

女川原子力発電所2号炉 地下水位の設定について

平成30年7月17日
東北電力株式会社

1. 地下水位の設定の概要	2
1.1 基本的な考え方	3
1.2 地下水位低下設備の申請上の位置付け	5
1.3 各審査段階における提示内容	8
2. 敷地の水文環境	9
3. 地下水位低下設備	11
3.1 地下水位低下設備の概要	12
3.2 Ss地震後の対応	21
3.3 内部溢水における説明内容(参考)	25
3.4 地下水位低下設備のまとめ	27
4. 浸透流解析	28
4.1 既往の浸透流解析	29
4.2 防潮堤の影響	40
4.3 三次元浸透流解析	41
5. 各施設の地下水位の設定	47
補足説明資料	
補足説明資料1 排水路の概要	53
補足説明資料2 既往の浸透流解析の結果	55
補足説明資料3 基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方	68


1. 地下水位の設定の概要

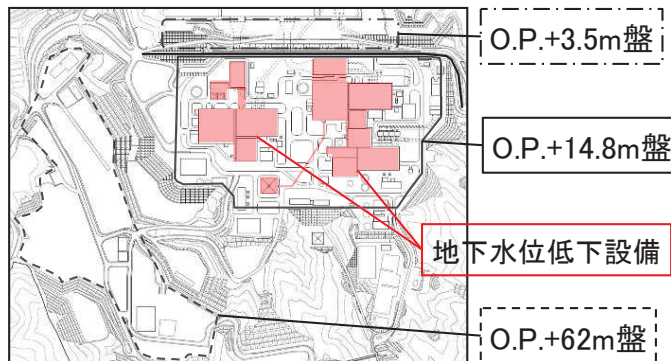
- 1. 1 基本的な考え方
- 1. 2 地下水位低下設備の申請上の位置付け
- 1. 3 各審査段階における提示内容

1.1 基本的な考え方 (1/2)

- 地下水位の設定は、①地表面及び②朔望平均満潮位、③解析等※によるものとし、地形や地下水の流動場を適切に反映することが重要である。また、各条文への適合性を確認する上で、適切な保守性を確保する必要がある。
- 設置許可段階における規則第3.38条1項については、敷地の各エリアを代表する施設にて評価を行うことから、地表面に設定することで評価の保守性を確保する。また、その他の条文に対する個別施設の評価においては、①～③より適切な保守性を有する地下水位の設定方法を選択する。

地下水位の設定における基本的な考え方

設定方法	地下水位低下設備		特徴	適用例 (参考)
	設備効果	隣接号炉の設備効果		
①地表面	見込まない	見込まない	簡便で保守的  詳細で現実的	O.P.+62m盤及び O.P.+14.8m盤
②朔望平均満潮位 (海域に接している場合など)				O.P.+14.8m盤及び O.P.+3.5m盤
③解析等	見込む	見込む		敷地全域
	③-1 二次元浸透流解析			
	③-2 三次元浸透流解析			



※ ③を適用する場合は解析等の保守性を確認できること、解析等に地下水位低下設備を見込む場合は信頼性が確認されていることが前提となる。また、③による場合、一般的に二次元浸透流解析に比べて三次元浸透流解析の方がより詳細で現実的な評価となる。

注 O.P.+62mの緊急時対策建屋は
地下水位低下設備を設置予定である。

1. 地下水位の設定の概要

1.1 基本的な考え方 (2/2)

- 設置許可段階における規則第3,38条1項とその他の条文への適合性について以下に示す。

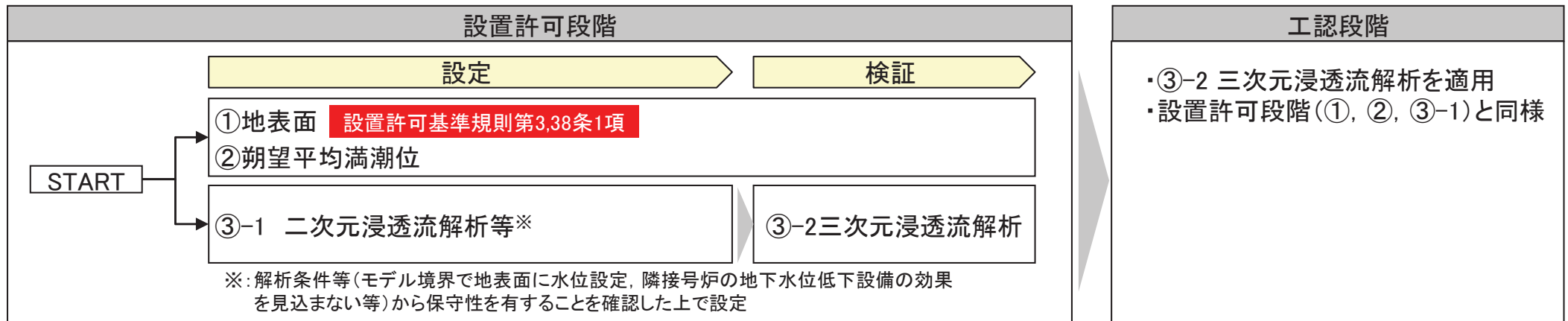
【設置許可段階における規則第3,38条1項への適合性】

- 敷地の各エリアより基礎構造に着目し代表施設を選定・評価する方針であることから、代表性を考慮し、地下水位を地表面に設定することで保守性を確保する。

【その他の条文への適合性】

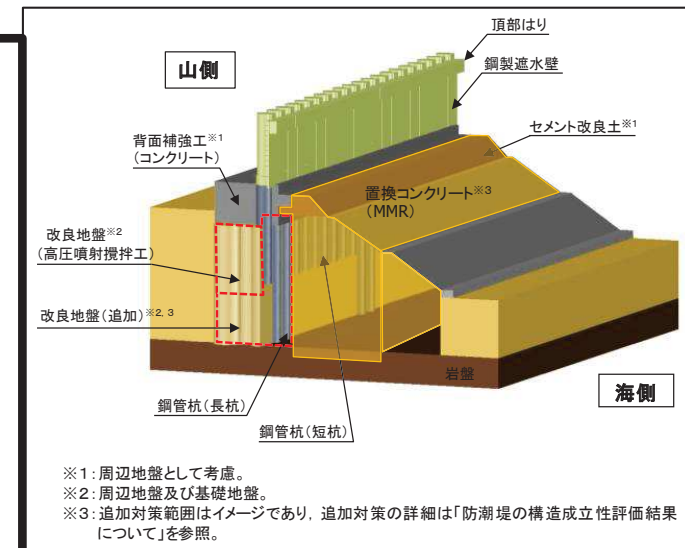
- 前頁①～③より、適切な保守性を有する地下水位の設定方法を選択する。
- 地下水位の設定においては、地形や地下水の流動場を適切に反映することが重要であることから、解析等(③)による場合はこれらを踏まえた解析手法・モデルを選択する。また、解析条件の設定等により、保守性を確保する。
- 設置許可段階においては既往の二次元浸透流解析(③-1)等を参照する場合があるが、解析条件等の保守性や、前提条件の妥当性(地下水位低下設備の信頼性)を確認した上で適用する。
- また、防潮堤直下の地盤改良を反映した三次元浸透流解析(③-2)を実施し、より詳細な流動場の情報を得た上で、設置許可段階では既往の二次元浸透流解析等により設定した地下水位の保守性が損なわれないことを検証するとともに、工認段階では三次元浸透流解析に基づく地下水位の設定を検討していく。

地下水位の設定フロー

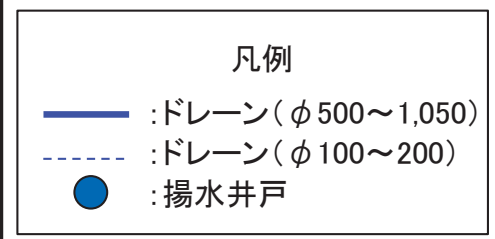


1.2 地下水位低下設備の申請上の位置付け(1/3)

- 防潮堤直下を地盤改良することにより、女川原子力発電所敷地内の地下水の流れは防潮堤直下で堰き止められることとなり、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、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ことから、この設備の効果によって、地下水位の上昇は抑制される。
- 地下水位の上昇を抑制することは、地盤の液状化の影響を緩和することに繋がると考えられる。すなわち、この地下水位低下設備は防潮堤直下の地盤改良により上昇する可能性のある地下水位を抑制し、液状化に伴う周辺地盤の変状(規則第3条2項に関連)を緩和するために必要な設備であると解釈される。



第589回審査会合(平成30年6月19日)資料1-1-2
 「女川原子力発電所2号炉 防潮堤の設計方針について」抜粋

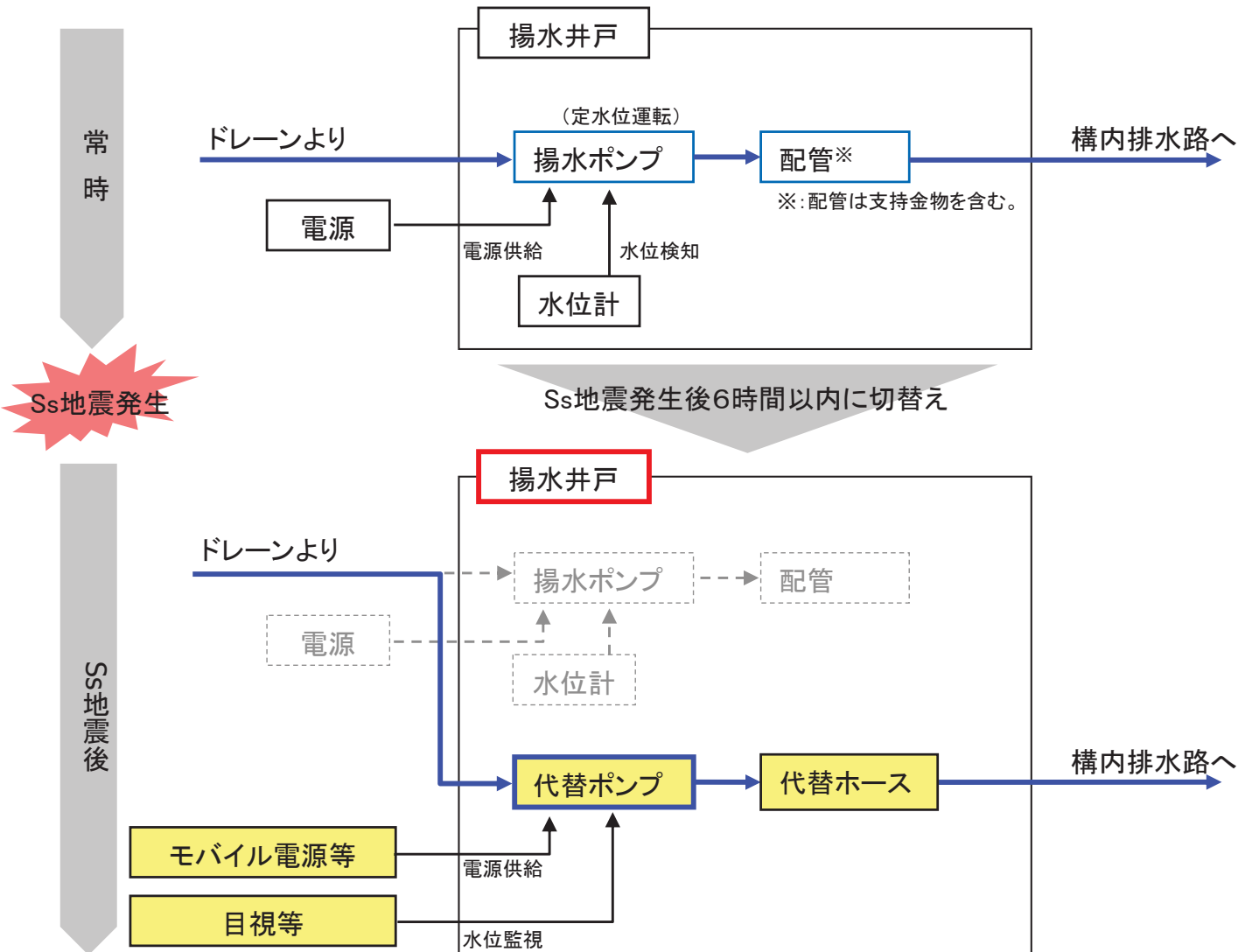


枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

1. 地下水位の設定の概要

1.2 地下水位低下設備の申請上の位置付け(2/3)

- 一方、地下水位の上昇速度は緩やかであり、揚水井戸がその機能を維持する限り、揚水ポンプを代替ポンプに切替えることにより地下水位の水位上昇が抑制される状態を保つことが可能である。



地下水位の上昇抑制機能を維持する上で、揚水井戸の耐震性(Ss機能維持)を確保する必要がある。また、Ss地震後に切替える代替ポンプの能力確保並びに切替作業の体制・手順が確立され、資機材が確保されていることが必要である。

前提条件と確認内容

- 内空が確保されることを前提
⇒揚水井戸の耐震性(Ss機能維持)
- 水位低下できる能力を有する前提
⇒代替ポンプの排水能力
- 一定時間内での切替えを前提
⇒ポンプ切替作業の成立性
⇒体制・手順, 資機材の整備方針

1.2 地下水位低下設備の申請上の位置付け(3/3)

- 以上のことから、地下水位低下設備は規則第3条2項(液状化)の適合に必要な設備であることから、設計基準対象施設(以下、DB施設)として位置付ける。ただし、揚水井戸(揚水ポンプ、配管、電源及び水位計を含む)及びドレーンについて、DB登録する範囲を三次元浸透流解析の結果等から今後検討する。
- 地下水位低下設備を期待しない場合の影響(地下水位の上昇)が緩やかであり、代替ポンプに切替ることで地下水位低下設備の機能は維持されることから、地下水位低下設備の耐震重要度分類はCクラスとして位置付ける。ただし、地下水位の上昇抑制機能を維持する上で重要となる揚水井戸については、Ss機能維持を要求性能とする。
- なお、規則第3条2項に該当する安全機能は存在しないことから、揚水井戸は安全施設ではないため、重要度分類指針上の機能とクラス分けは適用しない。

地下水位低下設備の
従前の申請上の位置付け(1~3号炉)

	設計基準 対象施設	耐震重要度分類
ドレーン	—※	—
揚水井戸	—※	—
揚水ポンプ	—※	—
配管	—※	—
電源	—	—
水位計	—	—

規則第3条2項適合に必要な地下水位低下設備の申請上の位置付け

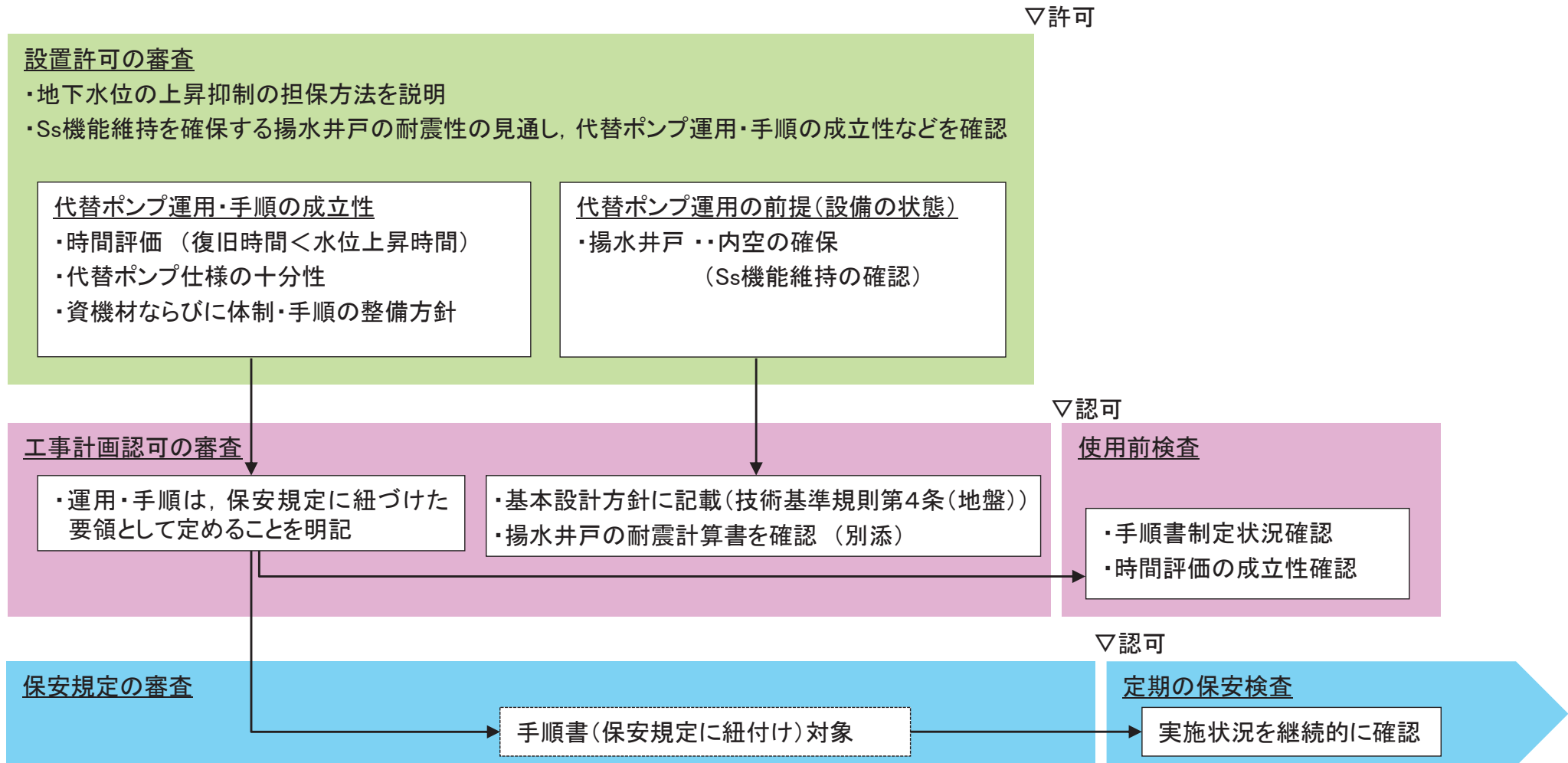
	設計基準 対象施設	耐震重要度分類	Ss地震後の対応
ドレーン	○	C	通水機能を保持
揚水井戸	○	C(Ss機能維持)	内空確保
揚水ポンプ	○	C	揚水機能保持(代替ポンプ)
配管	○	C	揚水機能保持(代替ホース)
電源	○	C	電源確保(モバイル電源等)
水位計	○	C	目視等により確認

