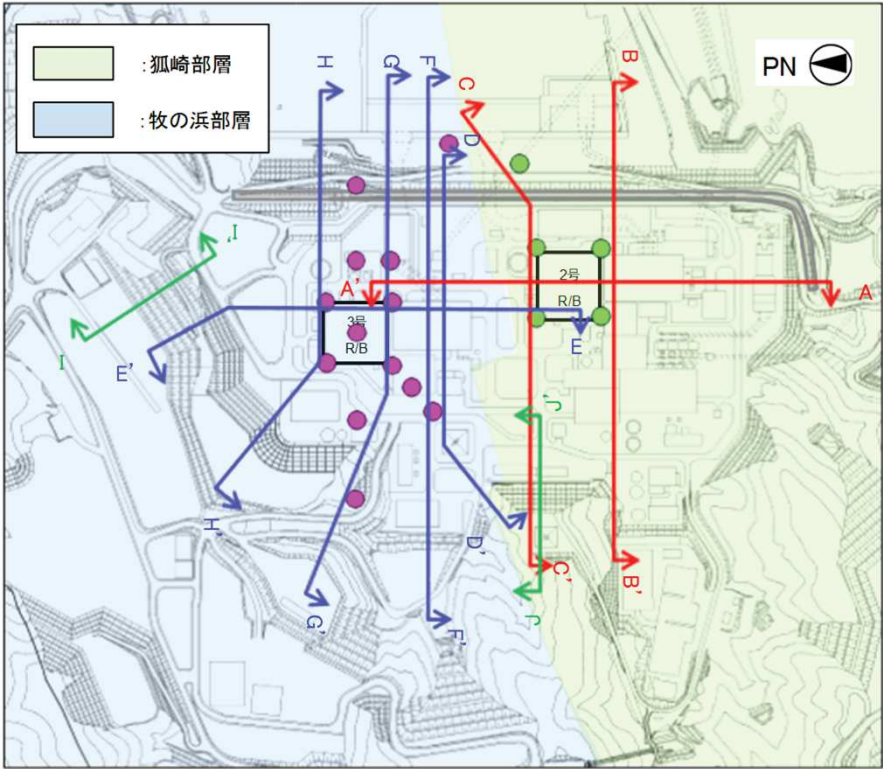
地層	盛土 ・旧表土	岩盤		MMR
		I層	II層	
透水係数	3.0×10^{-5}	7.0×10^{-7}	5.0×10^{-7}	1.0×10^{-11}

注)A-A'断面, B-B'断面, C-C'断面及びJ-J'断面に使用

解析用物性値(3号炉周辺) (単位:m/s)

地層	盛土 ・旧表土	岩盤		MMR
		I層	II層	
透水係数	3.0×10^{-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, H-H'断面及びI-I'断面に使用



岩盤の透水試験位置

凡例

: 解析断面(2号炉工認時)

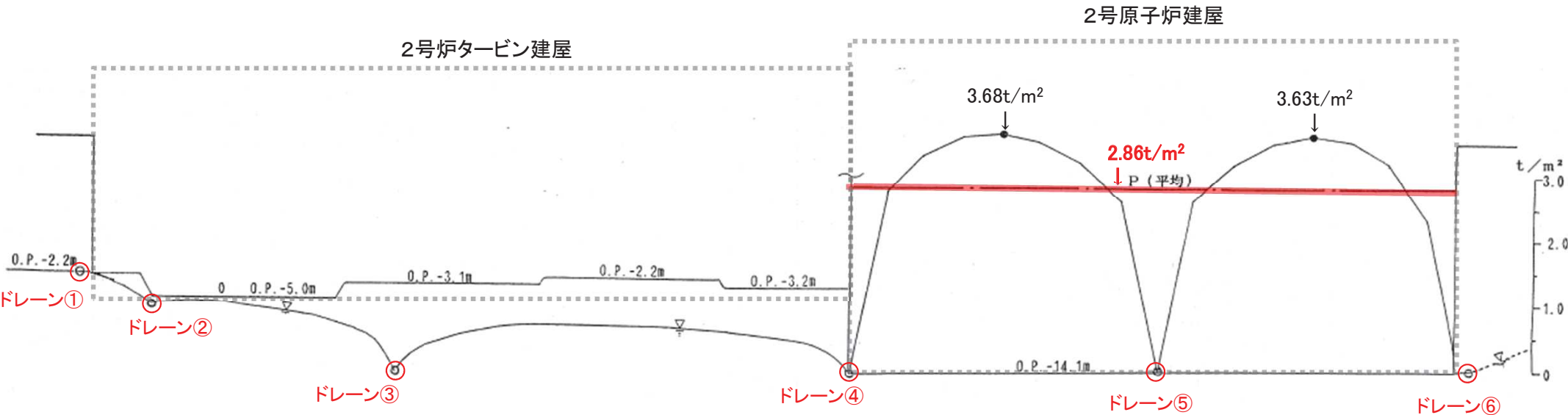
: 解析断面(3号炉工認時)

: 解析断面(保管場所・アクセスルート斜面)

: 岩盤の透水試験位置(狐崎部層)

: 岩盤の透水試験位置(牧の浜部層)

- 各ドレーン位置での湧水量は右下の表のとおりであり、これらの湧水量から揚水ポンプの仕様やドレーン径を設計している。
- また、2号原子炉建屋及びタービン建屋にかかる揚圧力は、下図及び左下の表のとおりであり、いずれも設計値を下回っていることを確認している。



揚水圧分布図及び地下水面形(A-A'断面のうち建屋近傍) ※:解析時の報告書のため従来単位系で表示

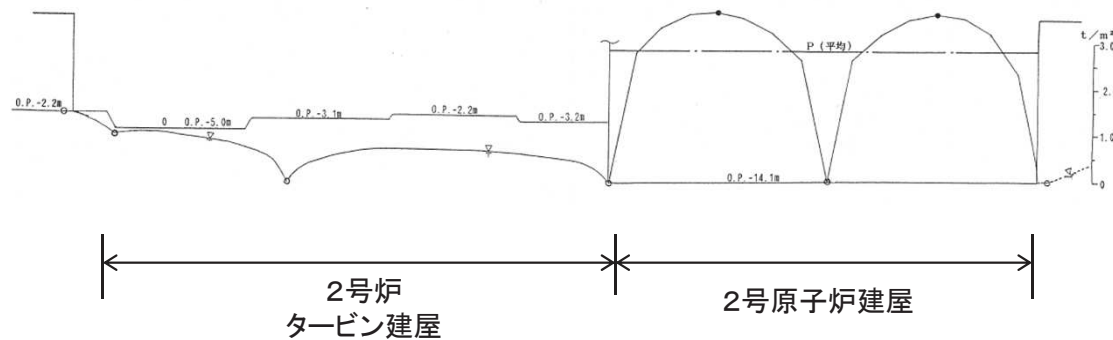
揚圧力(設計値及び解析結果)

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

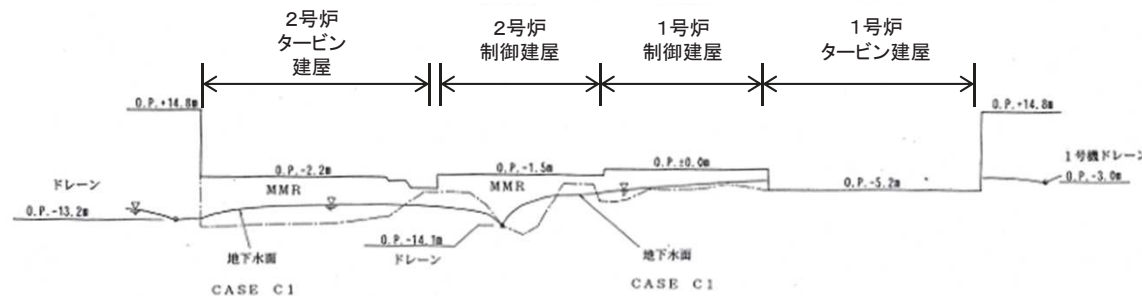
各ドレーンの湧水量 (l/min/m)

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

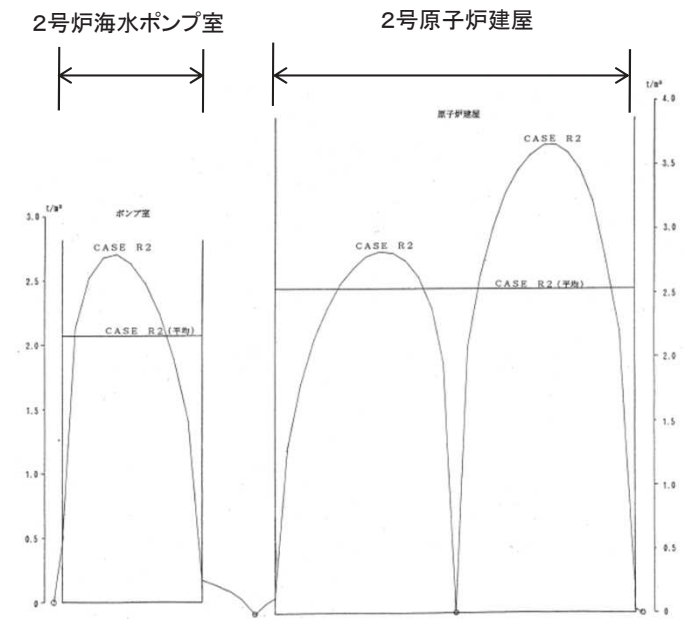
- 2号炉主要建屋における揚圧力の解析結果を以下に示す。



A-A' 断面



B-B' 断面



C-C' 断面

※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

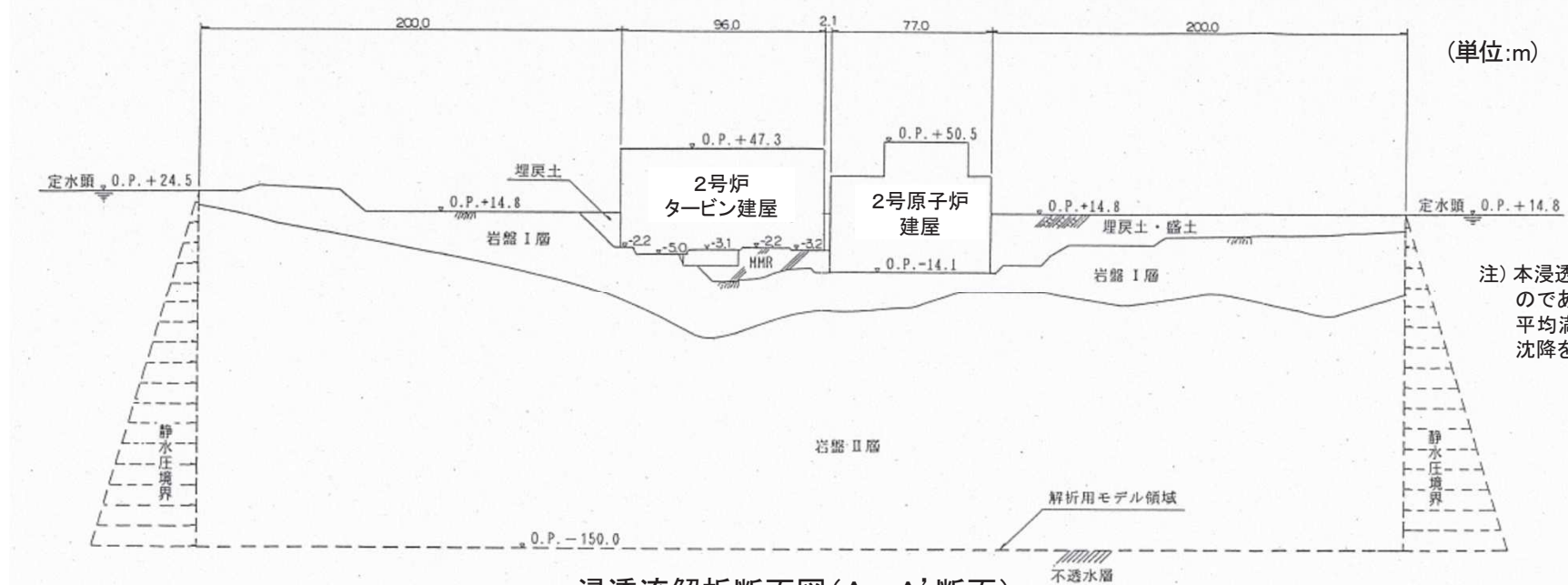
揚圧力分布図及び地下水面形

参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析 (3)解析結果 (間隙水圧分布①:A-A'断面)