※ 使用前検査において湧水量に対応した排水能力を有することを確認済

1. 地下水位の設定の概要

1.3 各審査段階における提示内容

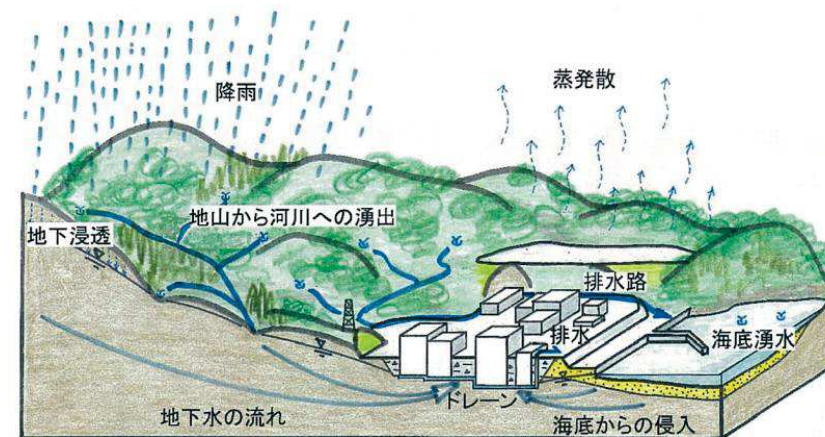
- 各審査段階における提示内容を以下に示す。
- 設置許可段階においては、地下水位の上昇抑制を保証する要素(Ss機能維持を確保する揚水井戸の耐震性の見通し、代替ポンプ運用・手順の成立性など)を確認し、その効果を前提とした地下水位設定の妥当性を示すこととする。



2. 敷地の水文環境

2. 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(補足説明資料1)。
- 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(次頁以降)。



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

3. 地下水位低下設備

- 3. 1 地下水位低下設備の概要
- 3. 2 Ss地震後の対応
- 3. 3 内部溢水における説明内容(参考)
- 3. 4 地下水位低下設備のまとめ








3. 地下水位低下設備

3.1 地下水位低下設備の概要（配置図）

- 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周辺には，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に地下水位低下設備を設置している。
- 地下水位低下設備は，各施設の周辺基盤面に設置されたドレーン（有孔管， $\phi 100\text{mm} \sim 1,050\text{mm}$ の5種類）より揚水井戸に集水し，揚水ポンプ（2台／1箇所）等で構内排水路へ排水する設備となっている。

- また，1号炉と2号炉は地下水位低下設備を連係しており，3号炉は単独の設備としている。
- なお，地下水位低下設備により主要建屋周辺の地下水位が定常的に低い状態となっていることから，海側からも盛土や岩盤を通じて流入し，地下水位低下設備により集水後，構内排水路へ排水される。

凡例

-  : 有孔ヒューム管 $\phi 1050$
-  : 有孔ヒューム管 $\phi 800$
-  : 有孔ヒューム管 $\phi 500$
-  : 有孔塩ビ管 $\phi 200$
-  : 有孔塩ビ管 $\phi 100$
-  : 揚水井戸（常用電源）
-  : 揚水井戸（非常用電源）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3. 地下水位低下設備

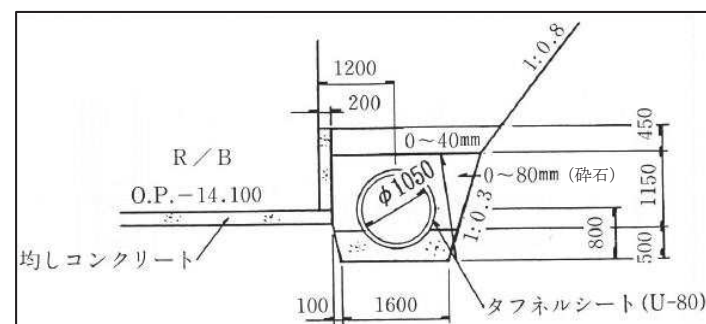
3.1 地下水位低下設備の概要 (ドレーン(1/2))

- 2号炉原子炉建屋の周囲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、基礎コンクリートにより管底部を固定している。建屋側に碎石押え壁を設置し、有孔ヒューム管にタフネルシートを巻いて、碎石(0~80mm)、タフネルシート、碎石(0~40mm)の順に水平に均している。
- なお、ドレーンは建屋周辺の岩盤上に設置されていることから、地震時において水平及び鉛直方向のずれはほとんど生じず内空は確保されることから、地下水の通水能力は維持される。



2号炉原子炉建屋北側ドレーン φ1,050有孔ヒューム管(写真A)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



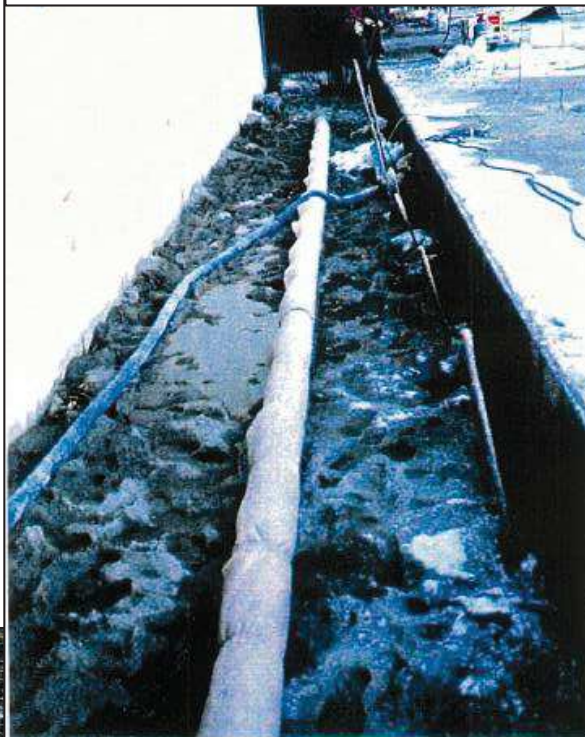
ドレーン施工概念図

3. 地下水位低下設備

3.1 地下水位低下設備の概要 (ドレーン(2/2))

- 2号炉原子炉建屋とタービン建屋の間には、 $\phi 100\text{mm}$ の有孔塩ビ管を敷設している(写真B)。
- この有孔塩ビ管は、岩盤上に敷設し、両側は原子炉建屋及びタービン建屋の基礎となっている。

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



枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



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

- 2号炉タービン建屋の基礎下には、 $\phi 500\text{mm}$ の有孔ヒューム管を敷設している(写真C)。
- この有孔ヒューム管は、掘削した岩盤内に敷設している。

3. 地下水位低下設備

3.1 地下水位低下設備の概要（揚水ポンプ）

- 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、排水配管によりO.P.+14.8mに汲み上げている。



揚水ポンプ据付状況の例（井戸⑥）



揚水ポンプ据付状況の例（井戸③）

各揚水ポンプの吐出可能量と揚程

設置位置		吐出可能量※ (m ³ /日)	全揚程 (m)
1号炉	①	約1,300	約25.0
	②	約1,700	約30.0
	③	約1,300	約25.0
2号炉	④	約2,900	約35.0
	⑤	約3,500	約35.0
	⑥	約6,500	約35.0
3号炉	⑦	約4,600	約36.9
	⑧	約1,900	約35.2

※ 各井戸に揚水ポンプを2台設置しているが、1台は予備のため、揚水ポンプ1台の連続運転として算出。

地下水位低下設備 設置位置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3. 地下水位低下設備

3.1 地下水位低下設備の概要（揚水ポンプ:排水性能）

- 地下水位低下設備は、浸透流解析による設計湧水量を十分排水できるよう設計している。
- 例として、3号炉側の地下水位低下設備の排水性能を示す。
- 3号炉の地下水位低下設備の1年間の稼働実績によると、期間内のポンプ稼働実績最大（約2,030m³/日）に対して、揚水ポンプ吐出可能量（約6,500m³/日）及びドレーン流下能力（約10,000m³/日）はいずれも上回っており、十分な裕度を有している。

地下水位低下設備の排水性能(3号系統)

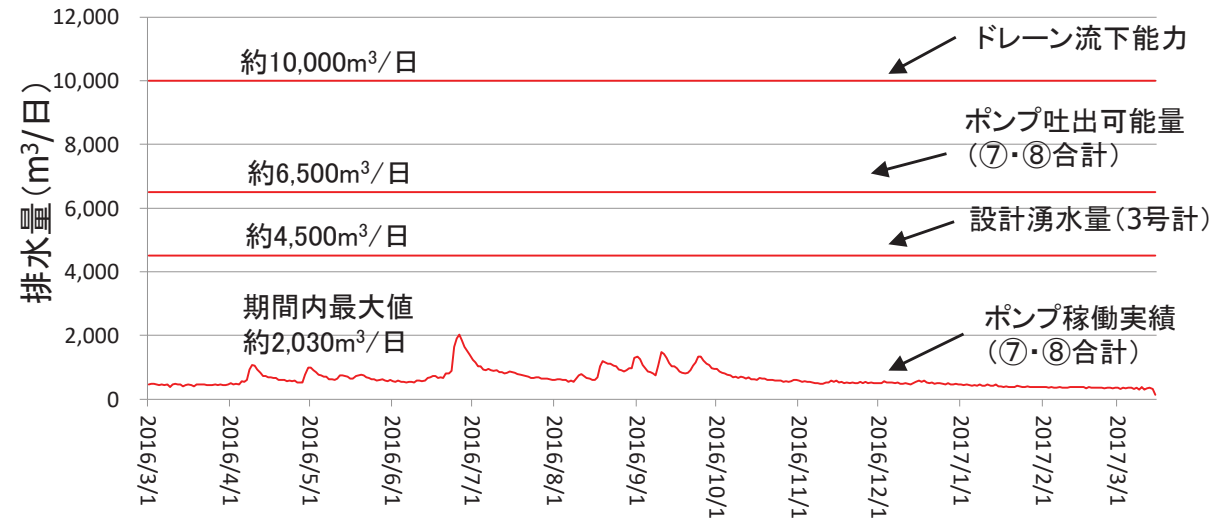
	設計湧水量 [m ³ /日]	吐出可能量※1 [m ³ /日]	ドレーン流下能力※2 [m ³ /日]	ポンプ稼働実績最大※3 [m ³ /日]
井戸⑦	—	約4,600	—	約1,670
井戸⑧		約1,900		約420
3号計	約4,500	約6,500	約10,000	約2,030

※1 各井戸にポンプ2台設置しているが、1台は予備として、ポンプ1台×24時間連続運転として算出。

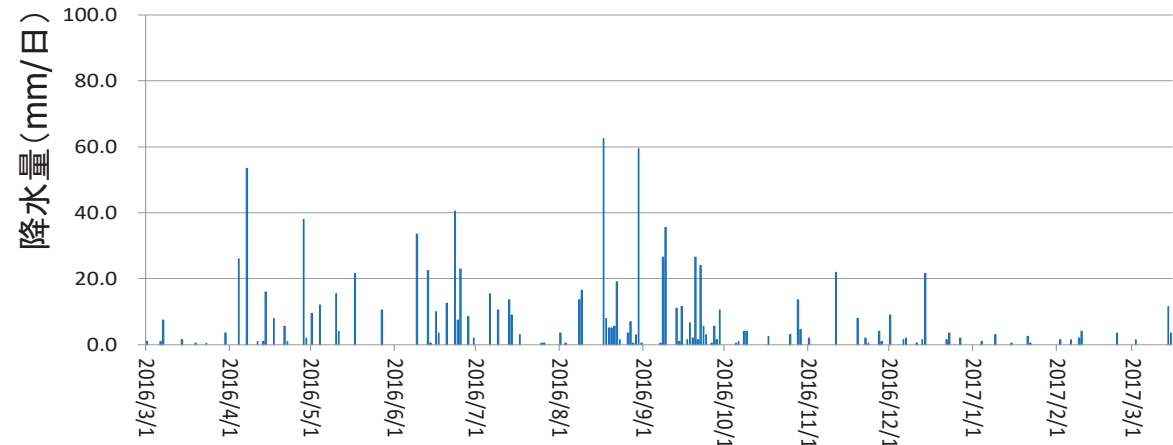
※2 ドレーンφ500ヒューム管,φ800ヒューム管のうち、φ500ヒューム管における80%水深時における値。

※3 2016年3月～2017年3月における稼働実績。

3号系統 揚水ポンプの稼働実績(2016年3月～2017年3月)



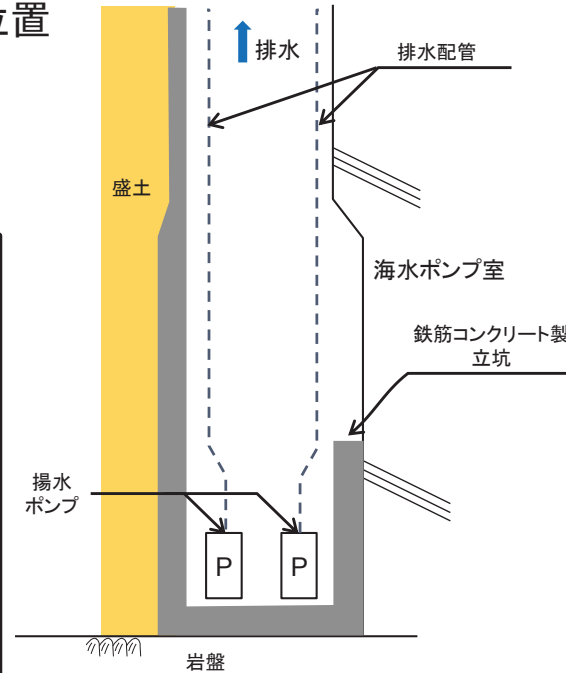
日降水量(石巻)(2016年3月～2017年3月)



3. 地下水位低下設備

3.1 地下水位低下設備の概要（揚水井戸(1/4)）

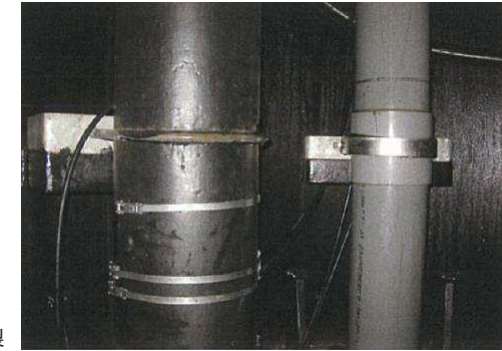
- 揚水井戸は、1号炉用に3箇所、2号炉用に3箇所、3号炉用に2箇所設置している。
- 揚水井戸はいずれも岩盤上に設置しており、1号炉及び2号炉は鉄筋コンクリート製立坑、3号炉は鋼製シャフト（下部は鉄筋コンクリート製のピット）である。
- 揚水井戸については、必要な範囲を設計基準対象施設として位置付け、Ss機能維持を確保する。



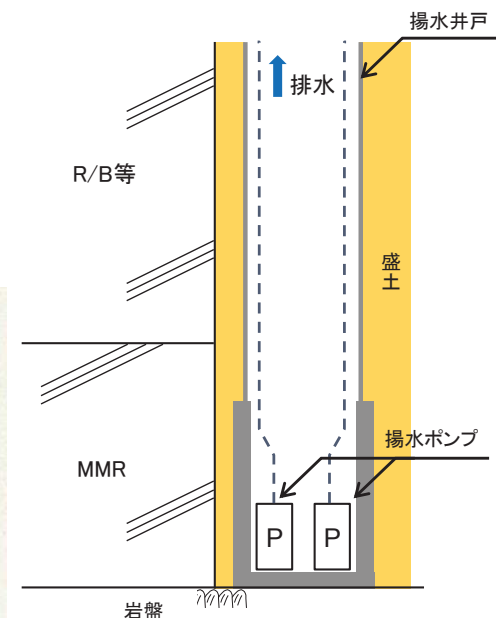
2号炉揚水井戸の例(井戸④)



排水配管の例(井戸①)



排水配管の例(井戸⑦)



3号炉揚水井戸の例(井戸⑦)

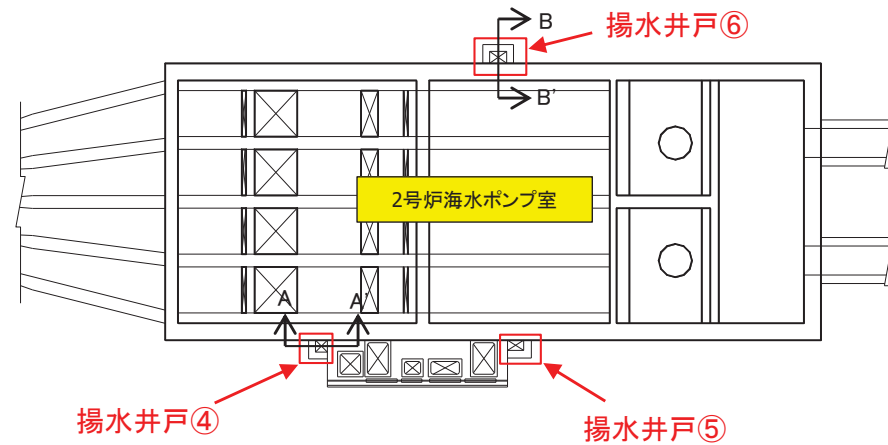
地下水位低下設備 設置位置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

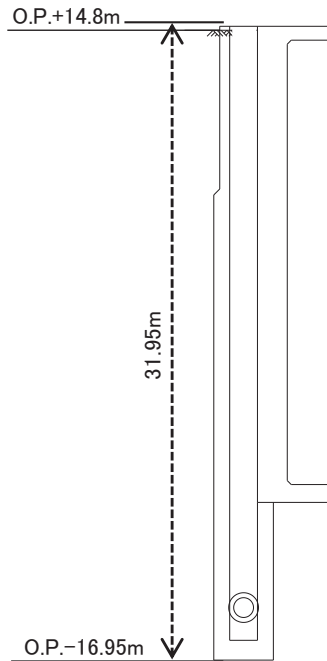
3. 地下水位低下設備

3.1 地下水位低下設備の概要（揚水井戸(2/4)）

- 2号炉揚水井戸構造概要図（鉄筋コンクリート製立坑）

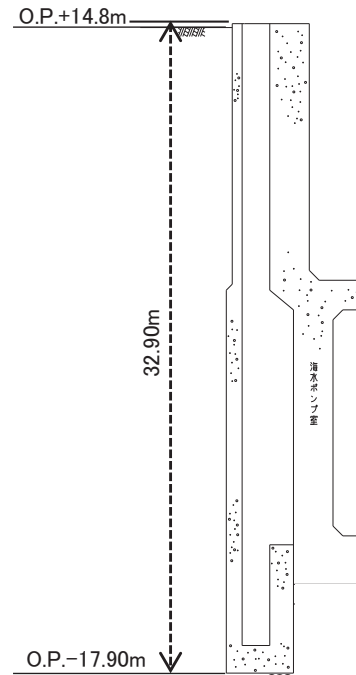


【揚水井戸④】



断面図(A-A')

【揚水井戸⑥】



断面図(B-B')

地下水位低下設備 設置位置図

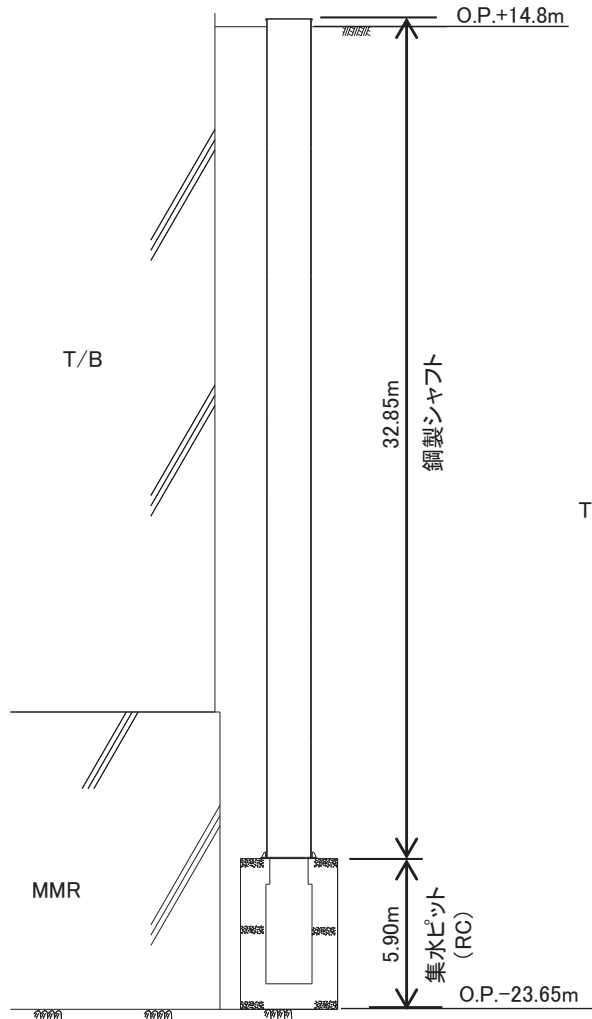
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3. 地下水位低下設備

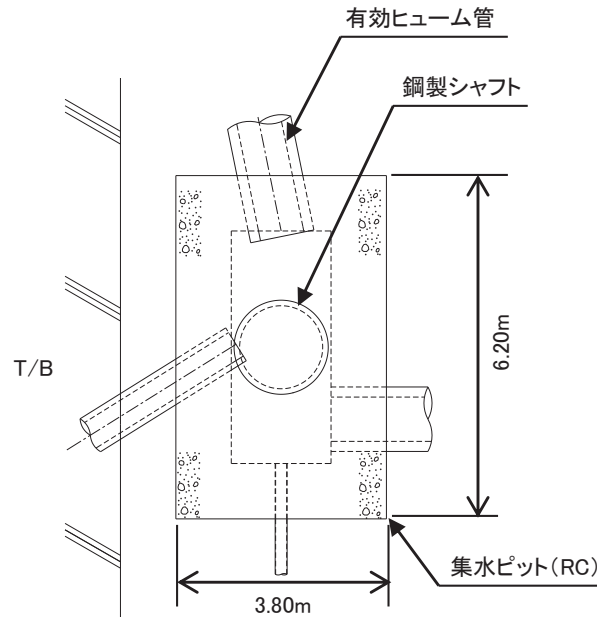
3.1 地下水位低下設備の概要 (揚水井戸(3/4))

- 3号炉揚水井戸構造概要図(上部は鋼製シャフト, 下部は鉄筋コンクリート製のピット)

【揚水井戸⑦】



断面図



平面図



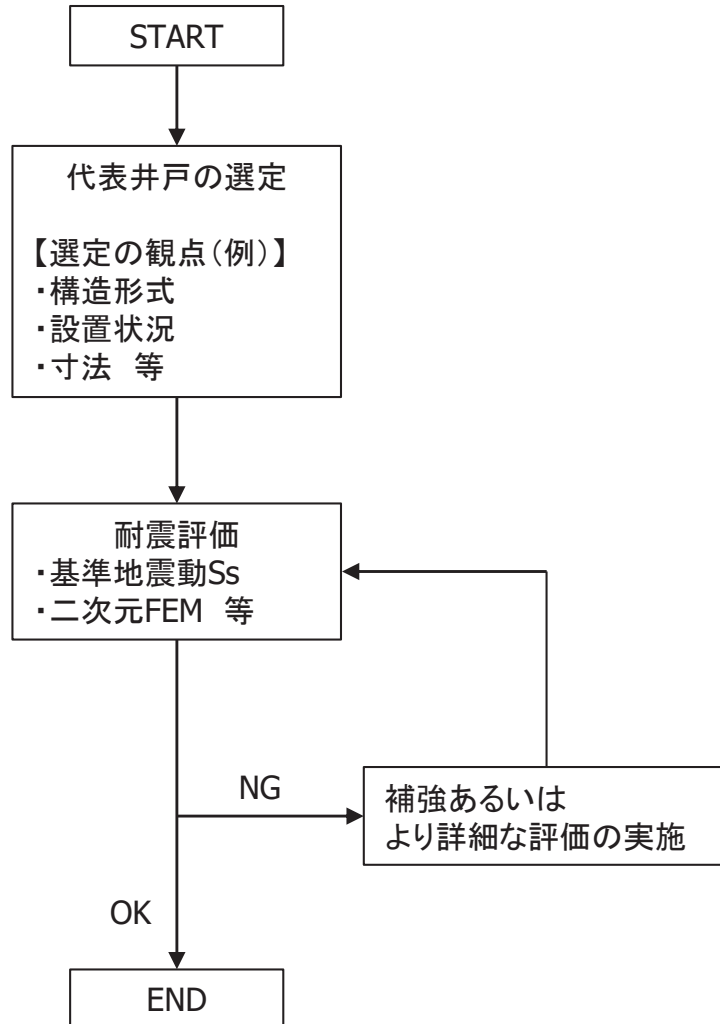
地下水位低下設備 設置位置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3. 地下水位低下設備

3.1 地下水位低下設備の概要（揚水井戸(4/4)）

- 揚水井戸については、以下のとおり代表井戸を選定した上で耐震評価を行う。



揚水井戸の構造概要

揚水井戸		構造形式	設置状況	底盤高さ(m)
1号炉	①	RC製立坑	独立構造 (耐震Sクラス施設の近傍)	O.P. -5.474
	②			O.P. -12.00
	③			O.P. -5.169
2号炉	④		2号炉海水ポンプ室と一体構造	O.P. -15.95
	⑤			O.P. -16.05
	⑥			O.P. -16.50
3号炉	⑦	鋼製シャフト+RC集水ピット	独立構造 (耐震Sクラス施設の近傍)	O.P. -22.65
	⑧			O.P. -18.65

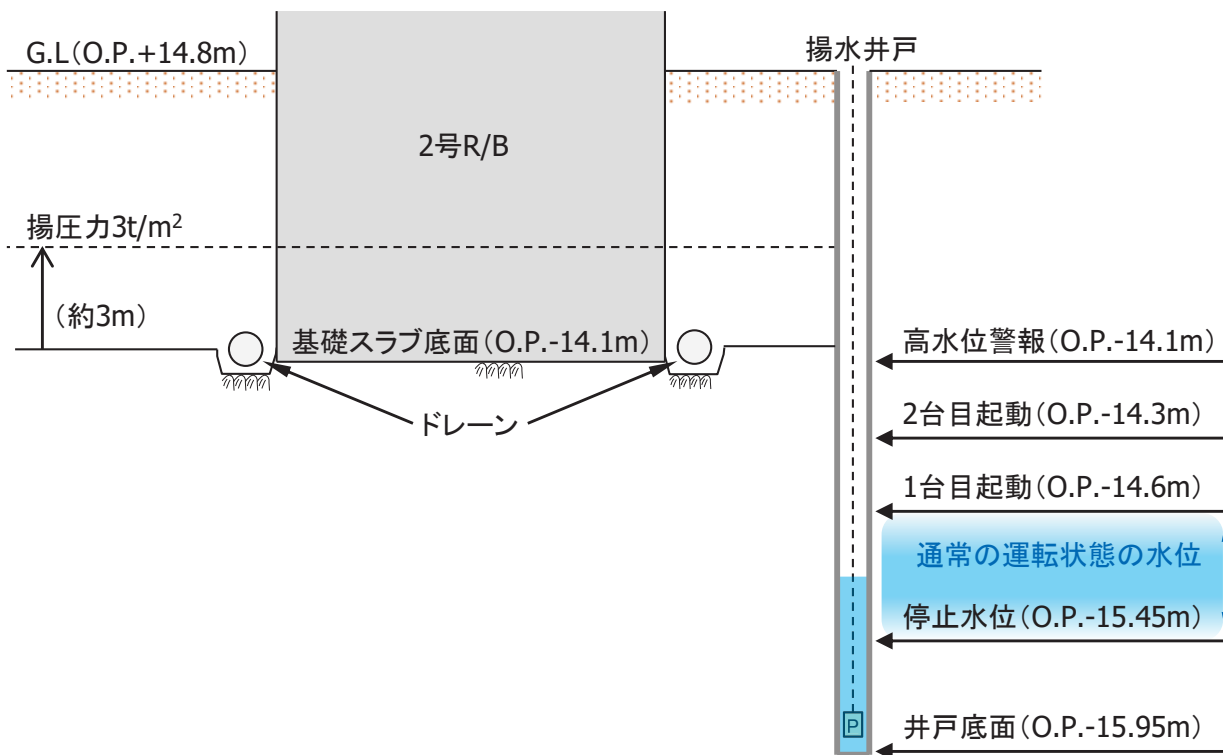
3. 地下水位低下設備

3.2 Ss地震後の対応(1/4)

- p.6に示すとおり、Ss地震後には代替ポンプ・代替ホースにより地下水位低下機能を確認するため、切替作業に係る作業時間と地下水位上昇時間の関係から切替作業の成立性を確認する。

【揚水ポンプの運用(現状)】

- 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運転している。(このため、Ss地震時は地下水位は低下している状態)
- 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。(揚水ポンプは各井戸に2台設置しており、1台で十分な排水能力を有することから、1台のみ故障しても水位が上昇する可能性は低い)
- 揚水ポンプは保守点検のルールを定め運用しており、定期的な巡視・点検を行っている他、地震後は速やかに設備点検し状況を確認することとしている。



揚水ポンプの運用(井戸④の例)



地下水位低下設備 設置位置図

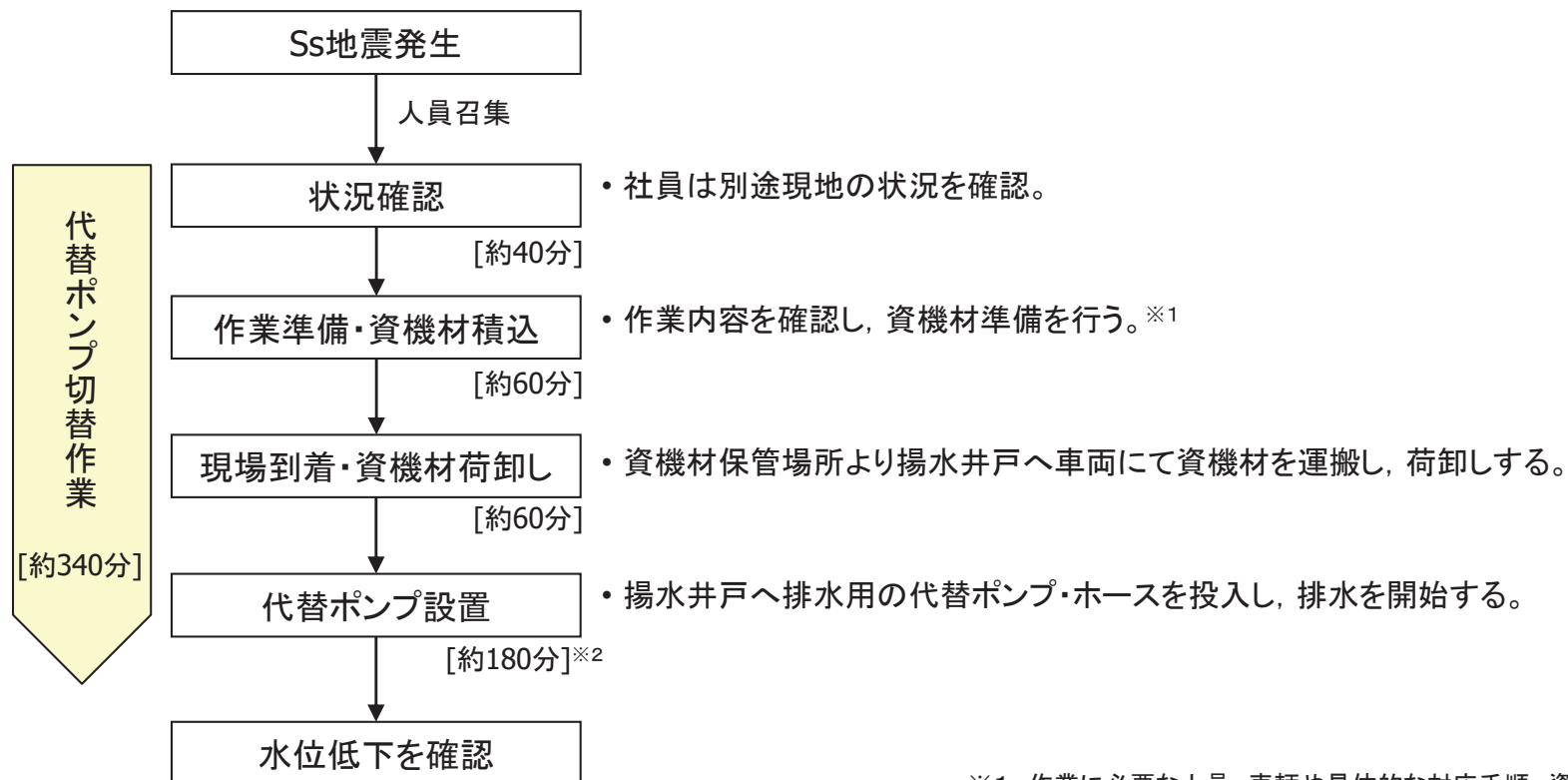
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3. 地下水位低下設備