第601回審査会合(H30.7.17)
資料3-1-1 p.57 再掲

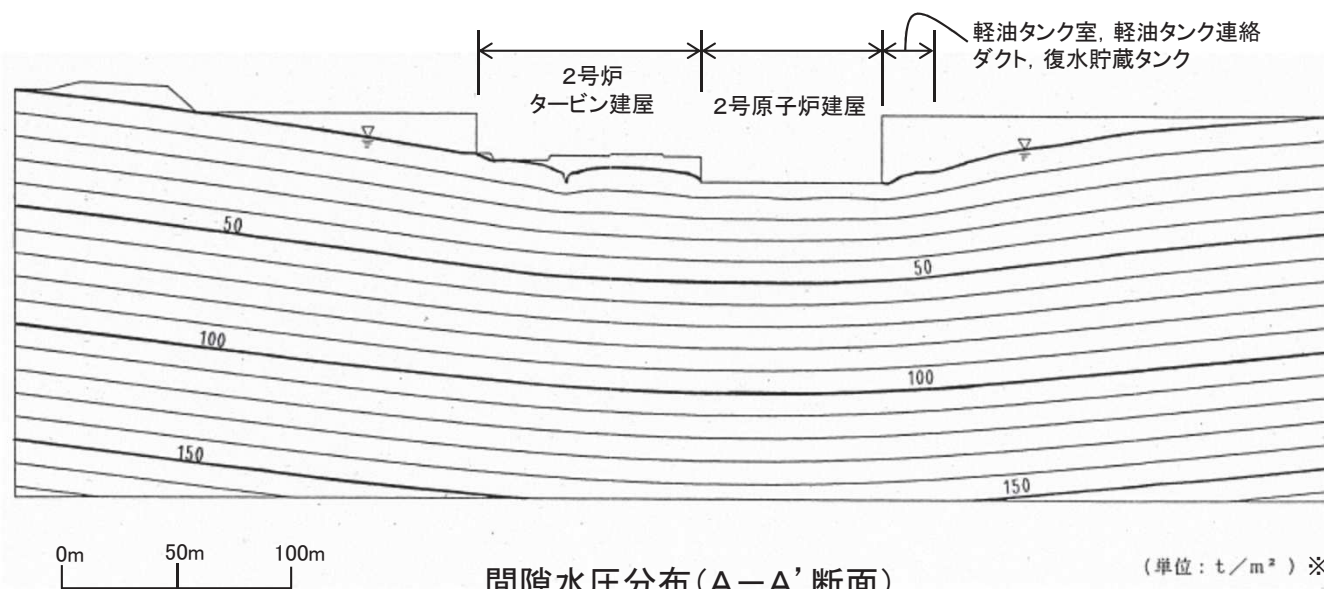
79

- ・ 解析断面とその結果(A-A'断面)を以下に示す。
- ・ ドレーンを設置している2号原子炉建屋及び2号炉タービン建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下している。



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。

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

間隙水圧分布(A-A'断面)

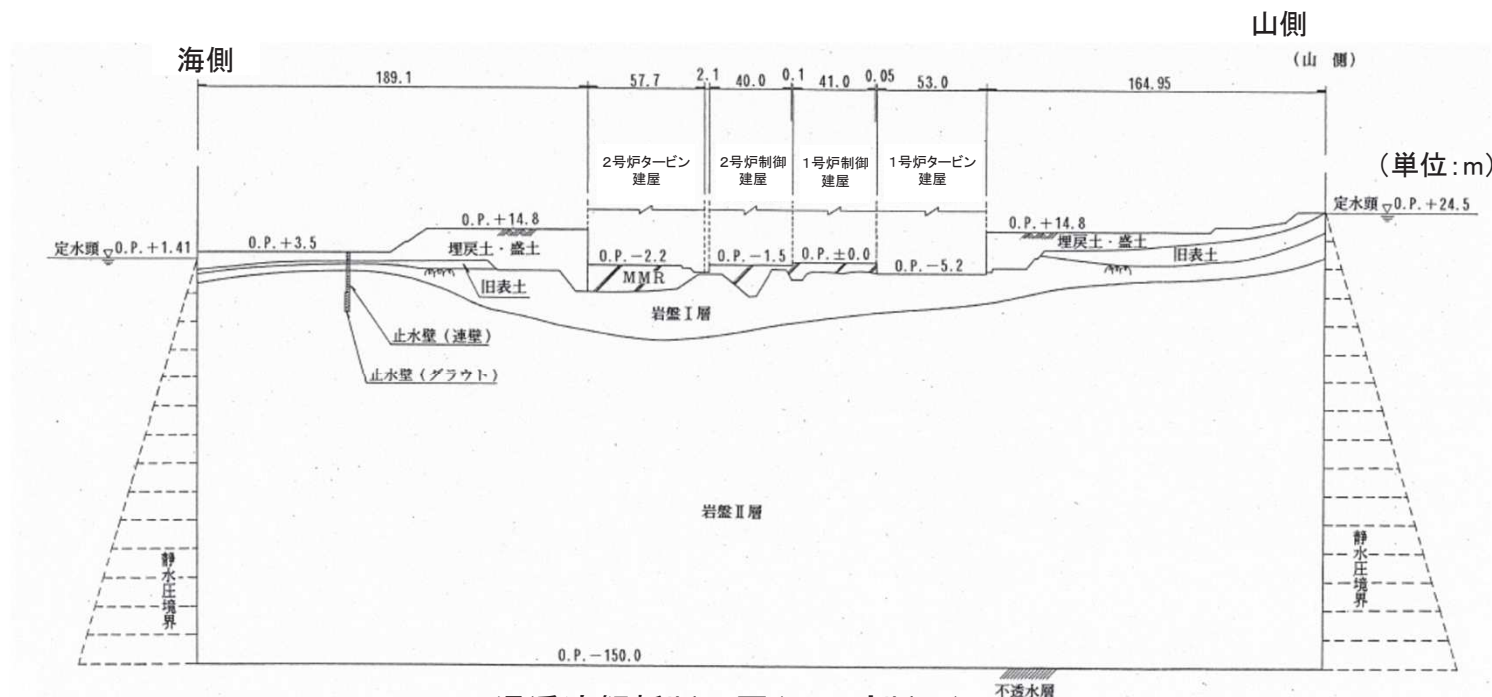
(単位: t/m²) ※

参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析 (3)解析結果 (間隙水圧分布②:B-B'断面)

第601回審査会合 (H30.7.17)
資料3-1-1 p.58 再掲

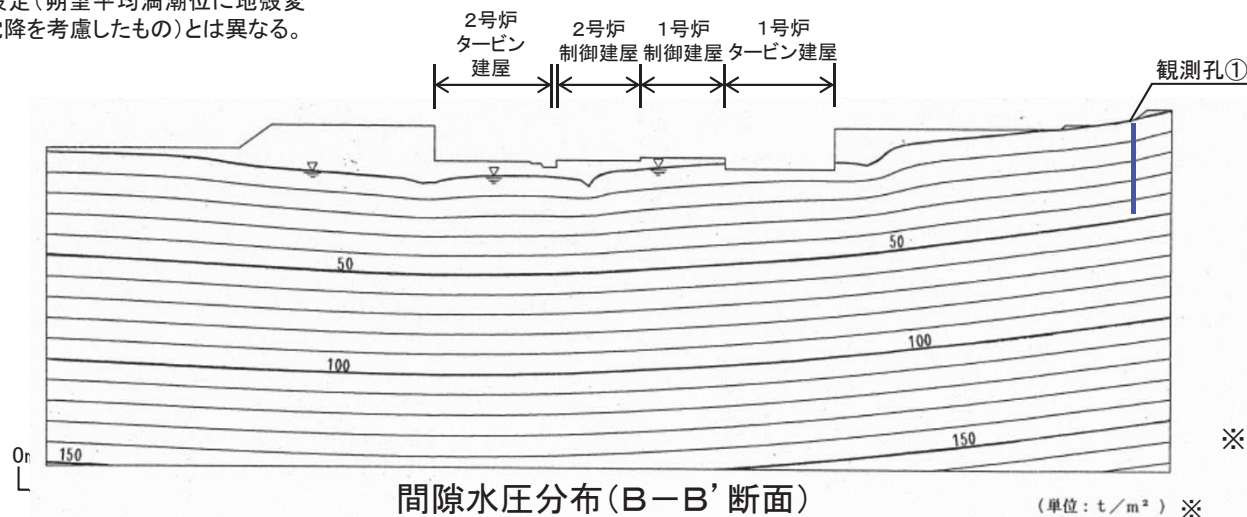
80

- ・ 解析断面とその結果(B-B'断面)を以下に示す。
- ・ ドレーンを設置している各主要建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。



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

浸透流解析断面図(B-B'断面)

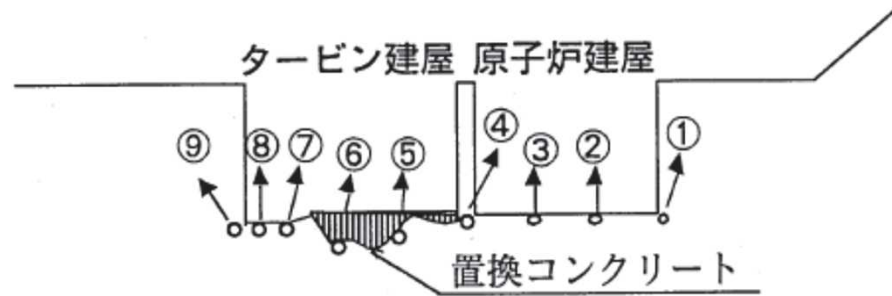


※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

- 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。



- ・ 二次元浸透流解析による湧水量を以下に示す。



(単位: $\ell/\text{min}/\text{m}$)