3.2 Ss地震後の対応(2/4)

【Ss地震後の対応】

- 揚水ポンプ停止時は、発電所構内に配備している代替ポンプ・ホースを投入し、地下水位の上昇を抑制する。
- 対応手順の概要は下図のとおりであり、代替ポンプ切替作業として最大6時間程度を要する見込みである。
- 対応に必要な資機材は発電所構内に配備し、復旧対応を実施可能な体制の構築、手順等の整備を行う。また、復旧作業の成立性について訓練等で検証していく。



※1 作業に必要な人員、車輛や具体的な対応手順、資機材保管場所等について、事前に計画を定めておく。代替ポンプを含む資機材・工具類は、常に使用可能な状態を維持する。

※2 過去の揚水ポンプ点検時の作業実績等を踏まえ設定(揚水ポンプ1台当たり)。

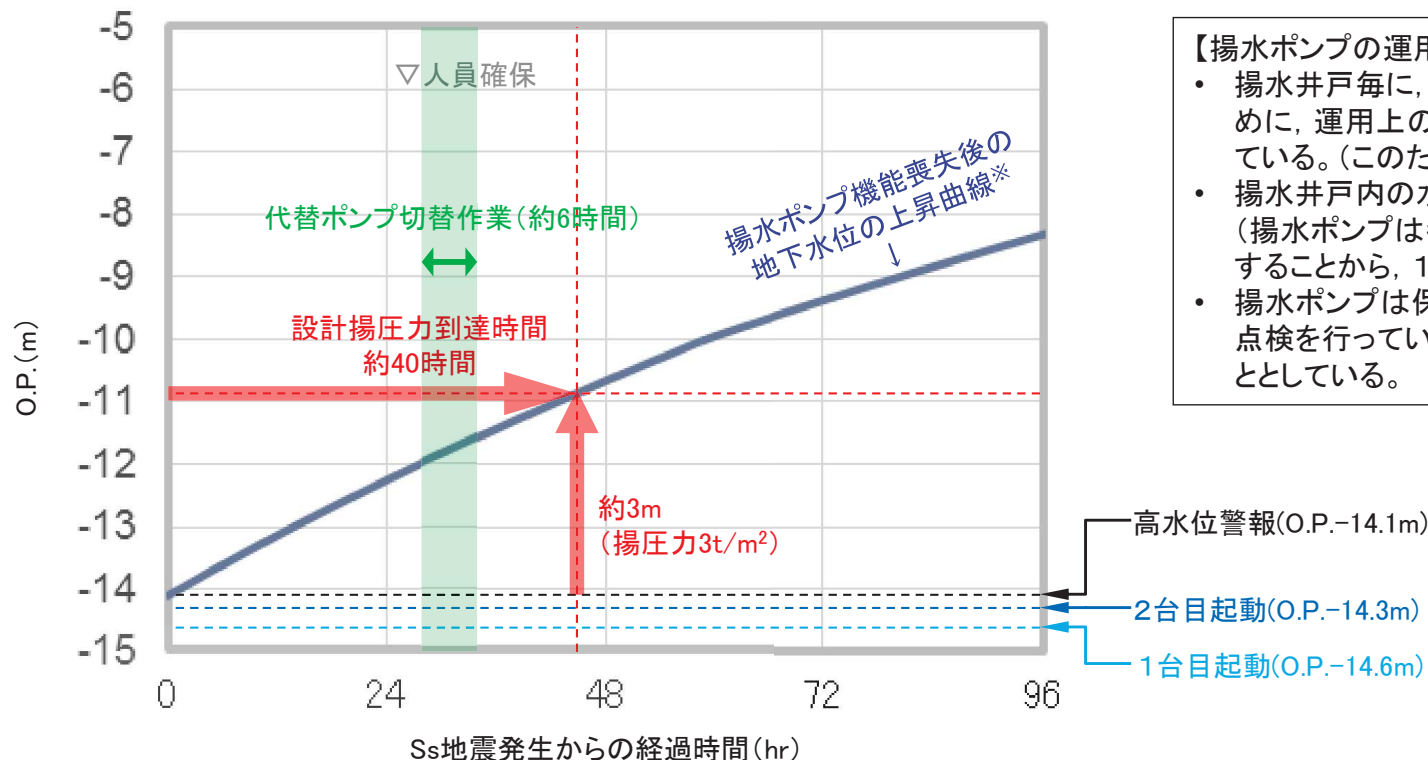
Ss地震発生から代替ポンプ設置までの対応手順例

3. 地下水位低下設備

3.2 Ss地震後の対応(3/4)

【Ss地震後の水位上昇と代替ポンプ切替作業の成立性】

- Ss地震後、揚水井戸内の地下水位は緩やかに上昇※し、約40時間後に水位が3m上昇するが、代替ポンプへの切替作業は最大6時間程度であることから、人員確保後、設計揚圧力に到達する前に代替ポンプへの切替が可能である。
- なお、万が一、Ss地震の前震により揚水ポンプや配管等に異常が生じたとしても、揚水ポンプの運用内容を踏まえると、この代替ポンプ切替作業の対応は有効である(「Ss地震発生」を揚水ポンプが停止するような「異常時」と読み替えても、この切替作業は有効である)。



【揚水ポンプの運用(現状)】

- 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運転している。(このため、Ss地震時は地下水位は低下している状態)
- 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。(揚水ポンプは各井戸に2台設置しており、1台で十分な排水能力を有することから、1台のみ故障しても水位が上昇する可能性は低い)
- 揚水ポンプは保守点検のルールを定め運用しており、定期的な巡視・点検を行っている他、地震後は速やかに設備点検し状況を確認することとしている。

Ss地震後の水位上昇と代替ポンプ切替作業の時間軸
(井戸④の例, 簡易的な試算による)

※ 既往の浸透流解析を参照し、ドレン管が底面に設置されている2号炉原子炉建屋・タービン建屋・制御建屋並びに海水ポンプ室底面から供給される浸透水が、建屋並びに海水ポンプ室と掘削法面間の盛土の間隙を満たしていくものと仮定し試算したもの。

3. 地下水位低下設備

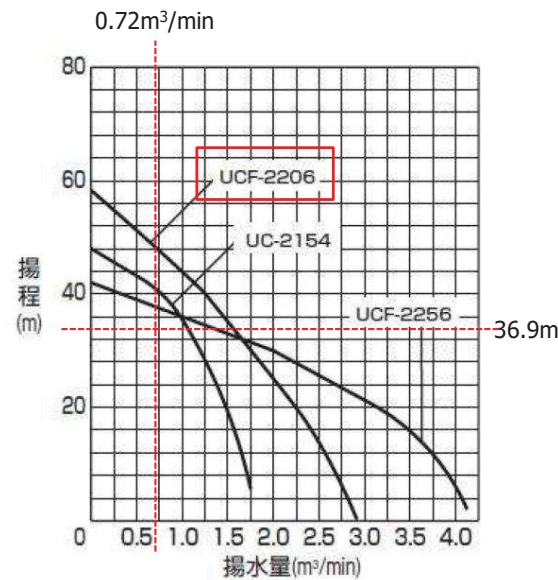
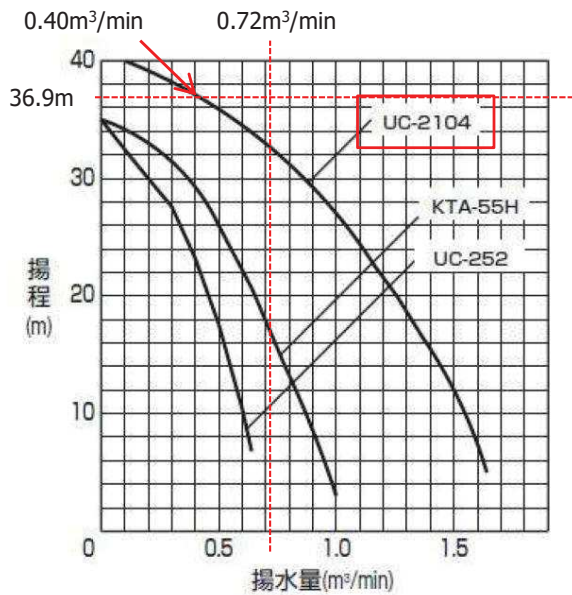
3.2 Ss地震後の対応(4/4)

【代替ポンプの仕様検討(参考)】

- 揚水ポンプのうち全揚程が最大となる3号炉の⑦ポンプを対象として代替ポンプの仕様検討を行った。
- 適切な仕様を選定することにより、想定される必要排水量を排水可能である。

必要排水量

浸透流解析による浸透量が43m³/hであることから、0.72m³/min以上



各揚水ポンプの吐出可能量と揚程

設置位置		吐出可能量※ (m ³ /min)	全揚程 (m)
1号炉	①	約0.9	約25.0
	②	約1.2	約30.0
	③	約0.9	約25.0
2号炉	④	約2.0	約35.0
	⑤	約2.4	約35.0
	⑥	約4.5	約35.0
3号炉	⑦	約3.2	約36.9
	⑧	約1.3	約35.2

代替ポンプの選定例

品名	最大径 (mm)	最大高 (mm)	質量 (kg)	出力 (kW)	揚水量※1 (m ³ /min)	必要台数
UC-2104	370	775	113	7.5	約0.4	2台/箇所
UCF-2206	370	875	139	15	約1.6	1台/箇所

※1 揚程36.9mに対応する揚水量をグラフから読み取り

(グラフは株式会社アクティオ商品カタログWEB版より引用、一部加筆)

※ 各井戸に揚水ポンプを2台設置しているが、1台は予備のため、揚水ポンプ1台の連続運転として算出。

3. 地下水位低下設備

3.3 内部溢水における説明内容(参考) (1/2)

- 第561回審査会合(平成30年4月3日)において、内部溢水への影響の観点から、地下水低下設備のうち揚水ポンプが停止した場合の影響と対応を説明している。

54

14. 地下水による影響評価(1/2)

(1) 通常時の地下水の排水

- 建屋底面に接する地盤からの湧水は、基礎底面下のサブドレーンにより建屋周辺の集水管に集水し、集水管の流末に設置されている揚水井戸から揚水ポンプ(揚水井戸1箇所に揚水ポンプが2台設置されている)により縦排水管を通して屋外排水溝に排水される。
- 建屋周辺の地盤からの湧水は、直接集水管に集水し、集水管の流末に設置されている揚水井戸から揚水ポンプにより縦排水管を通して屋外排水溝に排水される。

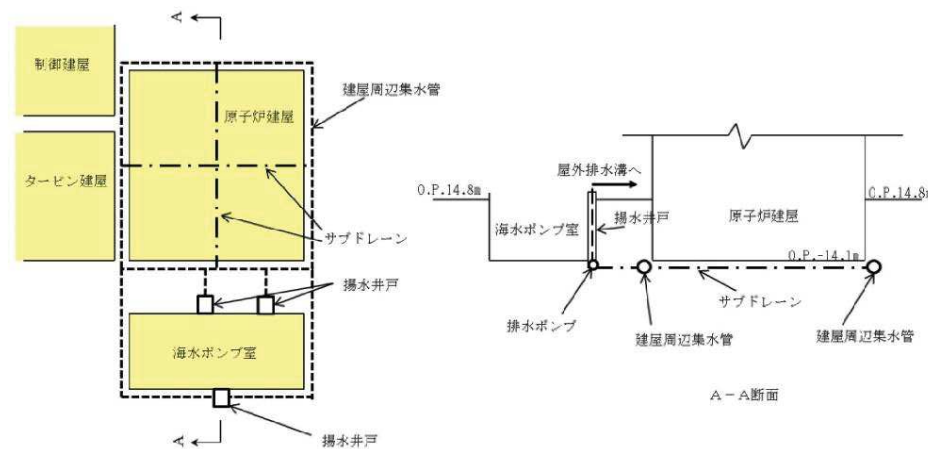


図14-1 地下水排水設備の概要

第9条:溢水による損傷の防止等
別添1 14. 地下水による影響評価

3. 地下水位低下設備

3.3 内部溢水における説明内容(参考) (2/2)

- 第561回審査会合(平成30年4月3日)において、内部溢水への影響の観点から、地下水低下設備のうち揚水ポンプが停止した場合の影響と対応を説明している。

14. 地下水による影響評価(2/2)

55

(2)地震による揚水ポンプ停止時における地下水による影響

以下に示す理由により、地震時において揚水ポンプが停止した場合でも、地下水が防護対象設備を設置している区画へ流入することはない。

- 地下外壁にはアスファルト防水を施しており、更に防水層の上に保護板を設置し、防水層が切れないように配慮している。
- 安全上重要な機器が設置されている原子炉建屋、制御建屋の地下外壁については、地震時に想定される残留ひび割れの評価結果から、「原子炉施設における建築物の維持管理指針・同解説(日本建築学会)」に示される、コンクリート構造物の使用性(水密)の観点から設定されたひび割れ幅の評価基準値【0.2mm未満】を満足することを確認している。

(3)地震による揚水ポンプ停止を想定した対応について

地震による揚水ポンプ停止を想定した場合でも、地下水が防護対象設備を設置している区画へ流入することはないと評価しているが、更に以下の対応を講ずる。

- 揚水ポンプの損傷、機能喪失した場合を考慮し、代替ポンプ(投げ込み式)を準備する。
- 代替ポンプの運用を含めた手順書(女川原子力発電所原子炉施設保安規定に基づく規定文書として制定する「内部溢水対応要領書(仮称)」に代替ポンプの運用について明記する)を整備し、地震時等における揚水ポンプ停止時にも地下水の排水が実施可能な体制を構築する。(6台ある揚水ポンプの内、4台の電源は非常用電源を使用しており、地震時も電源は確保される)

3. 地下水位低下設備

3.4 地下水位低下設備のまとめ

- 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周囲には, 揚圧力低減のため地下水位低下設備を設置しており, 排水能力は保守的な条件により実施した浸透流解析結果をもとに設定している。
- 規則第3条2項(液状化)適合に必要な地下水位低下機能は, 揚水井戸の耐震性(Ss機能維持)が確保されている前提で, 代替ポンプ・代替ホースへの切替を行うことにより, Ss地震後も保持される。
- このことを担保するために, 今後, 以下を検討する。
 - DB施設登録範囲(三次元浸透流解析等による)
 - 揚水井戸の耐震性
 - 代替ポンプ・代替ホースへの切替作業の成立性
(切替時間, 代替ポンプ仕様, 資機材ならびに体制・手順の整備方針)
- 以上を踏まえ, 設置許可段階において地下水位低下設備の信頼性を確認し, 施設設計等における地下水位の設定でその効果を期待する。
- なお, 代替ポンプの運用及び手順については, 今後, 保安規定に紐づけた要領として定める。

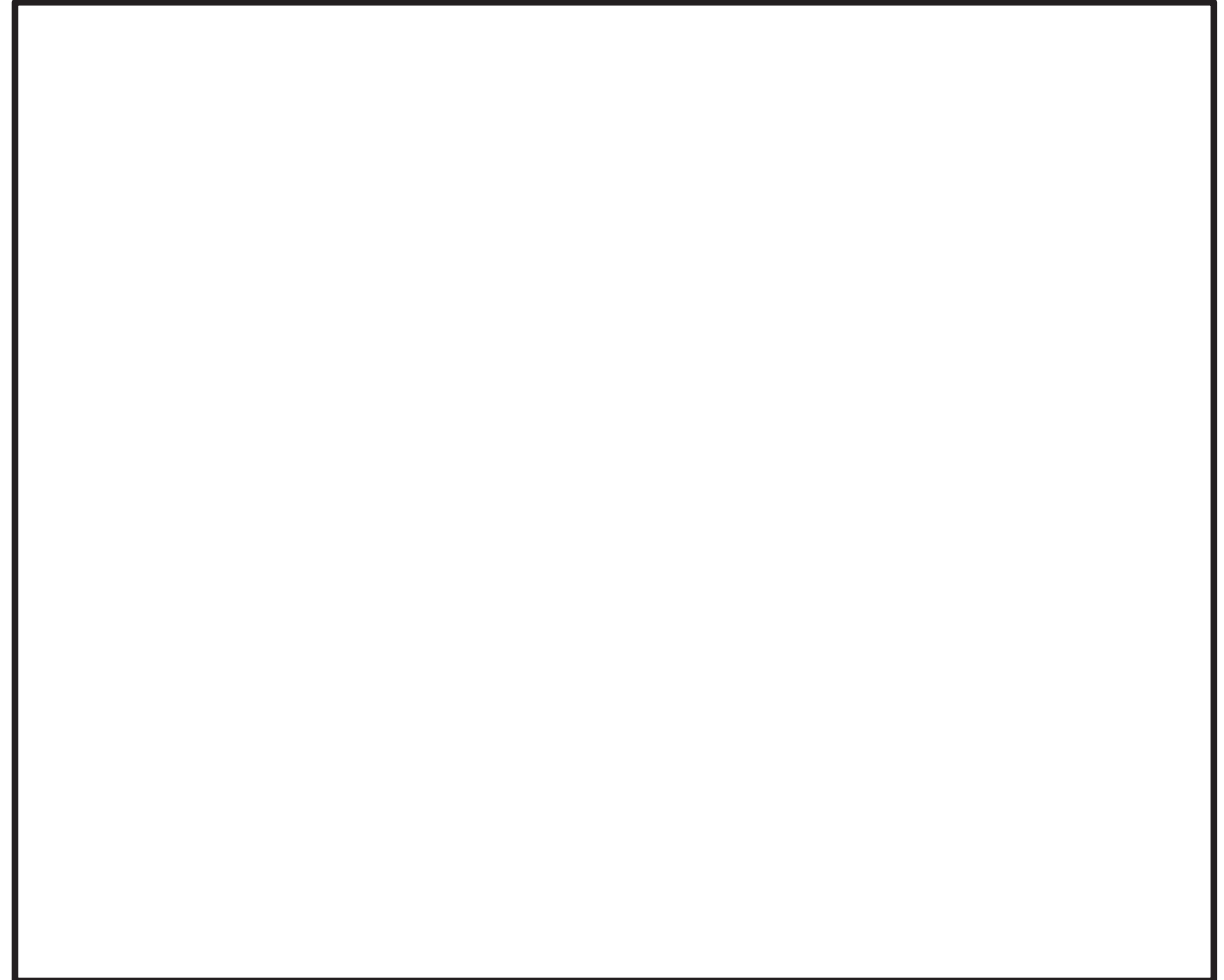
4. 浸透流解析

- 4. 1 既往の浸透流解析
- 4. 2 防潮堤の影響
- 4. 3 三次元浸透流解析

4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

4.1.1 解析の目的

- 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。
 - 地下水位低下設備の設計に使用する湧水量(2, 3号工認時)
 - 建屋の設計に使用する揚圧力(2, 3号工認時)
 - 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)

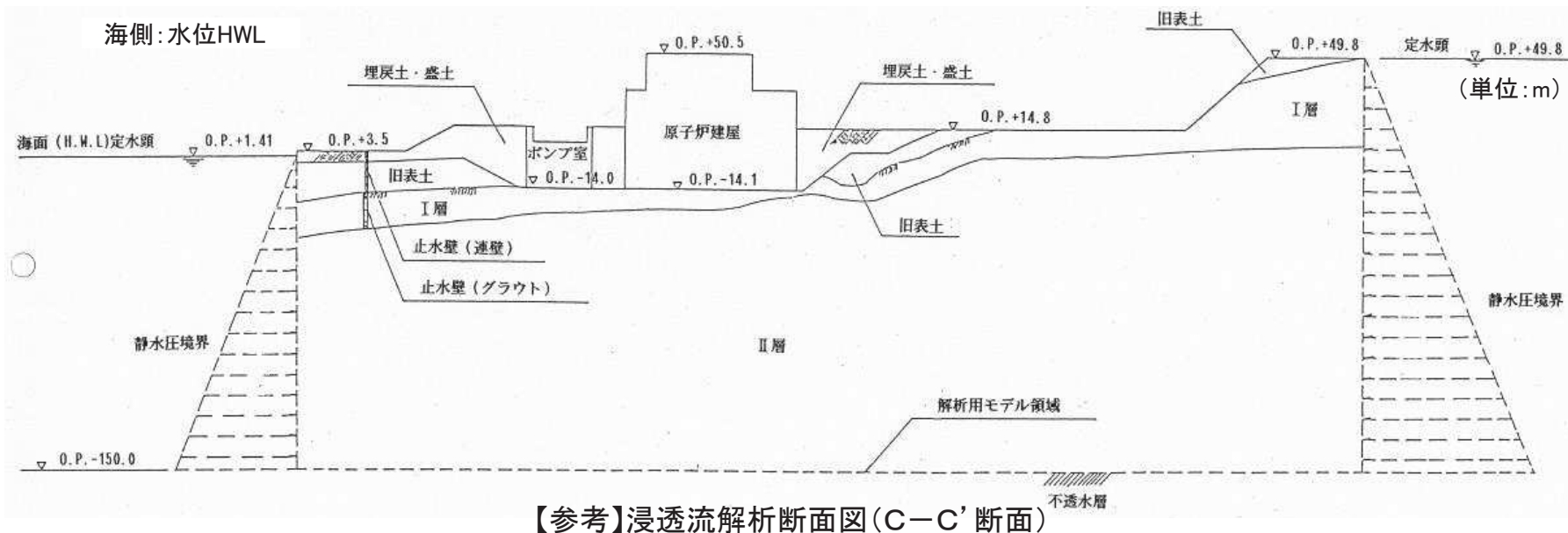
※: 2号炉及び3号炉工認時の浸透流解析断面は, 当時の地形にてモデル化しており, 現地形とは異なる。

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

4.1.2 解析条件（境界条件）

- 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。



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。

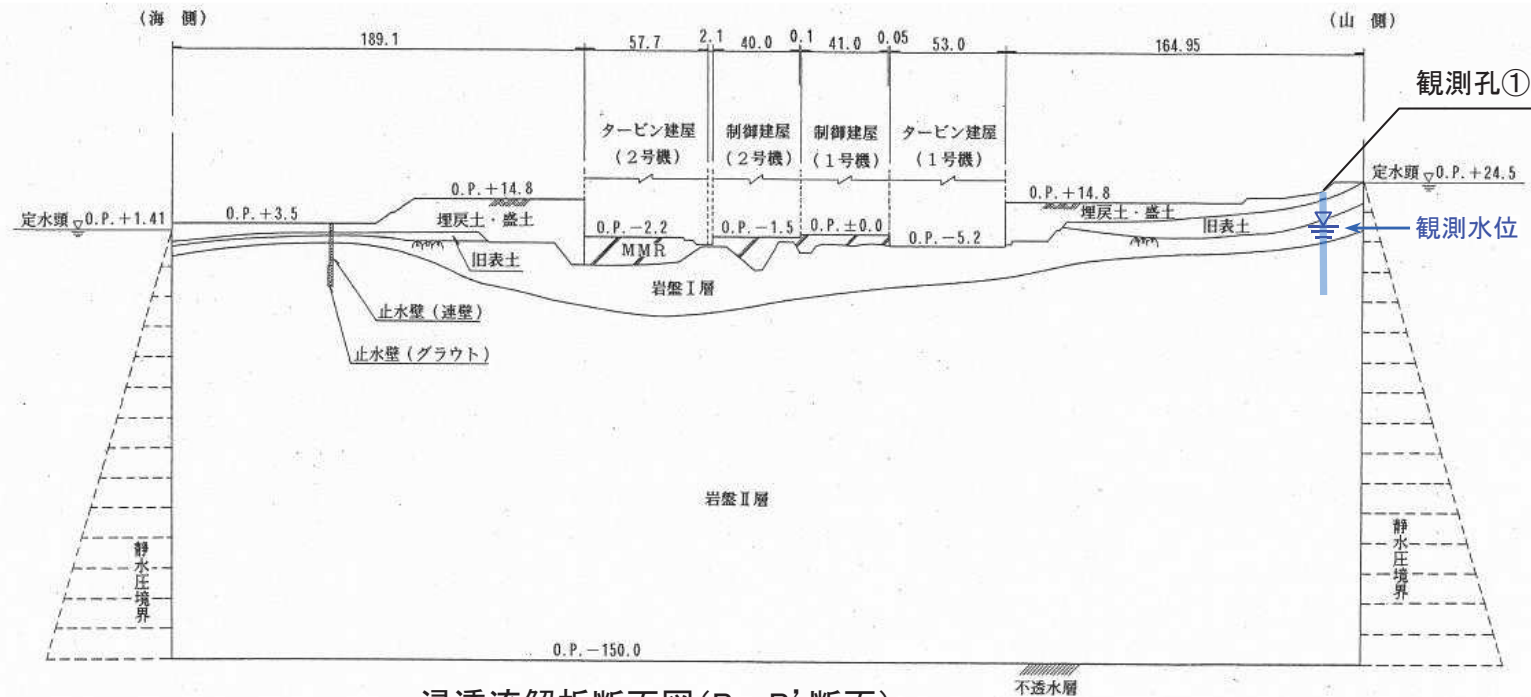
※ 保守的評価となる配慮

- 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。

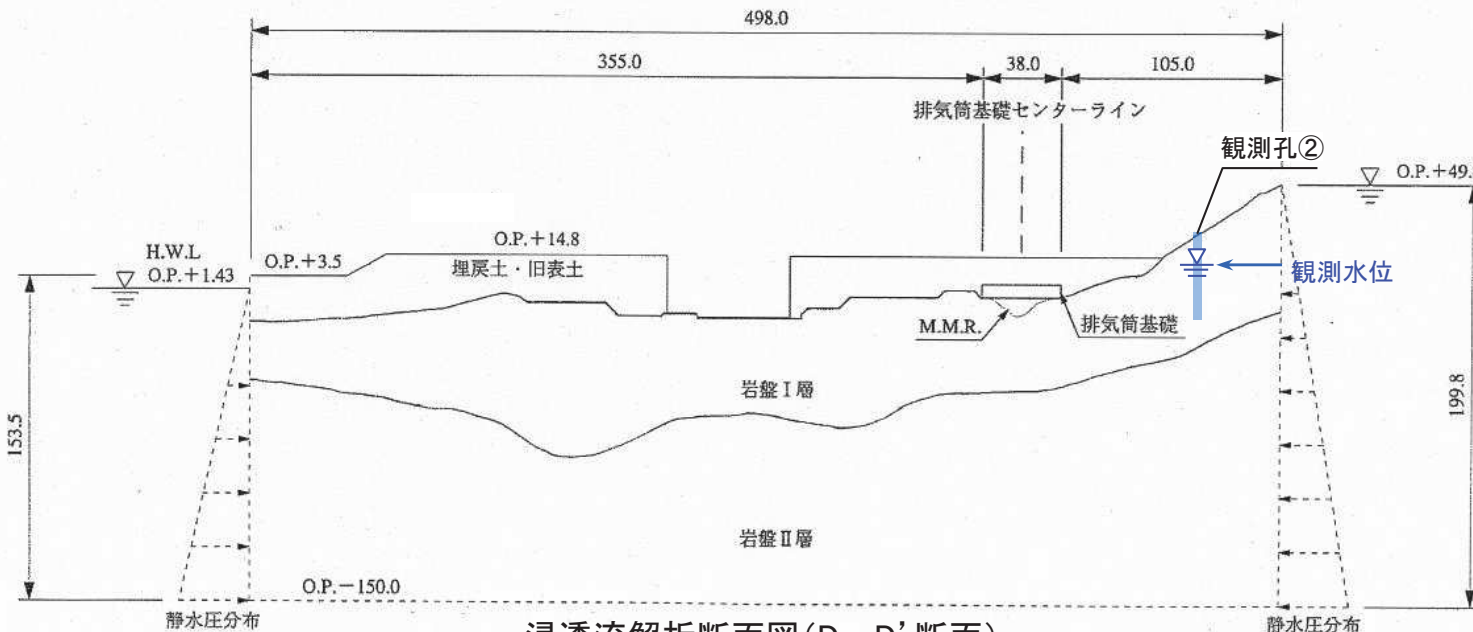
4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

4.1.2 解析条件 (境界条件)

- 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)

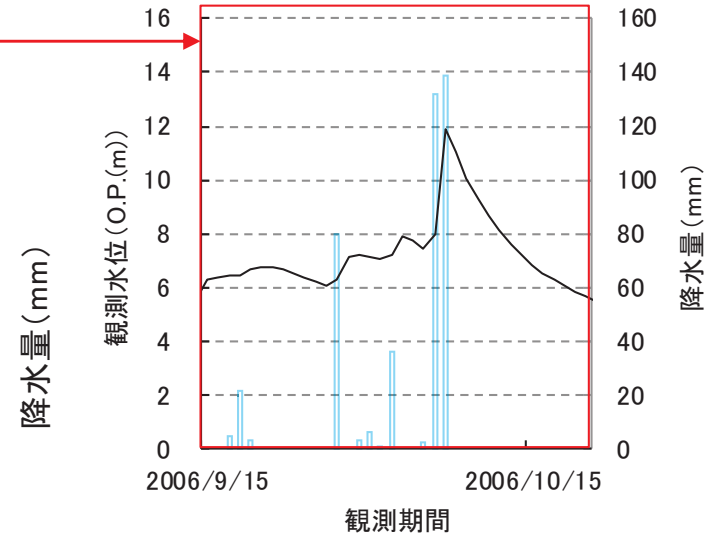
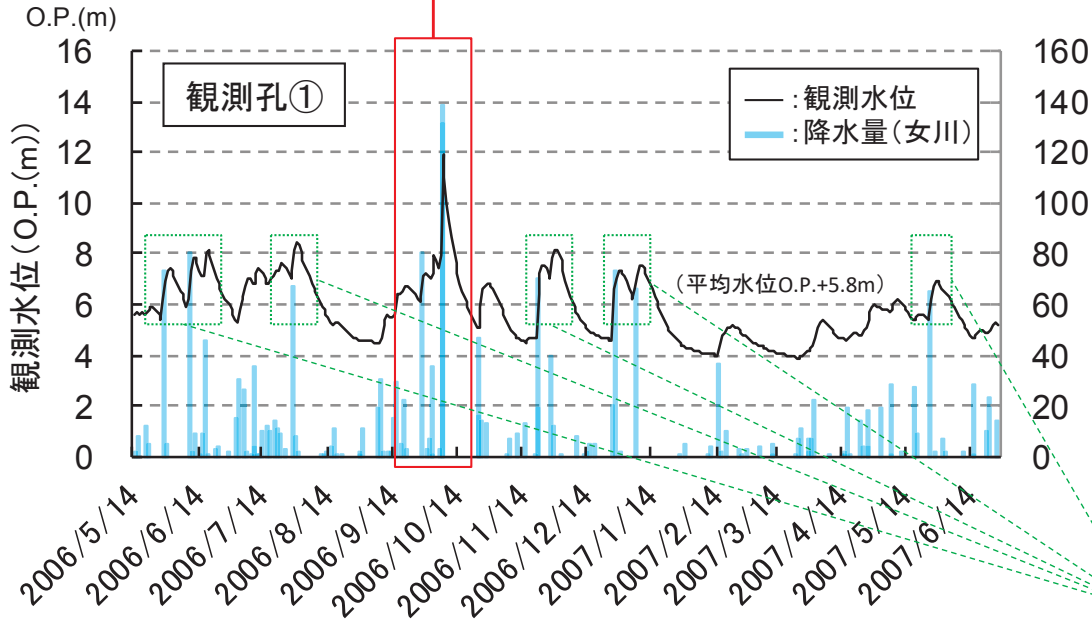
	観測水位	境界条件 (初期水位)
観測孔①	O.P.約+5.8m	O.P.約+15.1m (地表面)
観測孔②	O.P.約+11.5m※	O.P.約+25.0m (地表面)

※: 地殻変動による1mの沈降を考慮したのとなっており、補正した水位を記載

4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

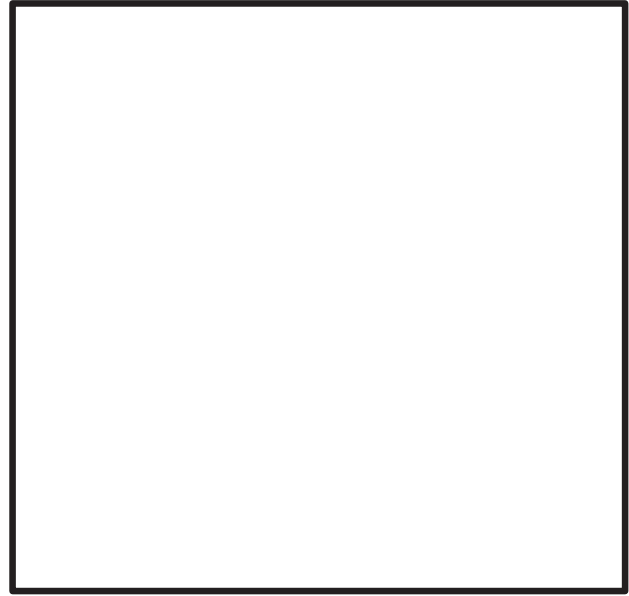
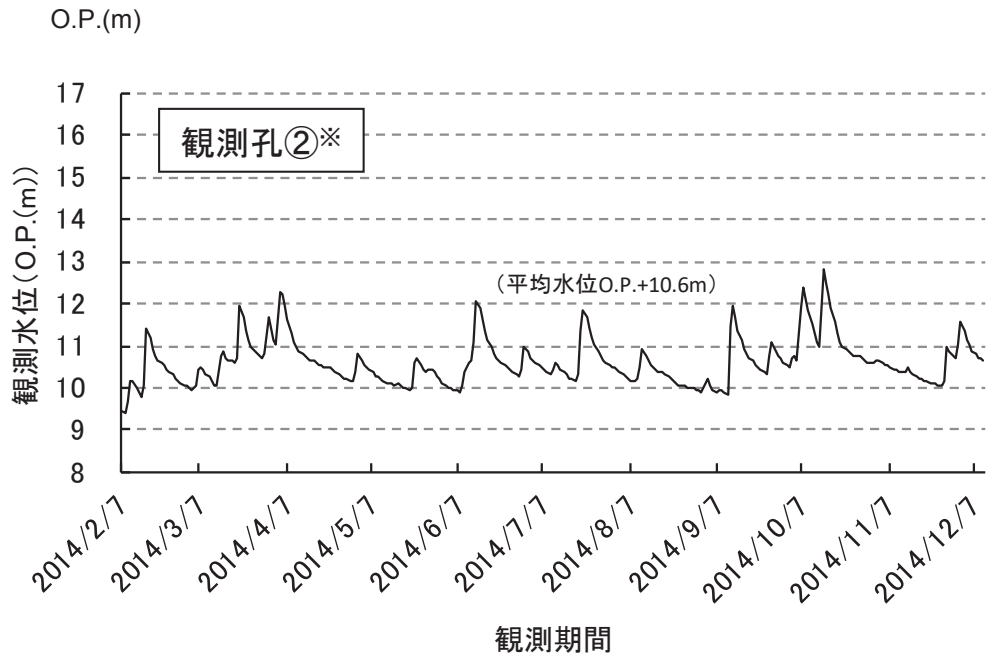
4.1.2 解析条件 (境界条件:地下水観測(1/4))