図-6.2 A-A断面

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

原子炉建屋及びタービン建屋

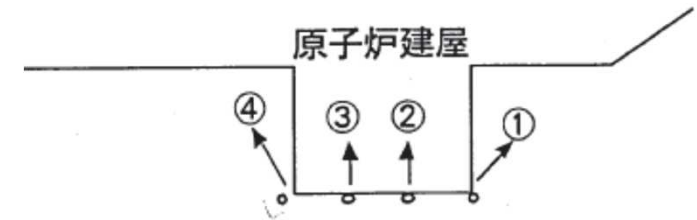


図-6.3 B-B断面

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

原子炉建屋

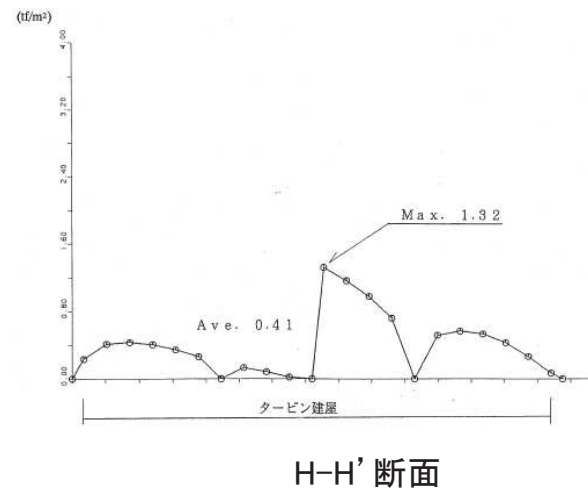
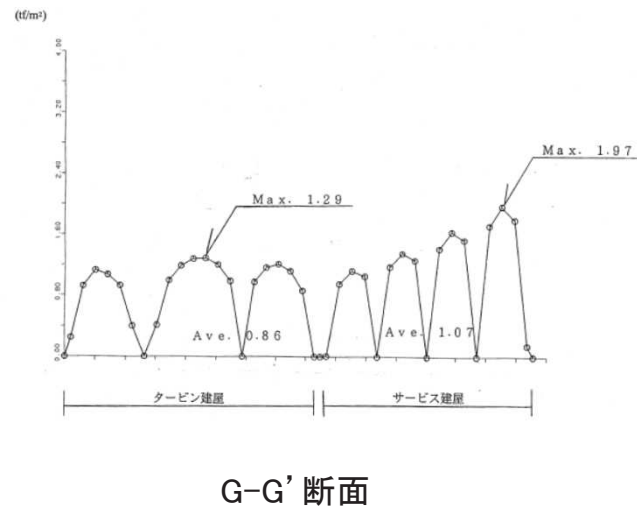
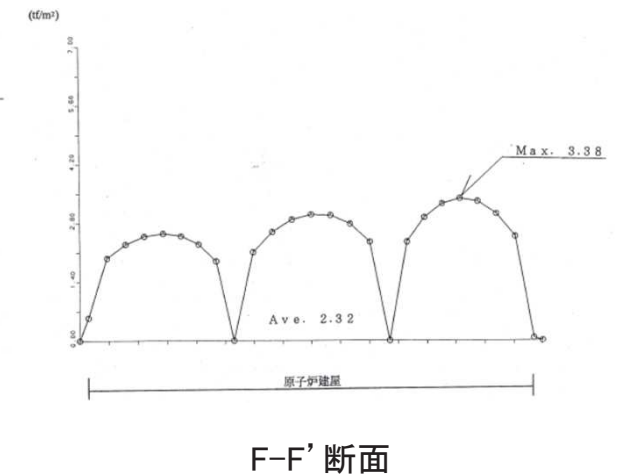
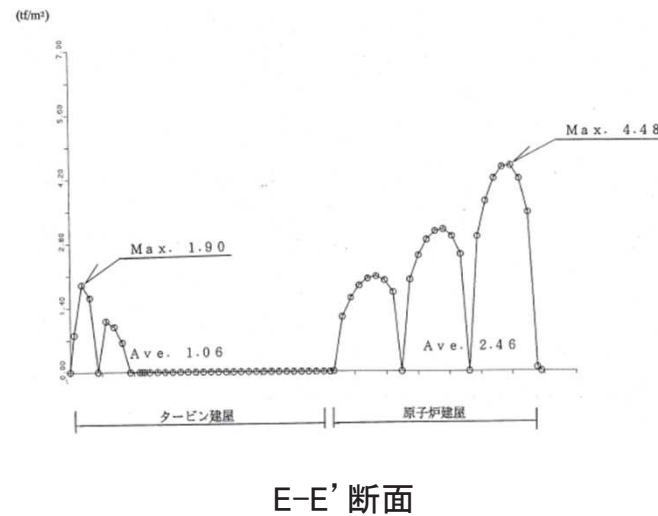
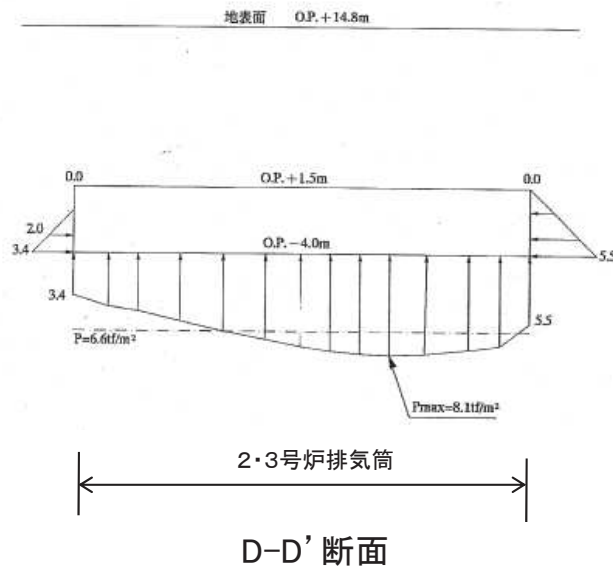
湧水量解析結果(3号炉)

参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析 (3)解析結果 (3号炉主要建屋の揚圧力)

第601回審査会合 (H30.7.17)
資料3-1-1 p.61 再掲

83

- 3号炉主要建屋における揚圧力の解析結果を以下に示す。



揚圧力分布図及び地下水面形

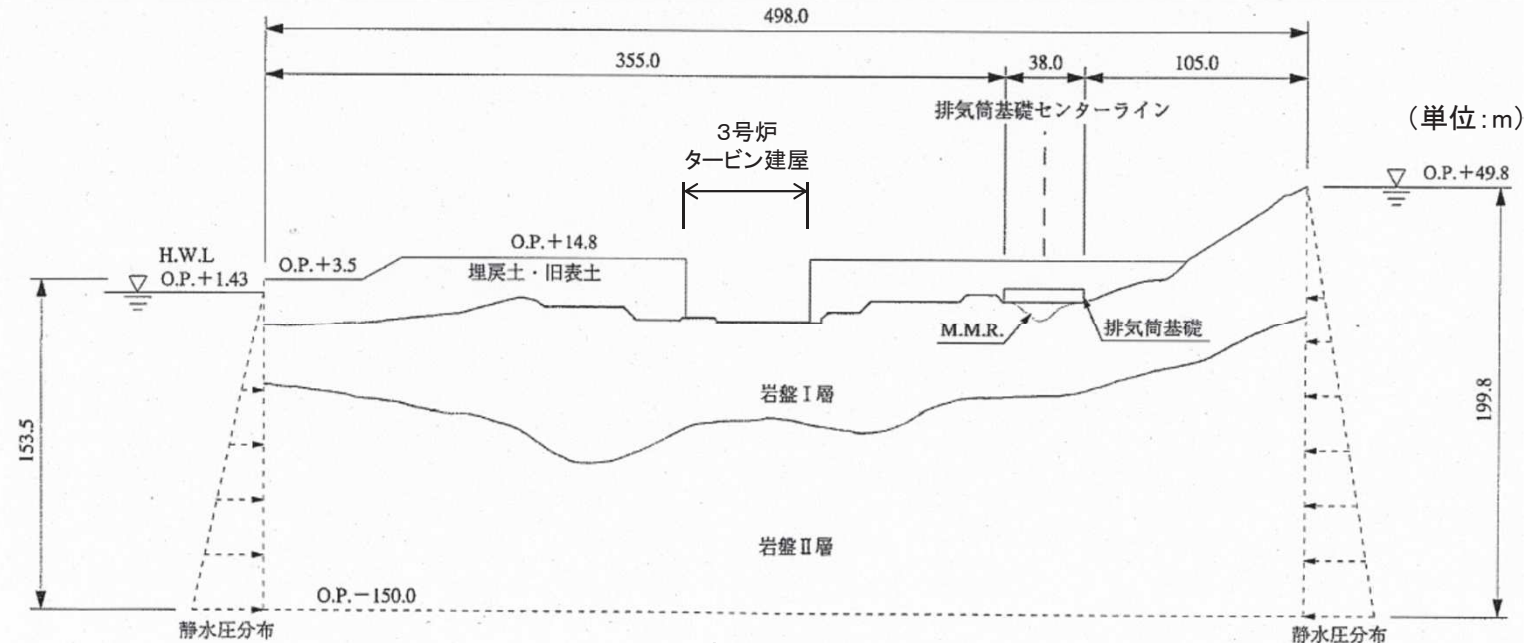
参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析

(3)解析結果 (間隙水圧分布①:D-D'断面)

第601回審査会合(H30.7.17)
資料3-1-1 p.62 再掲

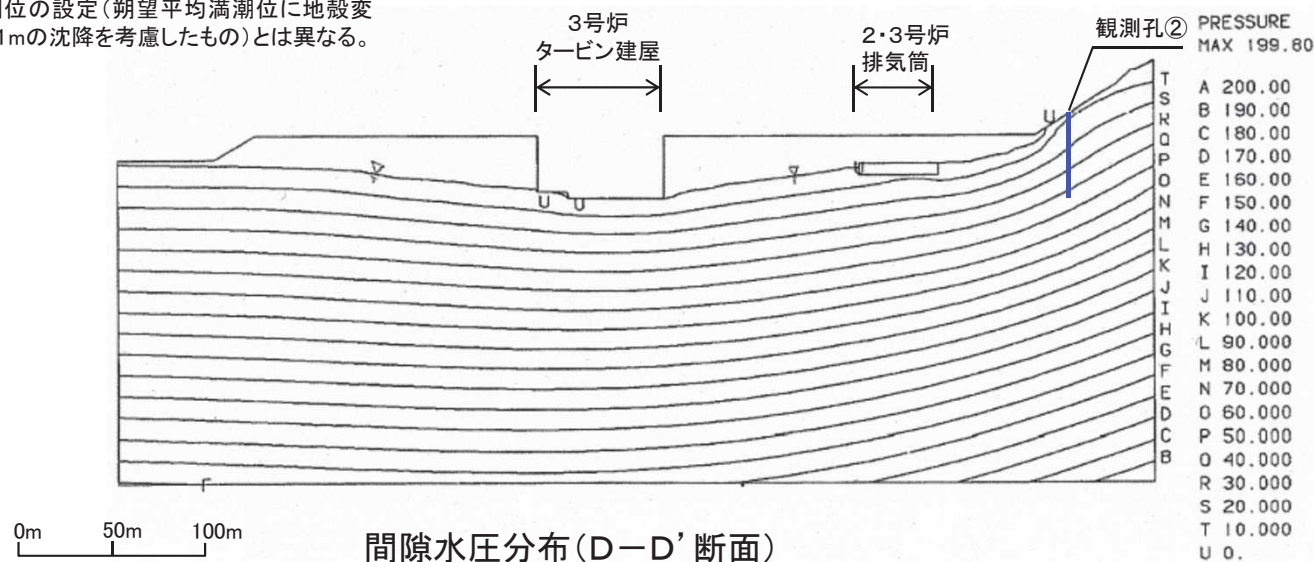
84

- ・ 解析断面とその結果(D-D'断面)を以下に示す。
- ・ ドレーンを設置している3号炉タービン建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。