観測孔①, ②の地下水連続観測の結果を示す。



• 降水量100mm以上が2日間継続したことから水位が上昇したと考えられる。

• 降水量60mm以上は当日のみであったため、それほど水位は上昇しなかったと考えられる。



観測孔位置

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

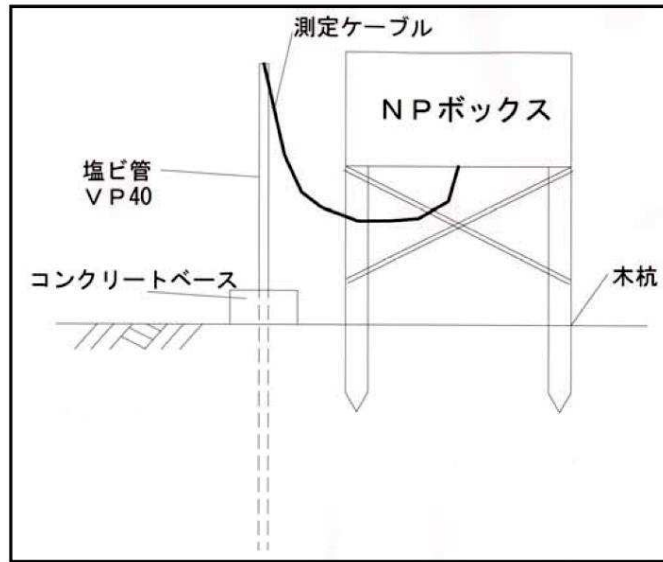
※: 地殻変動による1mの沈降を考慮したO.P.標記となっており、前頁の解析結果との比較においては、補正(+1m)した水位を記載している。



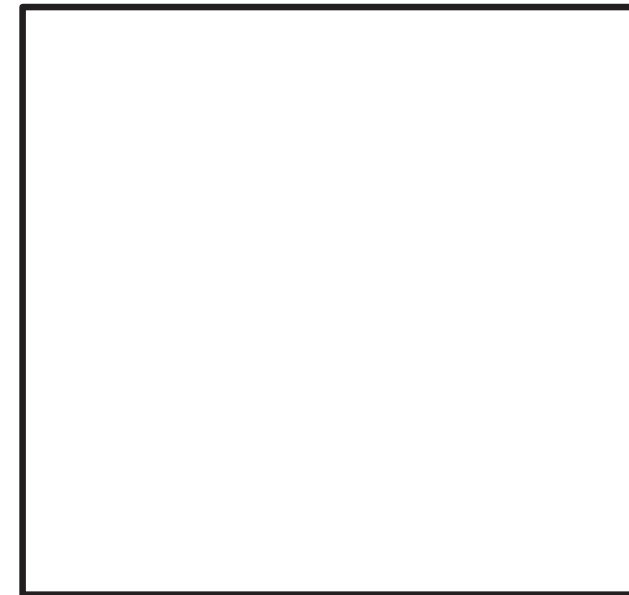
4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

4.1.2 解析条件 (境界条件:地下水観測(2/4))

- 観測孔①の概要図及び地形断面図を示す。

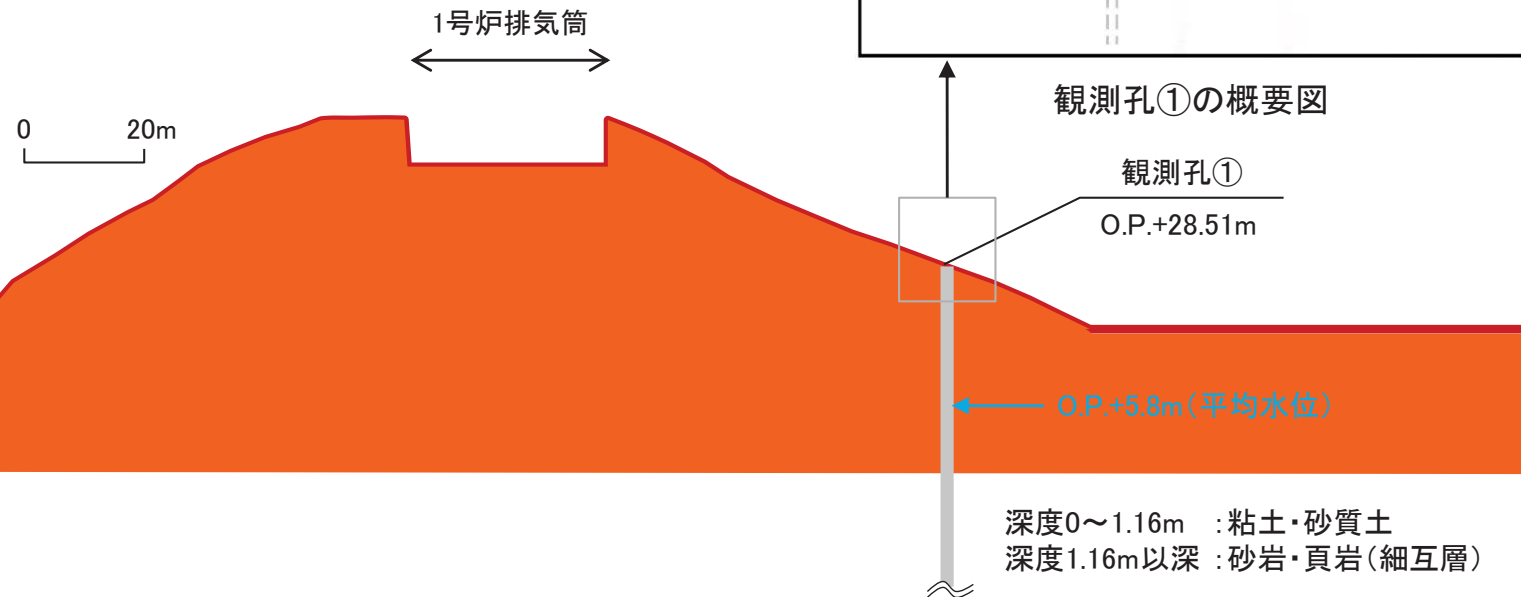


観測孔①の概要図



観測孔位置

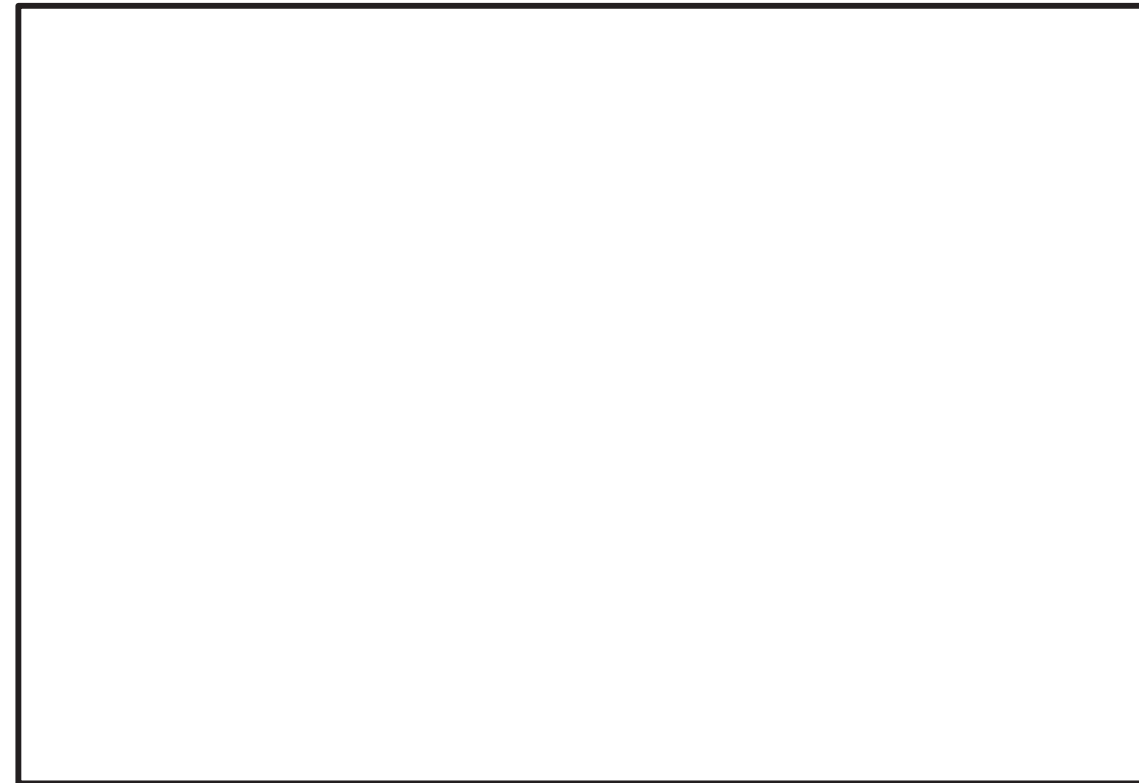
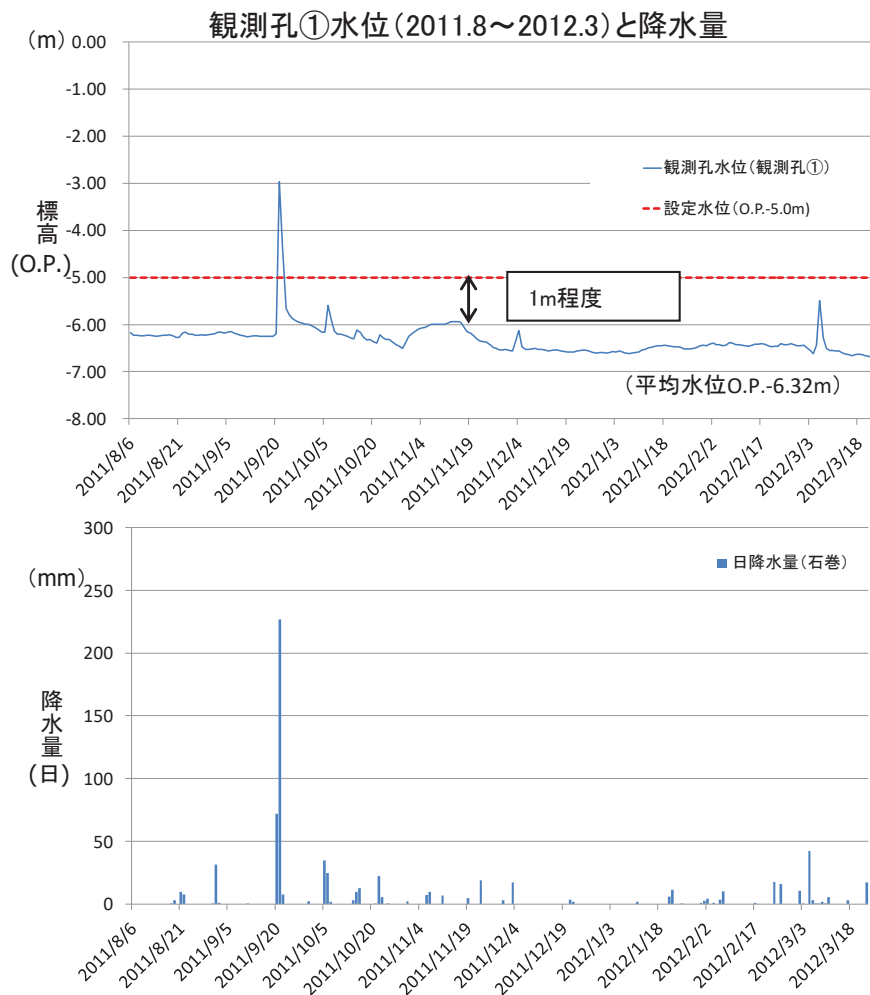
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



観測孔①の地形断面図

4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析 (参考) 4.1.2 解析条件 (境界条件:地下水観測(3/4))

- E-E'断面上の観測孔①において、観測された水位はO.P.-6.0m前後で安定している。
- 降雨と連動した水位の変動が見られるが、水位は降雨後すぐに低下しており、その影響は小さい。また、海水面に比べて低くなっていることから、地中連続壁による地下水位低下効果と考えられる。
- なお、2011年9月に急激な水位上昇が観測されているが、観測孔への雨水流入が原因であり、地下水位の上昇に対応するものではない。
- 観測結果から、観測孔①地点での地下水位を保守的にO.P.-5.0mとし、地下水位の設定に用いる。



地下水位観測位置及び地下水位低下設備配置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析 (参考) 4.1.2 解析条件 (境界条件:地下水観測(4/4))

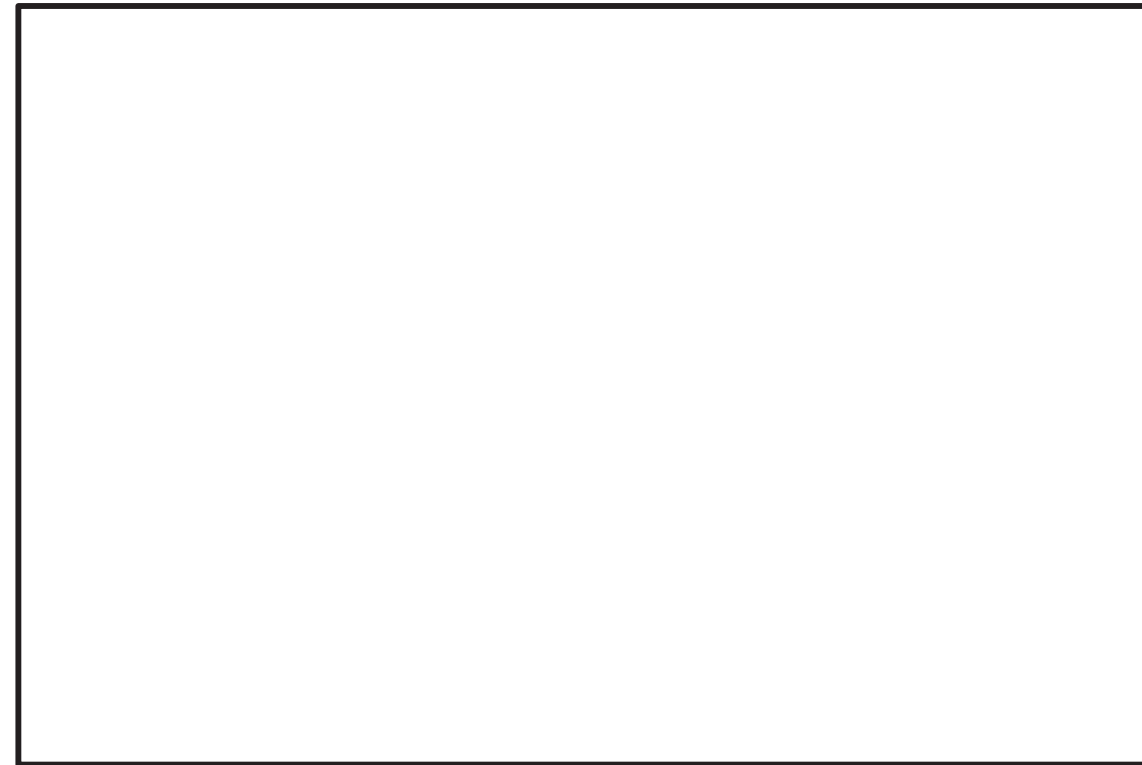
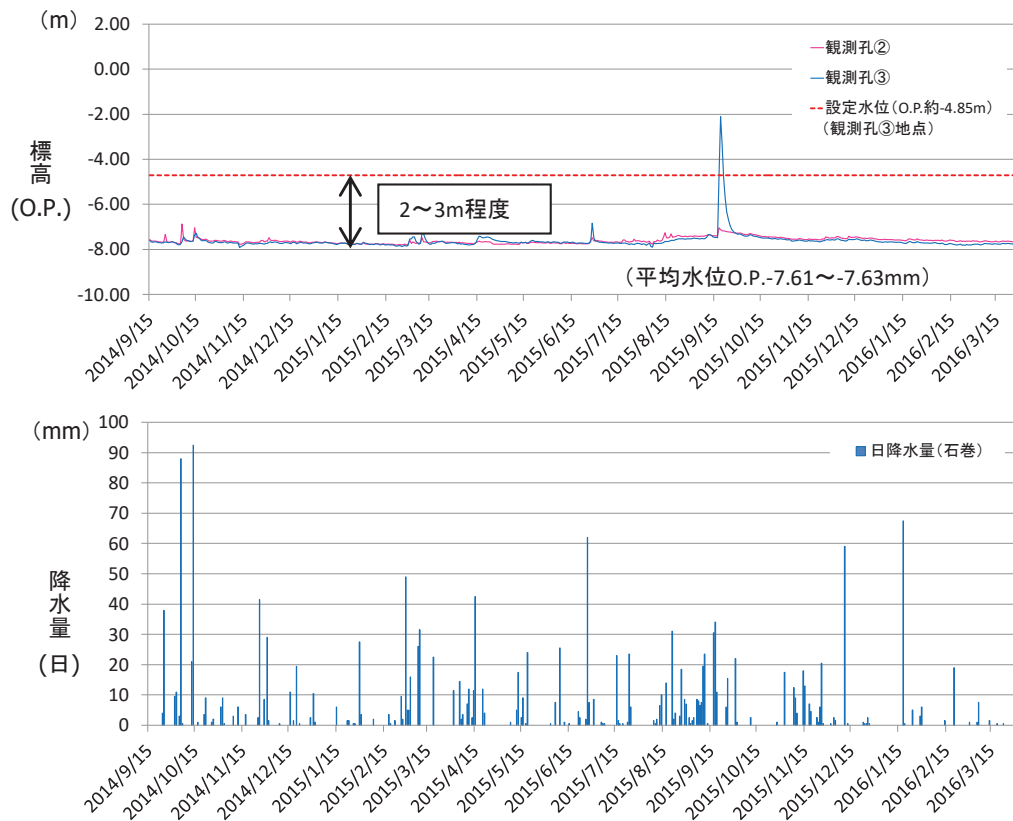
■ 検証に用いた記録