浸透流解析断面図(D-D'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。



間隙水圧分布(D-D'断面)

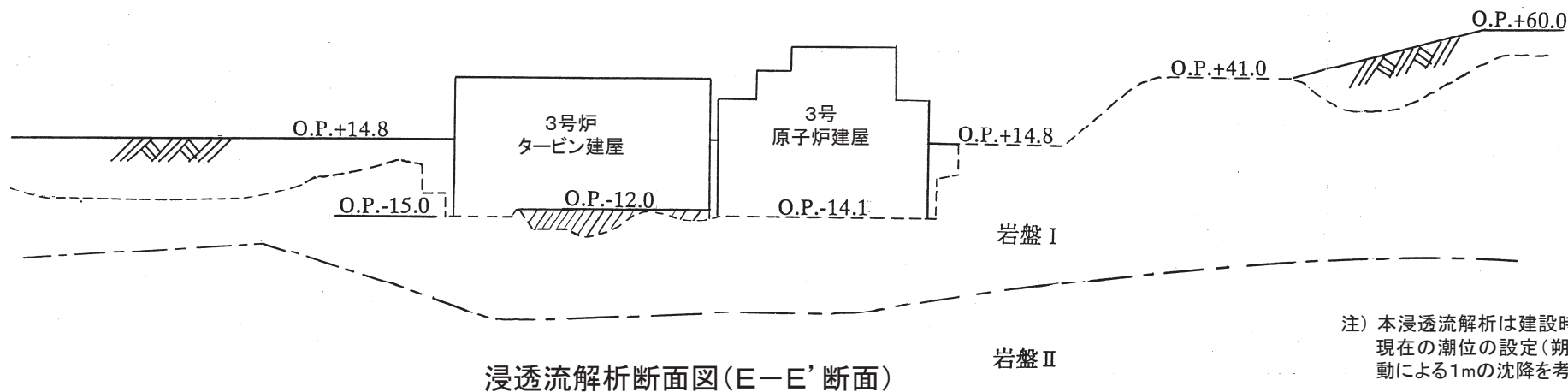
U：地下水位面

参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析 (3)解析結果 (間隙水圧分布①:E-E'断面)

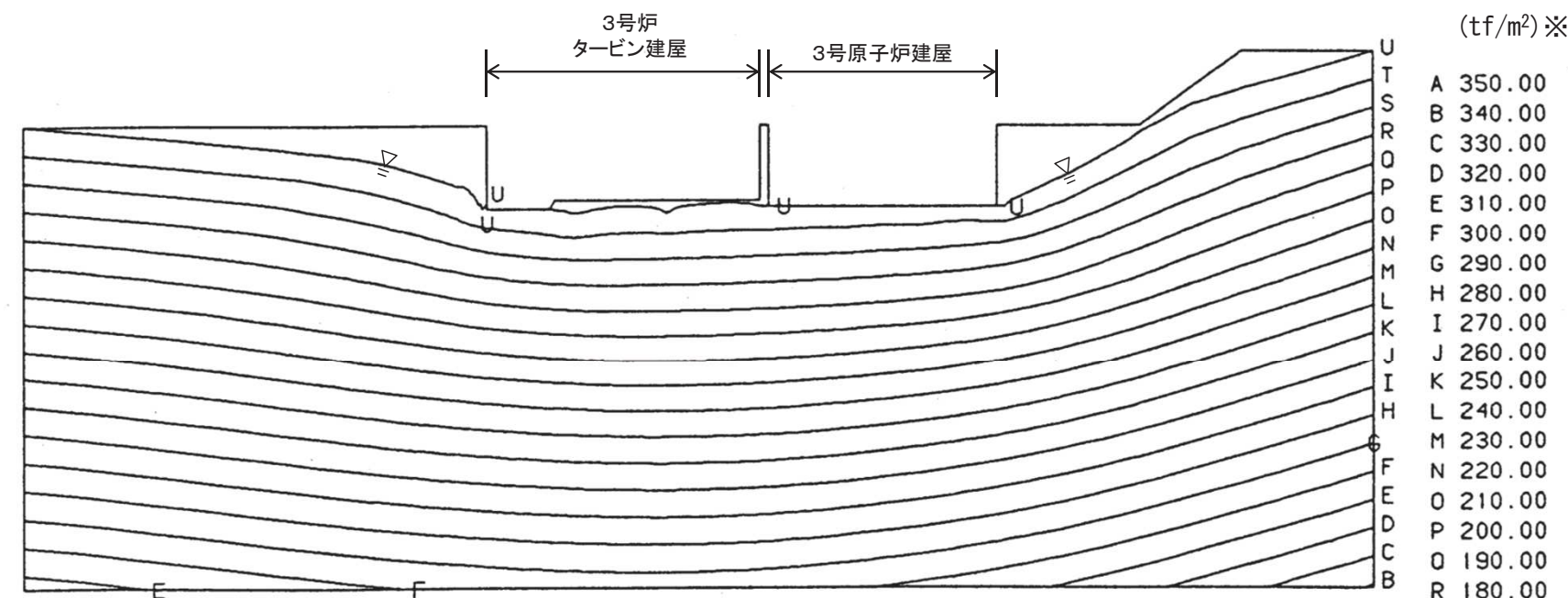
第601回審査会合(H30.7.17)
資料3-1-1 p.63 再掲

85

- ・ 解析断面とその結果(E-E'断面)を以下に示す。
- ・ ドレーンを設置している3号炉タービン建屋及び3号原子炉建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下している。



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



※: 解析時の報告書のため
従来単位系で表示

(tf/m²)※

U	350.00
T	340.00
S	330.00
R	320.00
Q	310.00
P	300.00
N	290.00
M	280.00
L	270.00
K	260.00
J	250.00
I	240.00
H	230.00
G	220.00
F	210.00
E	200.00
D	190.00
C	180.00
B	170.00
A	160.00
U	150.00

U: 地下水位面
(U=150.00を大気圧相当とする。)

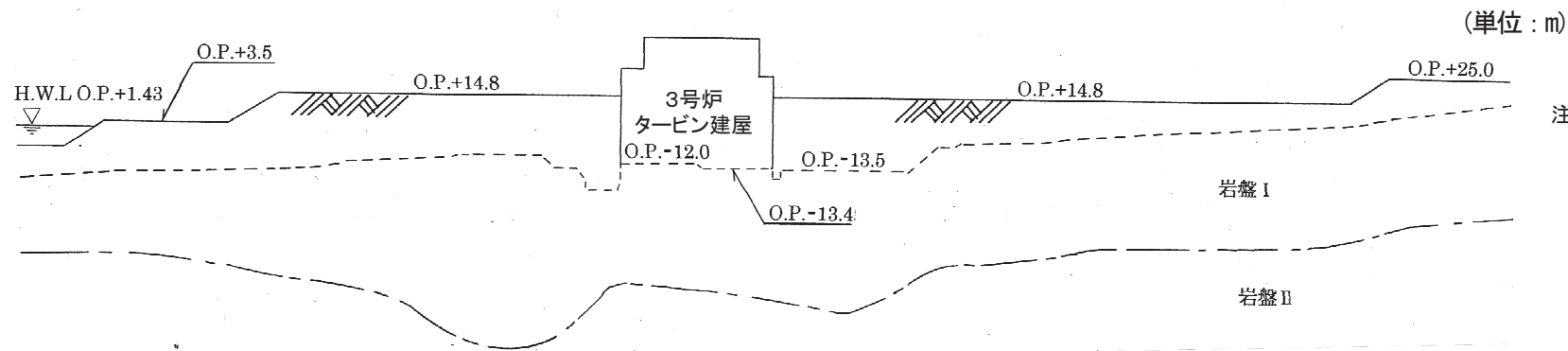
0m 50m 100m

参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析 (3)解析結果 (間隙水圧分布①:F-F'断面)

第601回審査会合(H30.7.17)
資料3-1-1 p.64 再掲

86

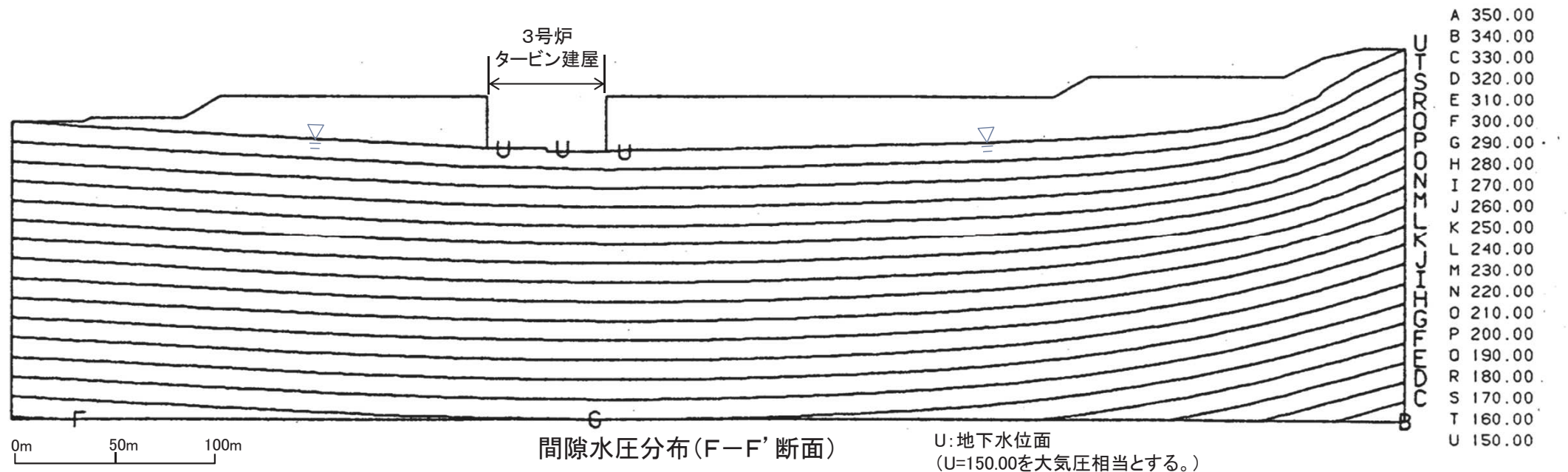
- ・ 解析断面とその結果(F-F'断面)を以下に示す。
- ・ ドレーンを設置している3号炉タービン建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。