- 地中連続壁の山側(②・③)及び海側(⑥・⑦)において取得した地下水位観測記録を用いた。

■ 観測孔②・③の観測結果

- E-E'断面上の観測水位(観測孔②・③)は、O.P.約-7m~-8mで安定しており、降水と連動した水位の変動は見られない。
- 観測孔③にて、2015年9月に一時的な水位上昇が見られたが、観測孔への雨水流入が原因であり、地下水位の上昇に対応するものではない。(近傍の観測孔②では水位の上昇は見られていない)
- 以上より、設定水位は観測水位に対し裕度があり、妥当であることを確認した。
- なお、観測期間は1年半程度であるが、排水路は既往最大の時間降水量(91mm/h;石巻, 200年確率降水量に相当)を排水できる能力があり、雨水(表面水)による地下水位への影響は小さく、付近の地下水は定常的な流れの場となっており、このデータによる検証は可能である。

観測水位②・③(2014.9~2016.3)と降水量



地下水位観測位置及び地下水位低下設備配置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

4.1.2 解析条件 (透水係数)

- 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

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

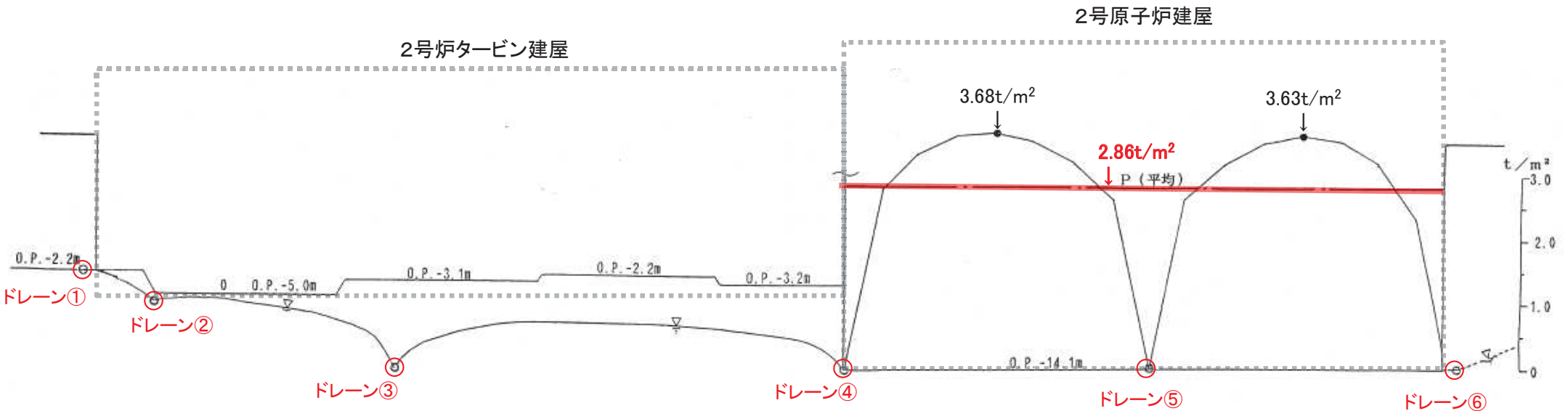
凡例

- : 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)

4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

4.1.3 解析結果（揚圧力及び湧水量：2号炉の例）

- 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

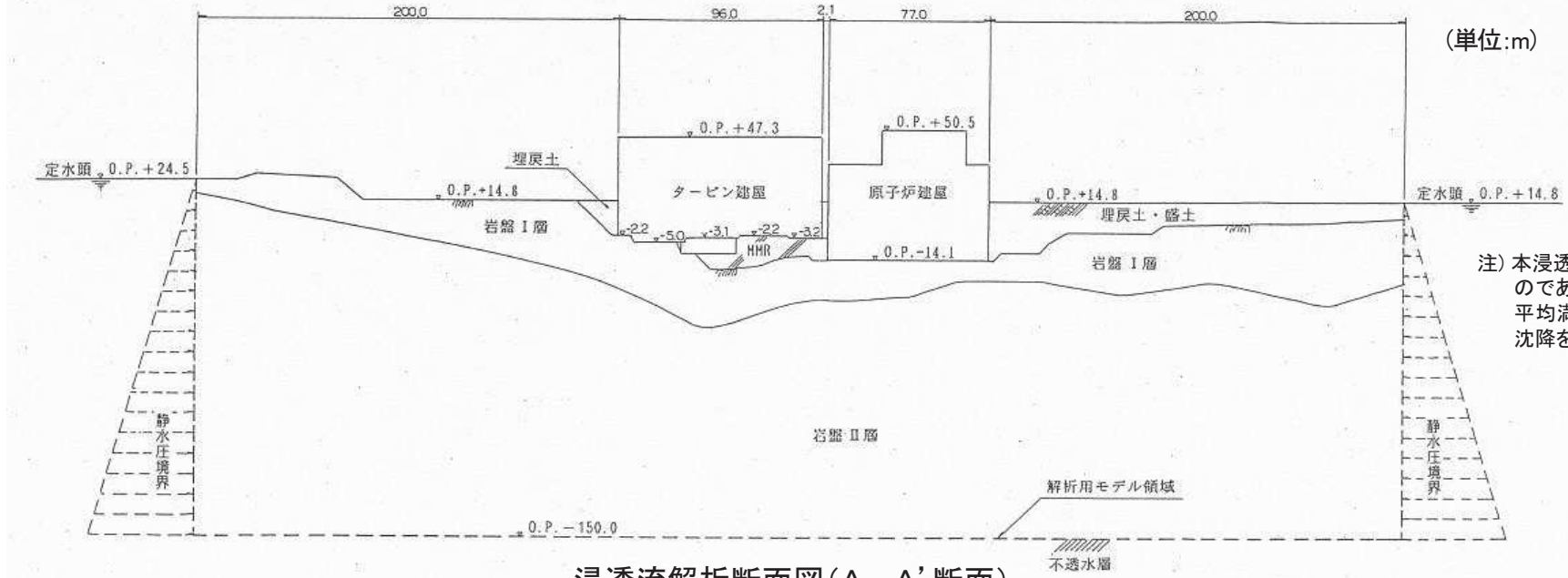
各ドレーンの湧水量 (l/min/m)

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

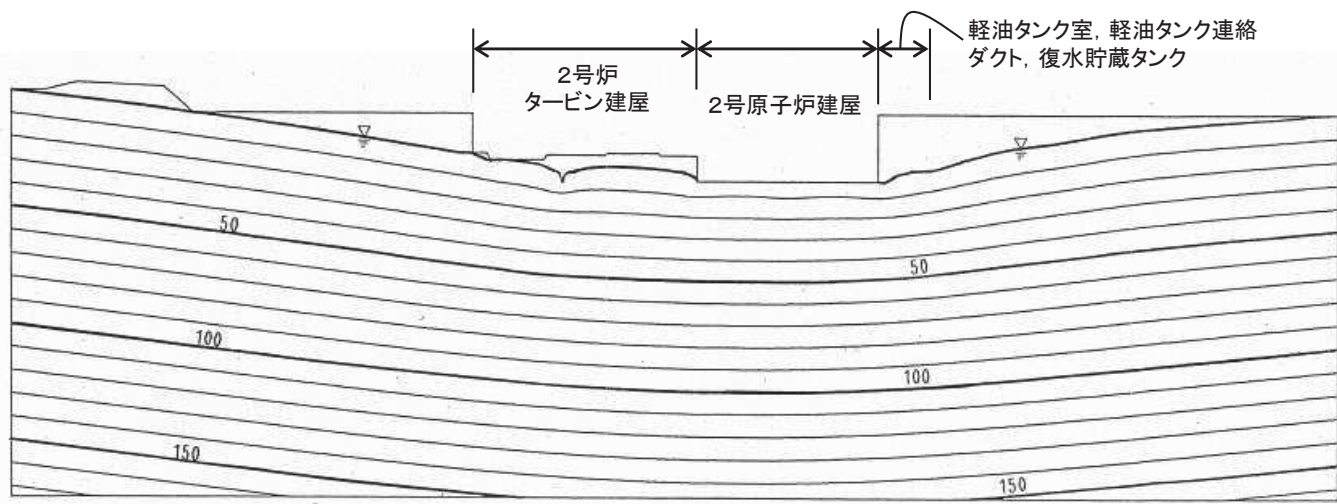
4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

4.1.3 解析結果 (間隙水圧分布:2号炉の例)

- 二次元定常浸透流解析の結果(A-A'断面)を以下に示す(その他の断面は補足説明資料2)。
- 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。



浸透流解析断面図(A-A'断面)



間隙水圧分布(A-A'断面)

(単位: t/m²) ※

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

4. 浸透流解析 4.1 既往の浸透流解析

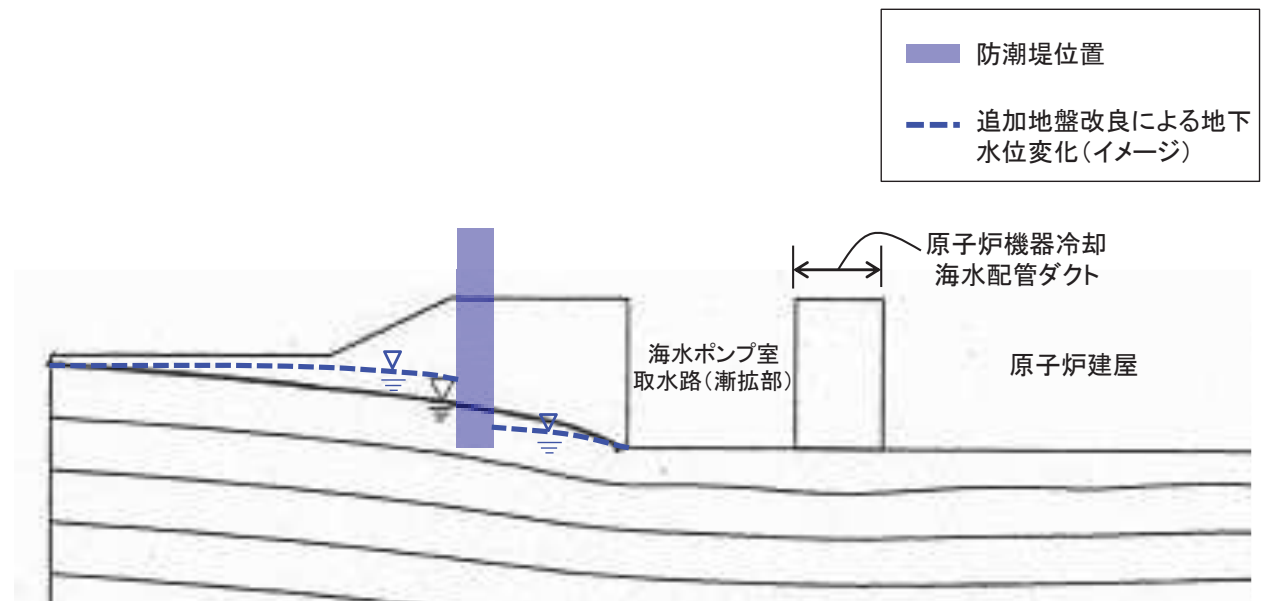
4.1.4 解析結果を地下水位設定に用いることの妥当性

- 既往の浸透流解析は保守的な解析条件を設定して実施していることから、その結果として得られる湧水量、揚圧力及び地下水位についても保守性を有するものとする。
- したがって、湧水量は地下水位低下設備の設計、揚圧力は建屋の設計、地下水位はそれぞれの施設設計に反映することは妥当である。
- 一方で、これまで海山方向の二次元的な地下水の流れが支配的であった状況が、防潮堤直下の地盤改良の実施により、三次元的な地下水流況に変化する可能性があるため、既往の浸透流解析を採用するには、防潮堤直下の地盤改良の影響を確認する必要がある(検討は次頁以降)。

4. 浸透流解析

4.2 防潮堤の影響（防潮堤の追加地盤改良による影響）

- 防潮堤の直下を地盤改良することにより地下水の流況に変化が生じるが、以下の理由により、施設周辺の地下水位が現状より上昇することはなく、その影響は海側に限定されるものと考えられる。
 - 防潮堤の海側については、透水係数が小さい改良地盤の層が構築されることにより、地下水位はドレーンの影響を受けにくくなり、海水位の影響が支配的となる。
 - 防潮堤と主要建屋の間については、改良地盤の構築により、海水の供給量が減少し、地盤改良前より地下水位が低くなる。
 - 主要建屋の山側については、建屋周りにある揚水ポンプの容量に十分余裕があることから、大きな変化はないと考えられる。ただし、防潮堤の端部周辺はドレーンとの離隔により、相対的に地下水位が高い傾向がある。
- ①及び②については、防潮堤海側に設置した地中連続壁の前面・背面で実施した地下水連続観測結果からも同様の傾向を確認している。
- また、防潮堤の直下を地盤改良したことによる地下水への影響については、次頁以降の三次元浸透流解析の結果からも確認を行う。

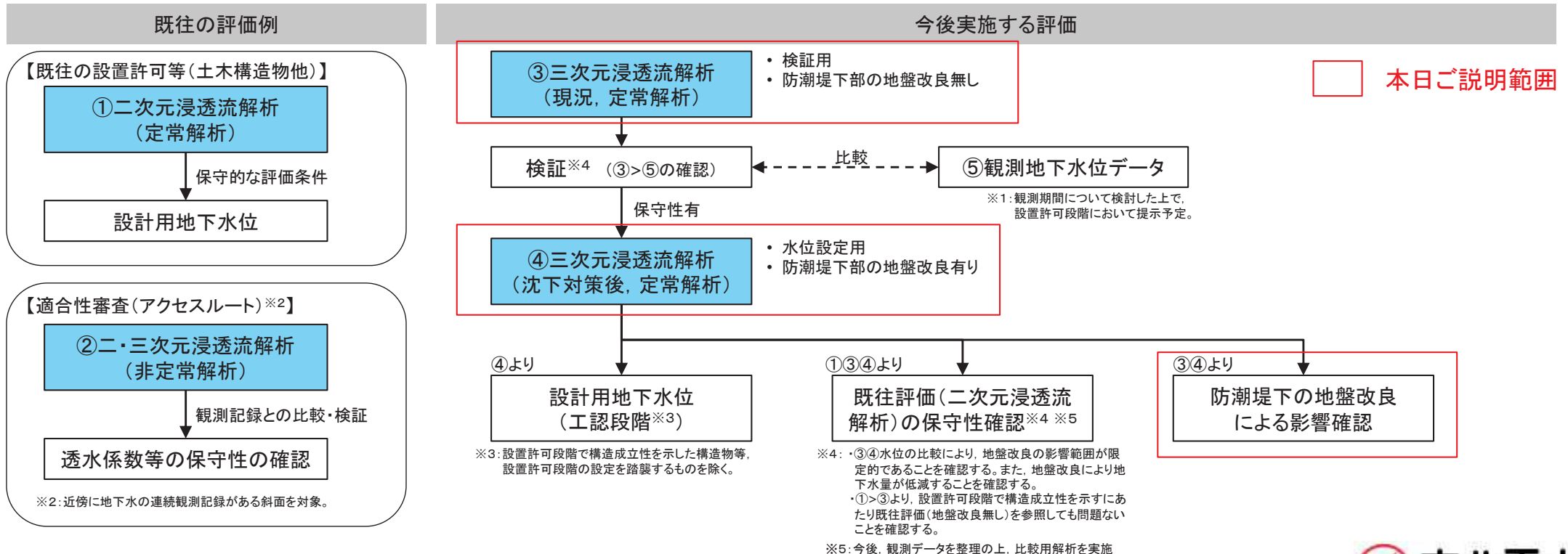


防潮堤周辺の流況の変化
(浸透流解析(C-C'断面)を抜粋・加筆)