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。

※: 解析時の報告書のため
従来単位系で表示

浸透流解析断面図(F-F'断面)



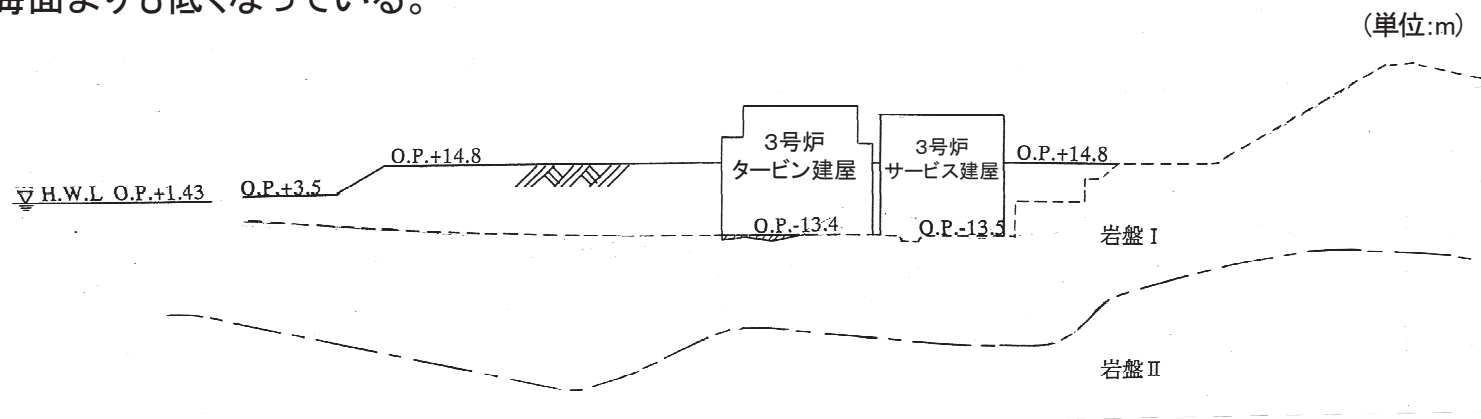
参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析 (3)解析結果 (間隙水圧分布①:G-G'断面)

第601回審査会合(H30.7.17)

資料3-1-1 p.65 再掲

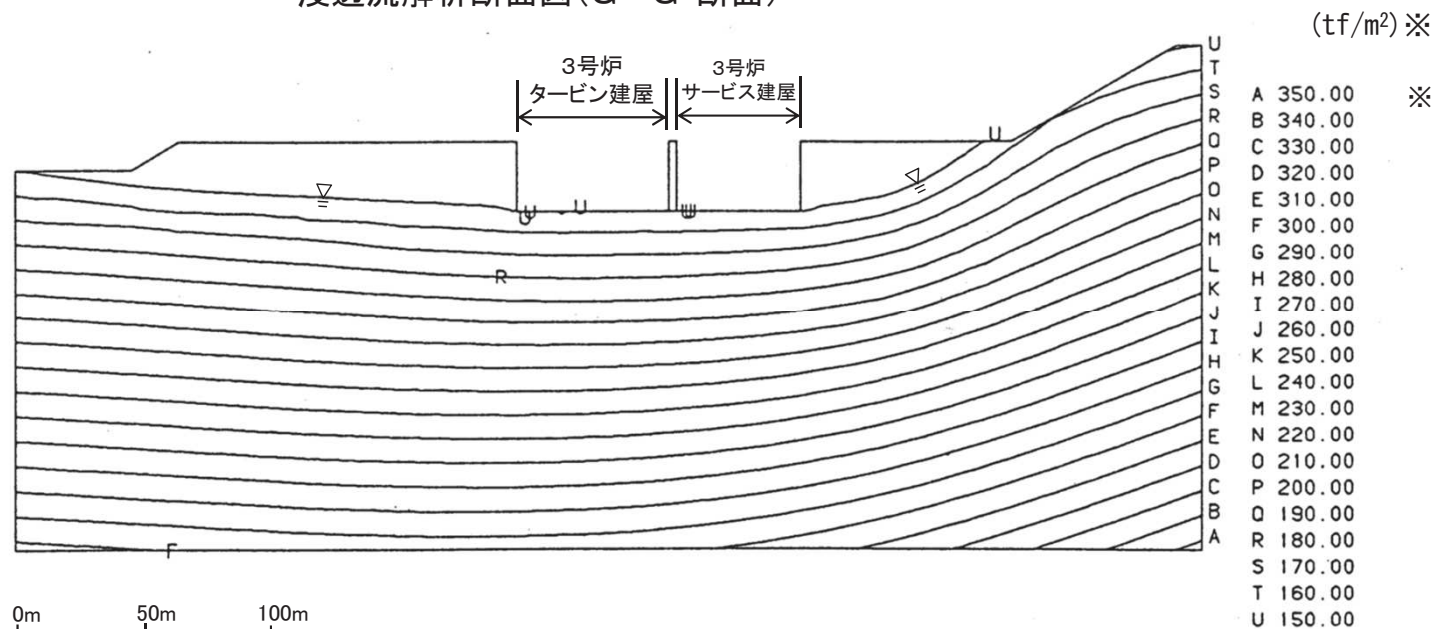
87

- 解析断面とその結果(G-G'断面)を以下に示す。
- ドレーンを設置している3号炉タービン建屋及び3号炉サービス建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。



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。

浸透流解析断面図(G-G'断面)



※: 解析時の報告書のため
従来単位系で表示

U: 地下水位面
(U=150.00を大気圧相当とする。)

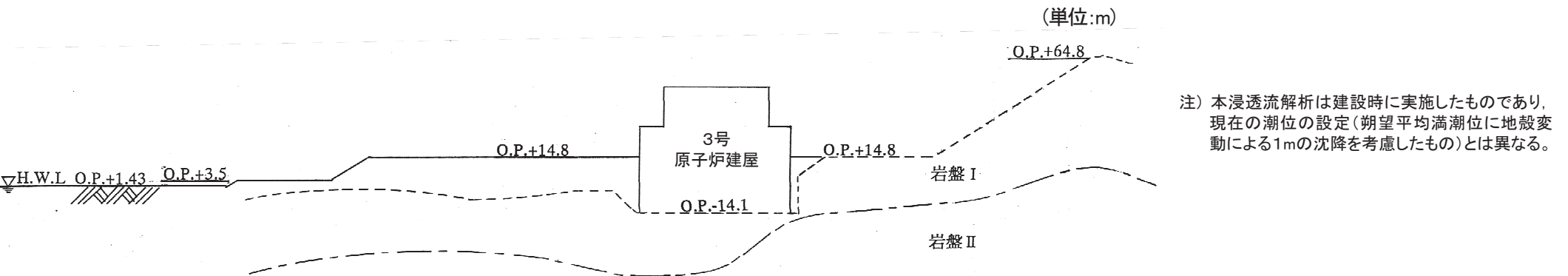
間隙水圧分布(G-G'断面)

参考資料1 建設時工認段階の浸透流解析 (3)解析結果 (間隙水圧分布①:H-H'断面)

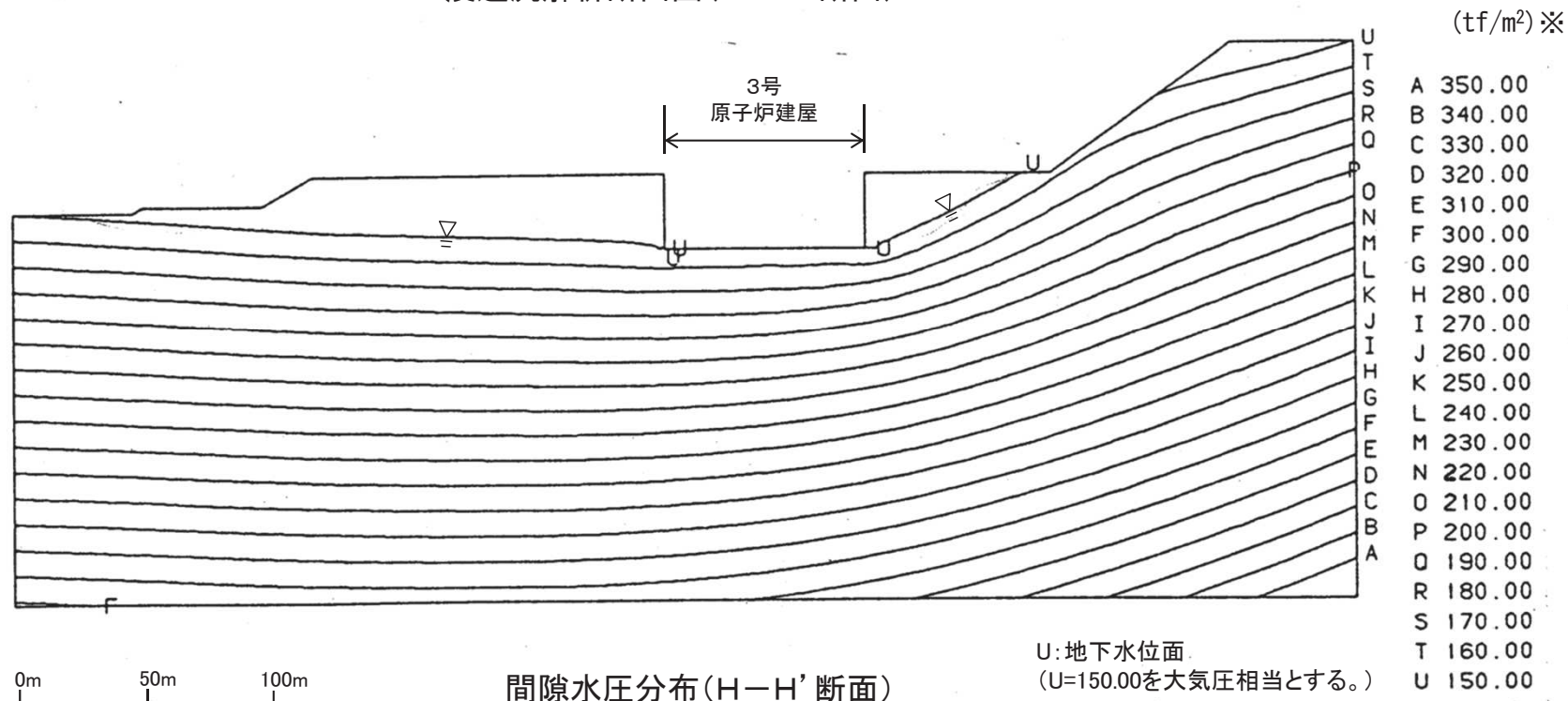
第601回審査会合 (H30.7.17)
資料3-1-1 p.66 再掲

88

- ・ 解析断面とその結果(H-H'断面)を以下に示す。
- ・ ドレーンを設置している3号原子炉建屋の基礎に向かって周囲の地下水位は低下しており、海面よりも低くなっている。



浸透流解析断面図(H-H'断面)

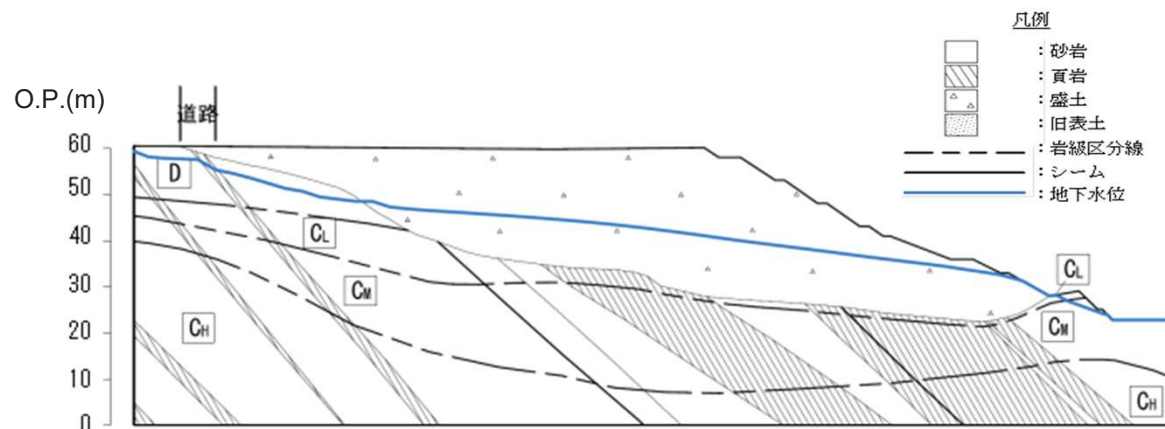


(tf/m²)※

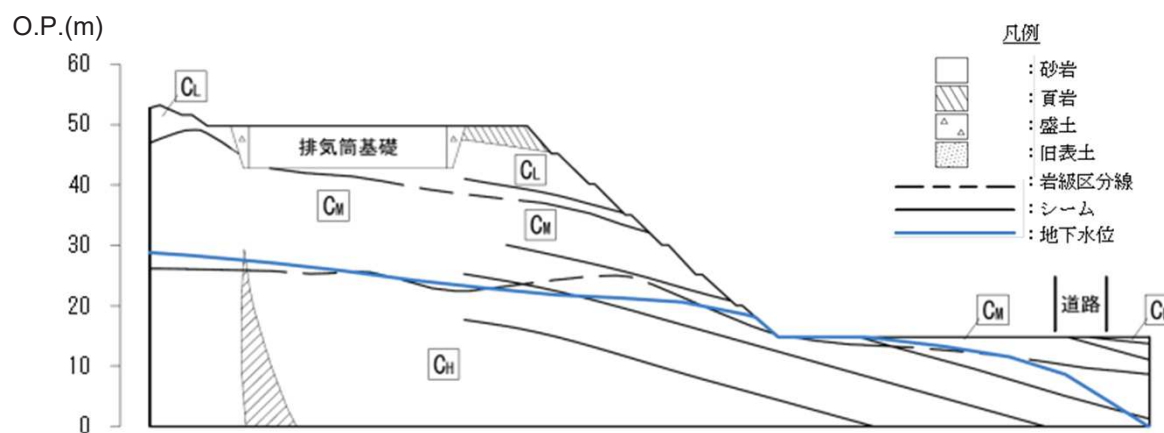
A	350.00
B	340.00
C	330.00
D	320.00
E	310.00
F	300.00
G	290.00
H	280.00
I	270.00
J	260.00
K	250.00
L	240.00
M	230.00
N	220.00
O	210.00
P	200.00
Q	190.00
R	180.00
S	170.00
T	160.00
U	150.00

※: 解析時の報告書のため
従来単位系で表示

- ・ 浸透流解析の結果(I-I', J-J' 断面)を以下に示す。
- ・ ドレーンを設置している主要建屋方向(下図の右側)に向かって地下水位は低下している。



浸透流解析断面及び解析結果(I-I' 断面)

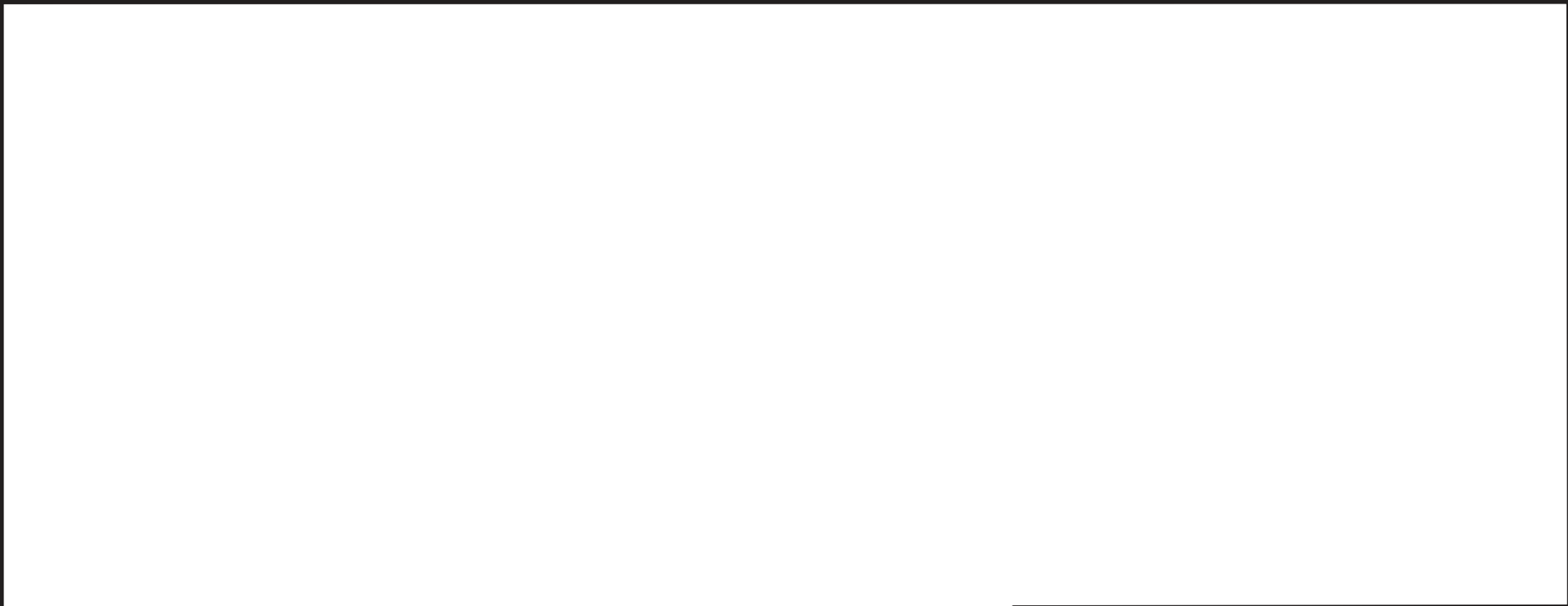


浸透流解析断面及び解析結果(J-J' 断面)

参考資料2 構内排水路の概要

(第601回審査会合(H30.7.17) 資料3-1-1再掲)

- 発電所の敷地は、分水嶺を境に北側と南側の集水エリアに大別できる(右下図の緑が北側、紫が南側の集水エリア)ことから、これに対応して幹線排水路を配置しており、降雨の際の表面水を構内排水路を通じて幹線排水路へ集水し、海へ排水することとしている。
- 幹線排水路の排水能力は、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。



排水路名	仕 様	91.0mm/h降水時の 雨水流入量[m ³ /s]	排水可能 流量 [m ³ /s]
北側 排水路	ボックスカルバート B3000 , H2500	9.4	51.16
南側 排水路	ダブルプレスト管 Φ1000×3	9.5	16.23

参考資料3

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647回審査会合(H30.11.6) 資料2-2-2再掲)

(1)領域とモデル化範囲

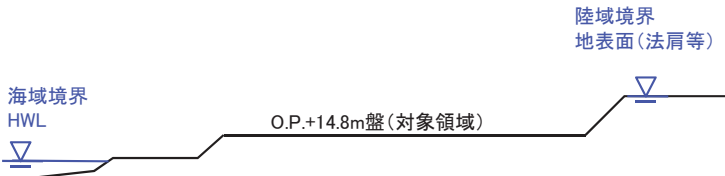
- 施設が配置される主要エリア(O.P.+14.8m盤周辺)を対象とし、解析領域は周辺法面等を含む。
- 領域内の構造物※、地下水位低下設備をモデル化し、敷地造成時における掘削・埋戻しを反映する。
- 防潮堤下部の状態は現況(防潮堤下に盛土・旧表土が存在) 及び防潮堤下部の沈下対策後(防潮堤下の地盤改良・前面の置換コンクリートは有)とする。

※: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。

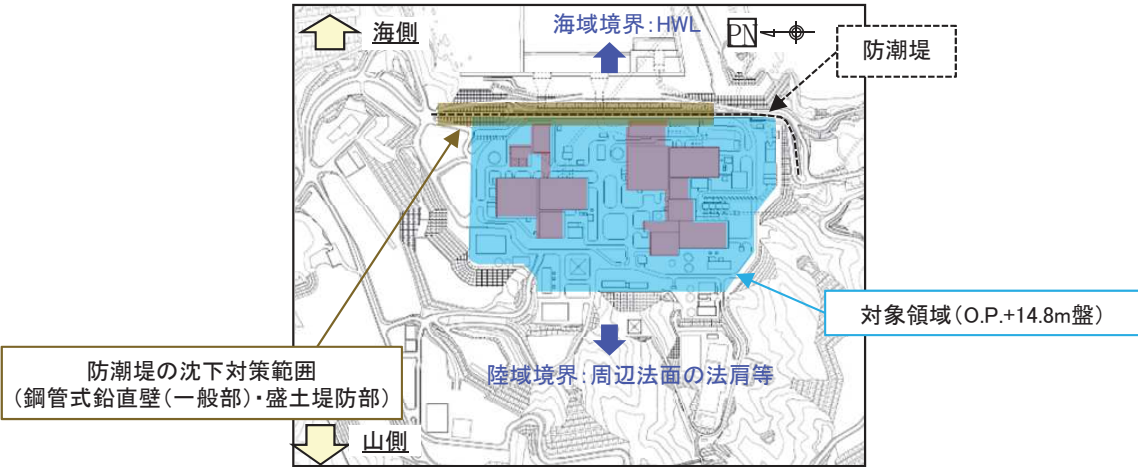
(2)透水係数

- 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)



(a) 断面



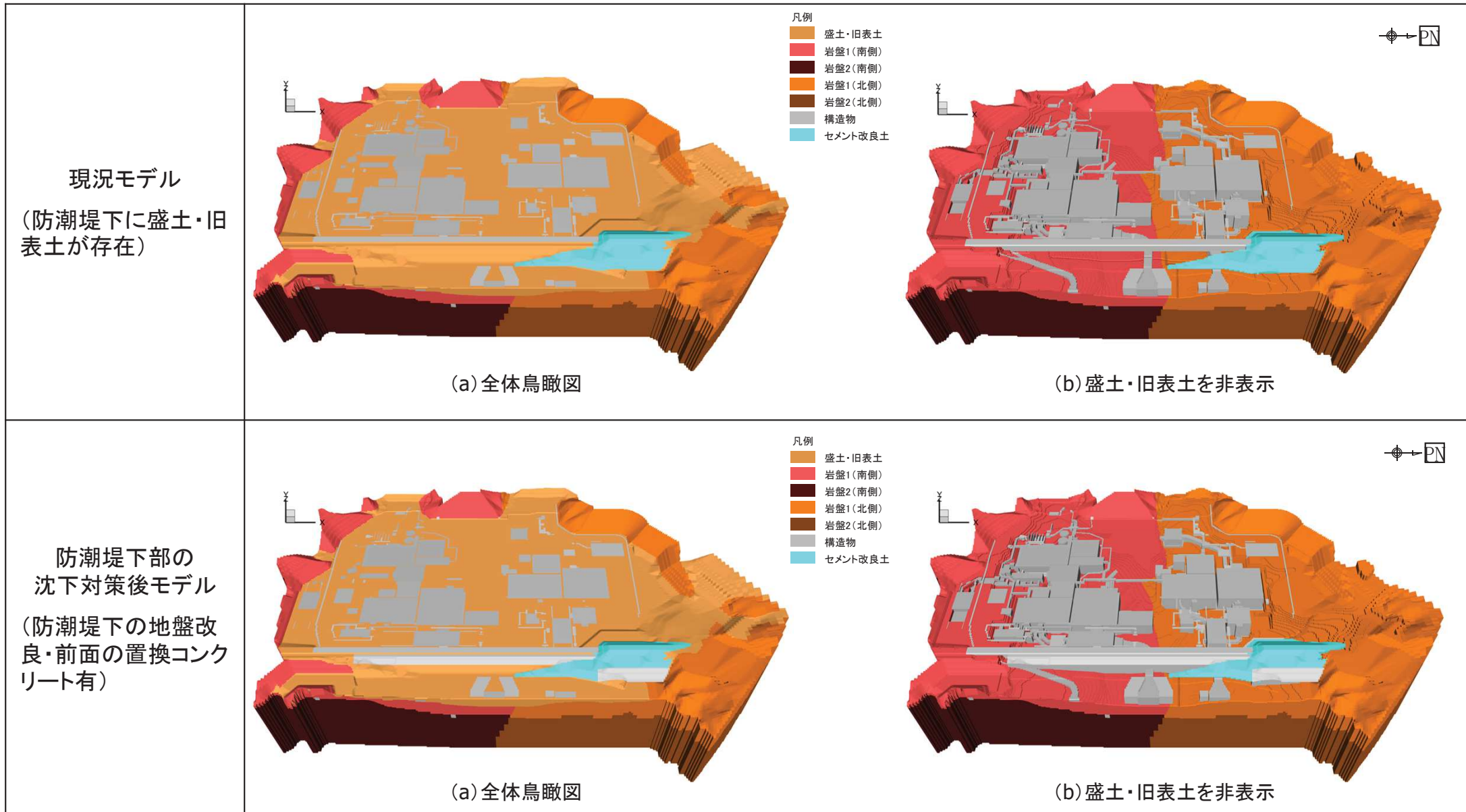
(b) 平面

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
 - 陸域: 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)

- 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。



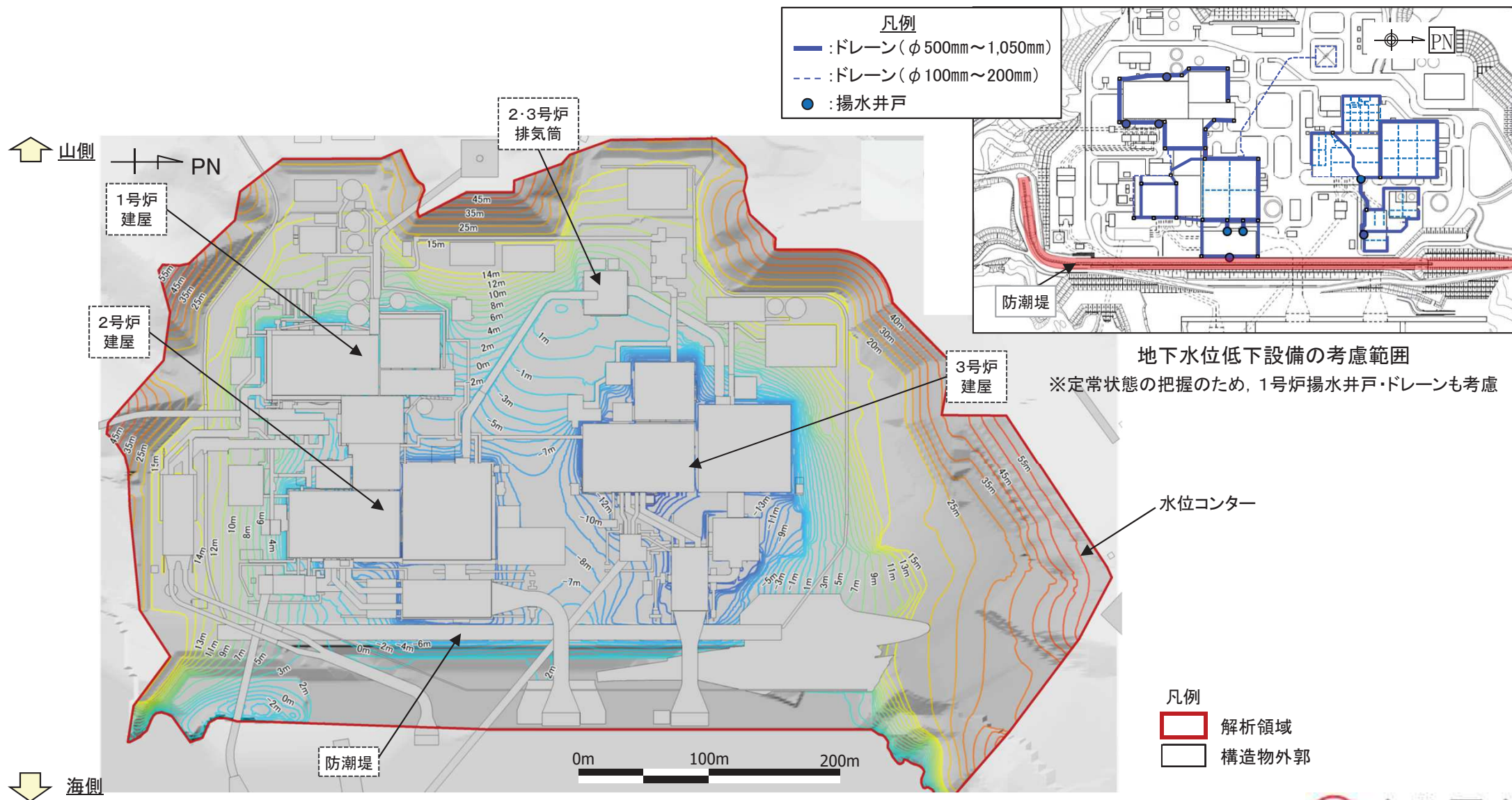
三次元浸透流解析モデル鳥瞰図

-

三次元浸透流解析結果(定常状態・現況モデル)

(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。

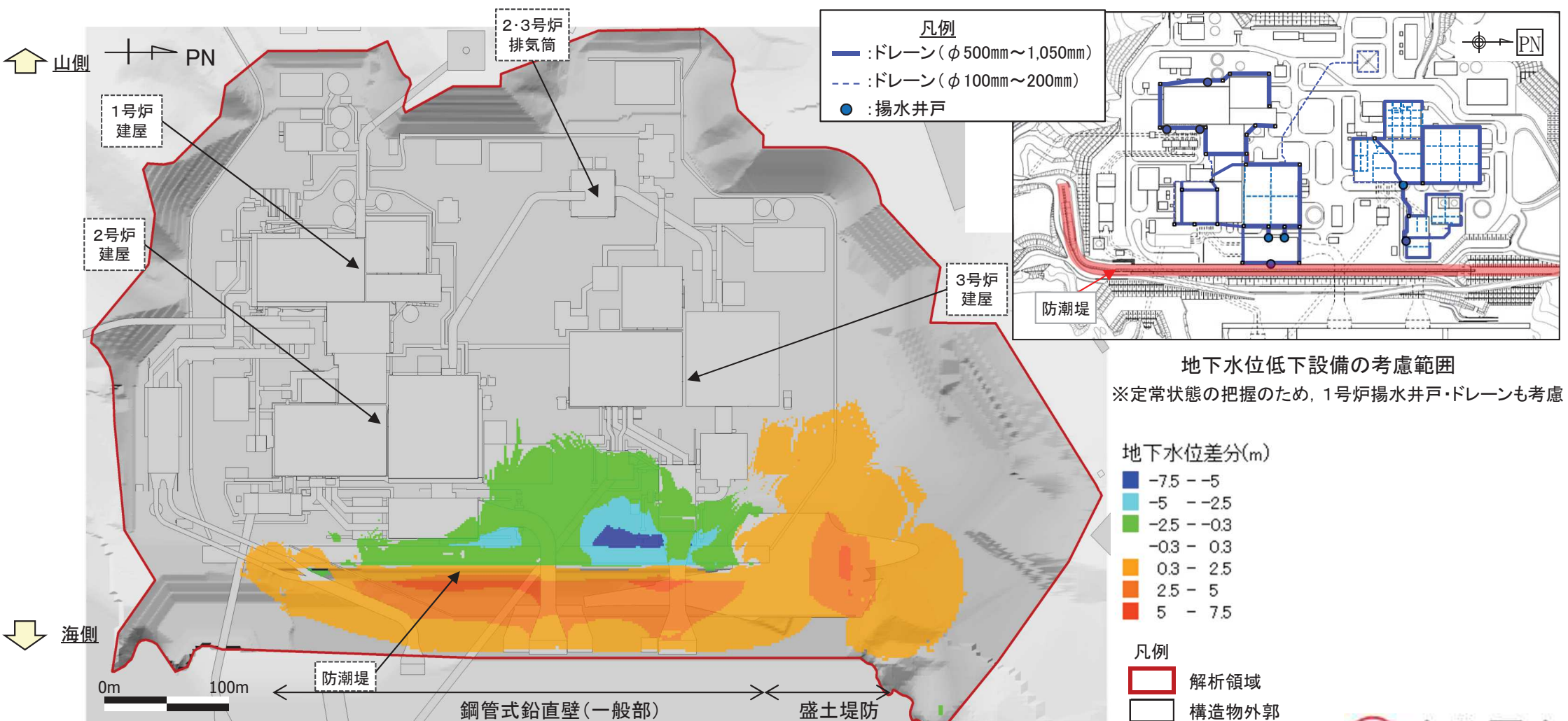


三次元浸透流解析結果(定常状態・沈下対策後モデル)

(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

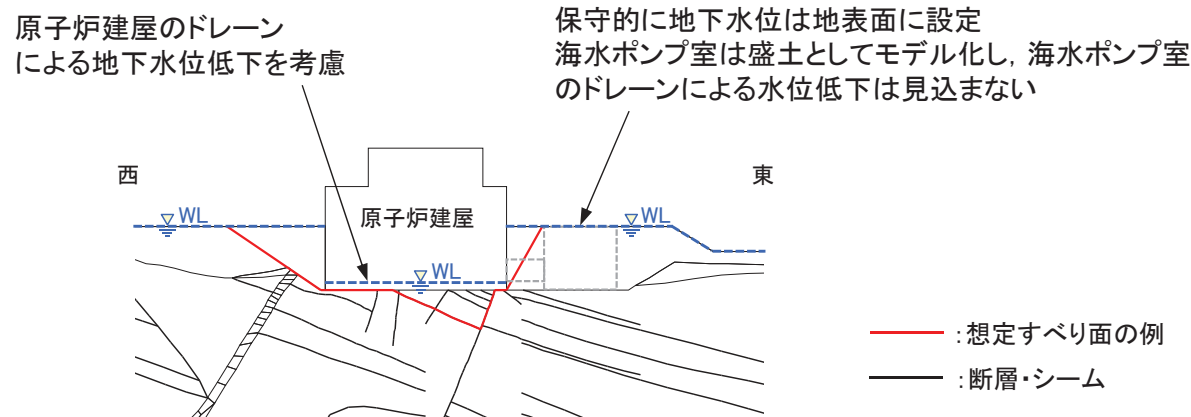
参考資料4

基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方

(第601回審査会合(H30.7.17) 資料3-1-1修正)

(1)地下水位の設定方針

- 増設時の設置許可では、基礎地盤の安定性評価で設定する地下水位は、地下水位低下設備を設置した原子炉建屋部分で地下水位の低下を見込むものの、地盤の地下水位は保守的に地表面に設定していた。
- 地下水位を地表面とする理由は、地下水位を高く設定する方が、地盤のせん断強度が小さく評価され、保守的となるためである。
- また、敷地全体を包含して地盤の安定性を評価するため、原子炉建屋以外の地下水位は地表面とし、かつ構造物も盛土としてモデル化し構造物の強度を見込まないことで、保守的な評価としている。
- したがって、本適合性審査においても既往の地下水位設定を踏襲し、保守的に地表面に設定することとする。



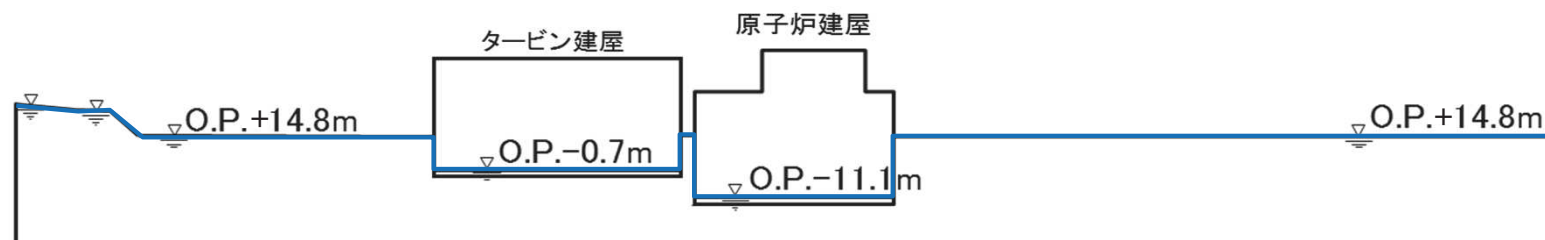
(参考) 地盤の強度に及ぼす地下水位の影響

$$\tau = \tau_0 + (\sigma - u) \cdot \tan \phi$$

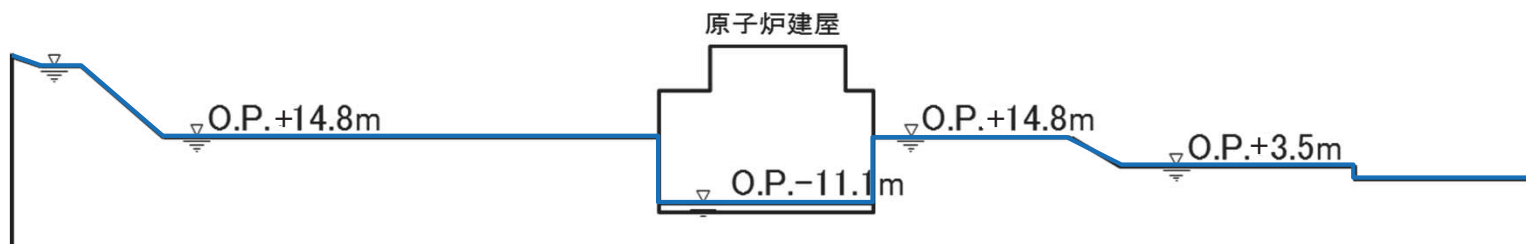
τ : 地盤の強度
 τ_0 : 地盤のせん断強度
 σ : 拘束圧
 u : 間隙水圧
 ϕ : 内部摩擦角

- 地盤の地下水位は保守的な評価として地表面とし、建屋の地下水位はドレーンの配置を踏まえて基礎マット中央高さとする。

【X-X' 断面】

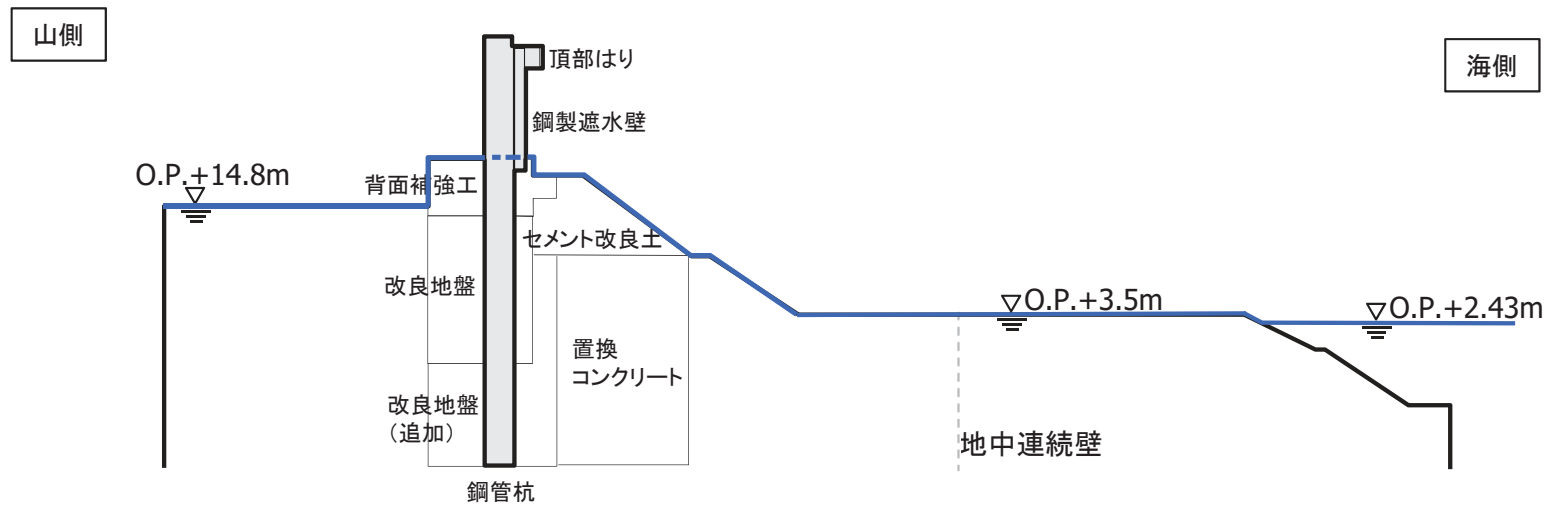


【Y-Y' 断面】



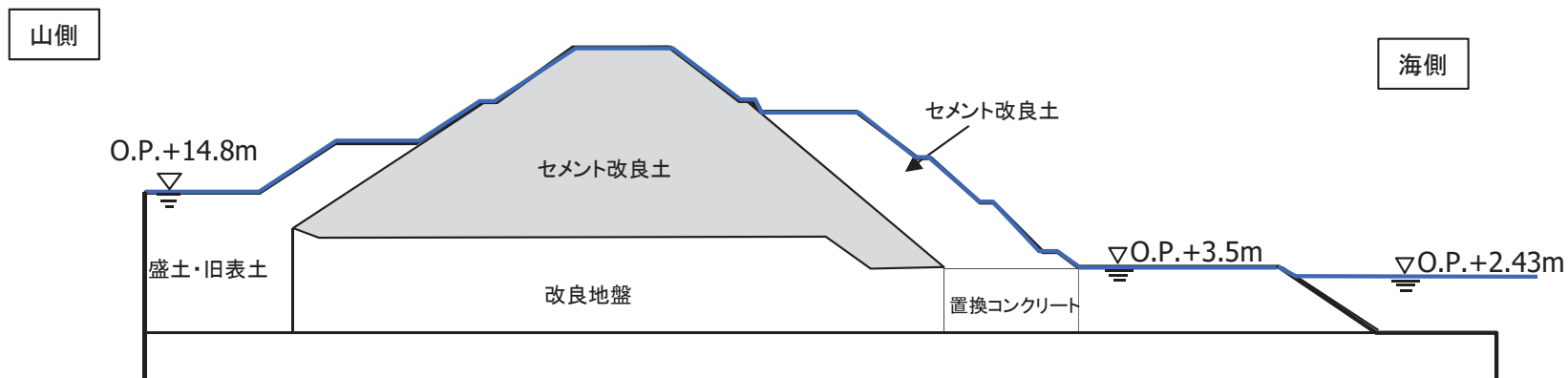
【鋼管式鉛直壁】

- 地盤の地下水位は保守的な評価として地表面に設定する。



【盛土堤防部】

- 地盤の地下水位は保守的な評価として地表面に設定する。



参考資料4 基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方
(4)参考 防潮堤の構造成立性評価における地下水位設定との比較

	地下水位の設定		備考
規則第3条 (基礎地盤の安定性評価)	鋼管式鉛直壁 (一般部)		改良地盤に支持する構造物の代表であり保守的な設定
	盛土堤防		同上
規則第4,5条 (構造成立性評価)	鋼管式鉛直壁 (一般部)		(山側) 海側同様、朔望平均満潮位 (HWL)※1に設定 (海側) 朔望平均満潮位
	盛土堤防		(山側) 地表面に設定 (セメント改良土もO.P.+14.8mに設定) (海側) 朔望平均満潮位

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