4. 浸透流解析 4.3 三次元浸透流解析

4.3.1 概要

- 敷地への降雨は、山から尾根沿いの沢を介して低地（海方向）へ向かう二次元的な流れが支配的であり、既往の設置許可等においては、保守的な条件のもとで実施した二次元浸透流解析等を参照し施設評価等に用いる地下水位を設定しており、地下水低下設備の諸元はこの解析に基づき決定している。また、解析に用いた透水係数等は調査に基づき設定している(4.1)。
- 防潮堤直下の地盤改良を実施することにより、敷地の地下水流況が変化する可能性があるため、三次元浸透流解析を実施して、その影響を確認する。
- 三次元浸透流解析においては、保守的な境界条件（陸域は周辺法面の法肩、海域はH.W.L.に水位固定）を与えた定常解析によって形成される地下水位の分布を算出し、観測地下水位データ（新規観測井も含む）を上回ることを確認する。
- 観測地下水位データとの比較は、現況（防潮堤下部の地盤改良なし）に対応した三次元浸透流解析モデルにて行い、保守性が確認された場合は沈下対策後（防潮堤下部の地盤改良・MMRあり）のモデルに変更し、地下水位の分布を算出する。得られた地下水位の分布を参照し、工認段階における設計用地下水位を設定する。あわせて、既往評価の保守性や防潮堤下の地盤改良による影響についても確認する。



4. 浸透流解析 4.3 三次元浸透流解析

4.3.2 解析条件等

(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MMR有)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。

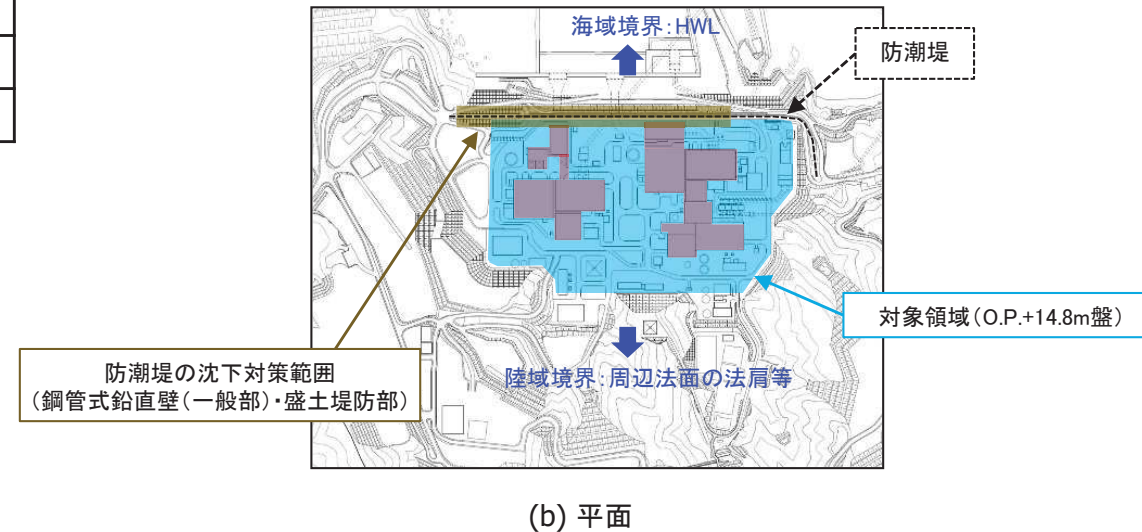
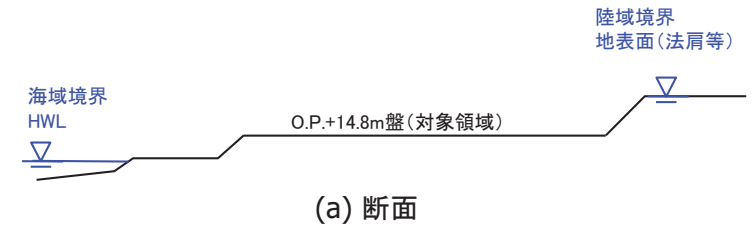
※:耐震裕度向上等の目的で実施した地盤改良等は、低透水層としてモデル化する。
ただし、海側の地中連壁の影響は保守的に考慮しないものとする。

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)

(3) 境界条件など

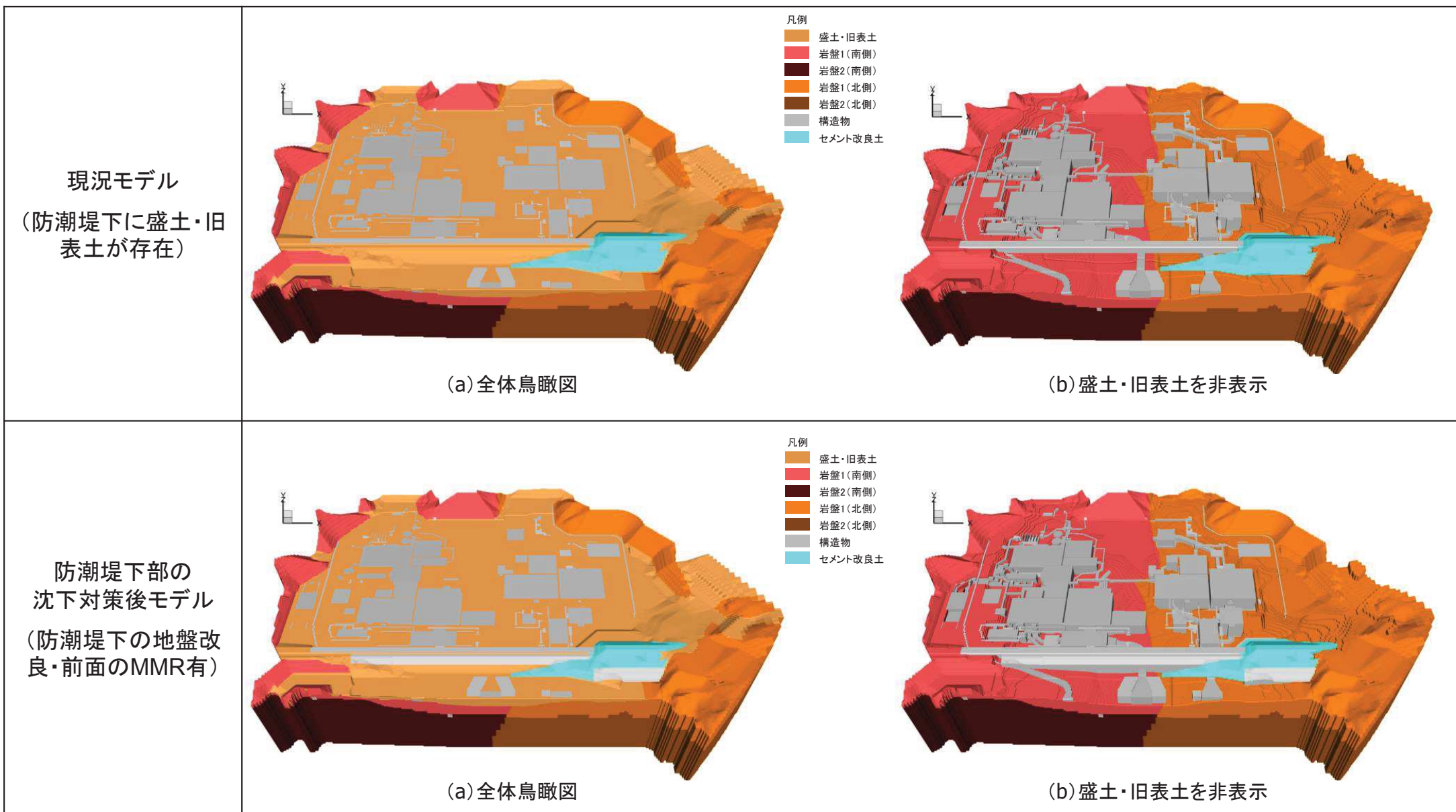
- 初期条件 淡水飽和状態
- 境界条件
 - 陸地:地表面に静水圧固定境界
 - 海域:H.W.L(O.P.+1.43m)に静水圧固定境界
- 降水量条件 入力なし(定常解析)



三次元浸透流解析の範囲等

4.3.3 解析モデル

- ・ 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。

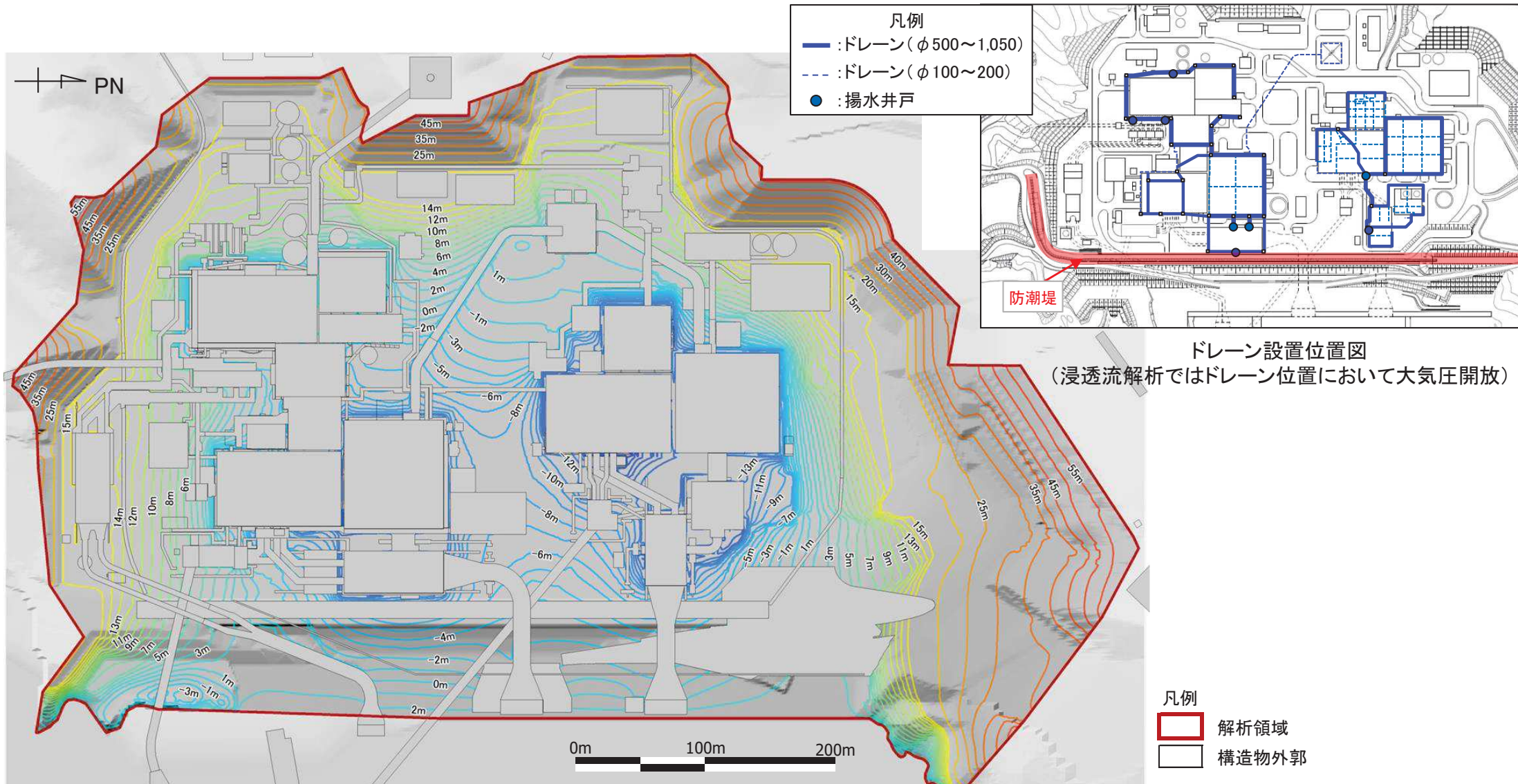


三次元浸透流解析モデル鳥瞰図

4. 浸透流解析 4.3 三次元浸透流解析

4.3.4 解析結果(1) 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。

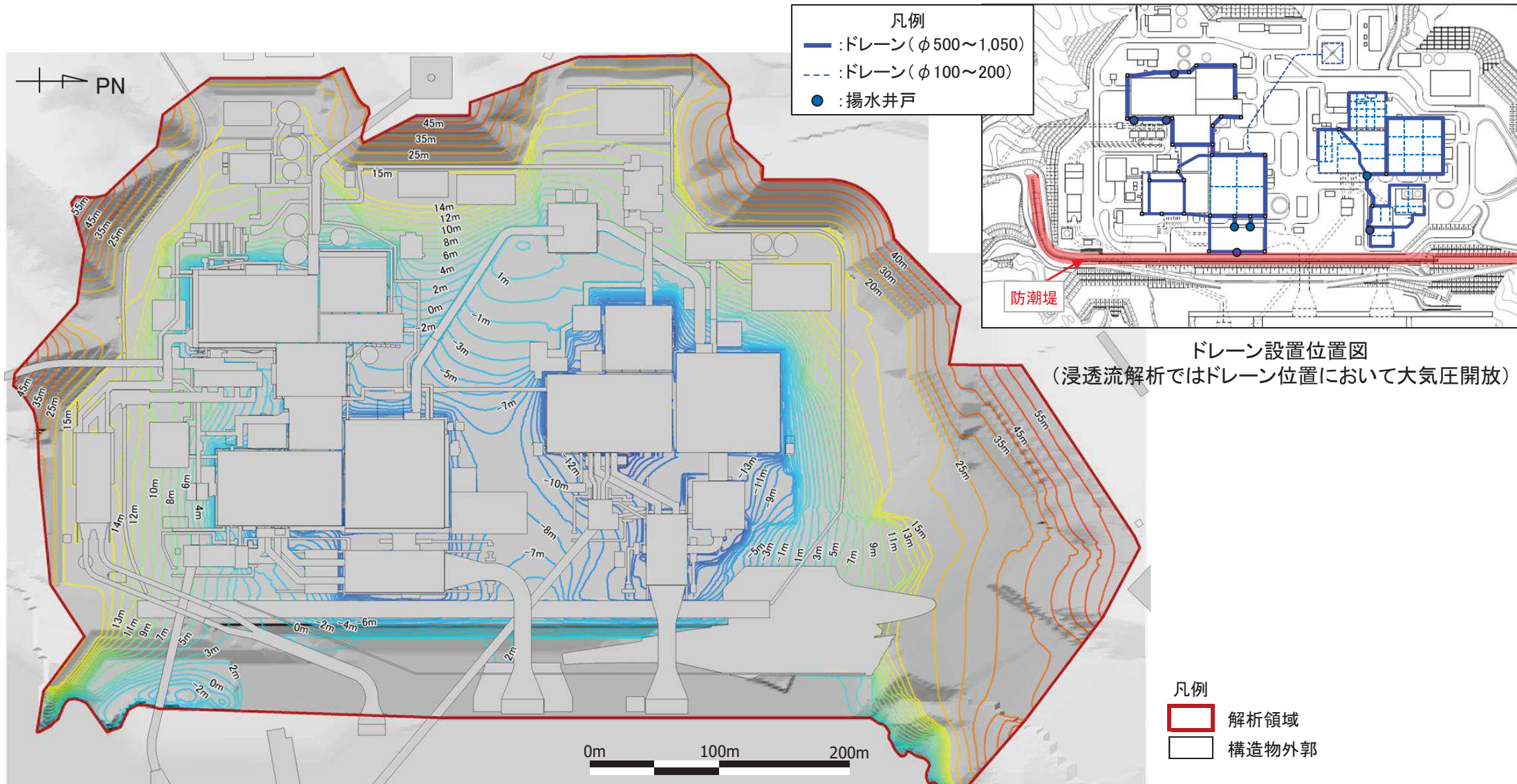


自由地下水位等高線図 現況モデル

4. 浸透流解析 4.3 三次元浸透流解析

4.3.4 解析結果(2) 対策後モデル(防潮堤直下の地盤改良・MMRあり)

- 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MMR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。

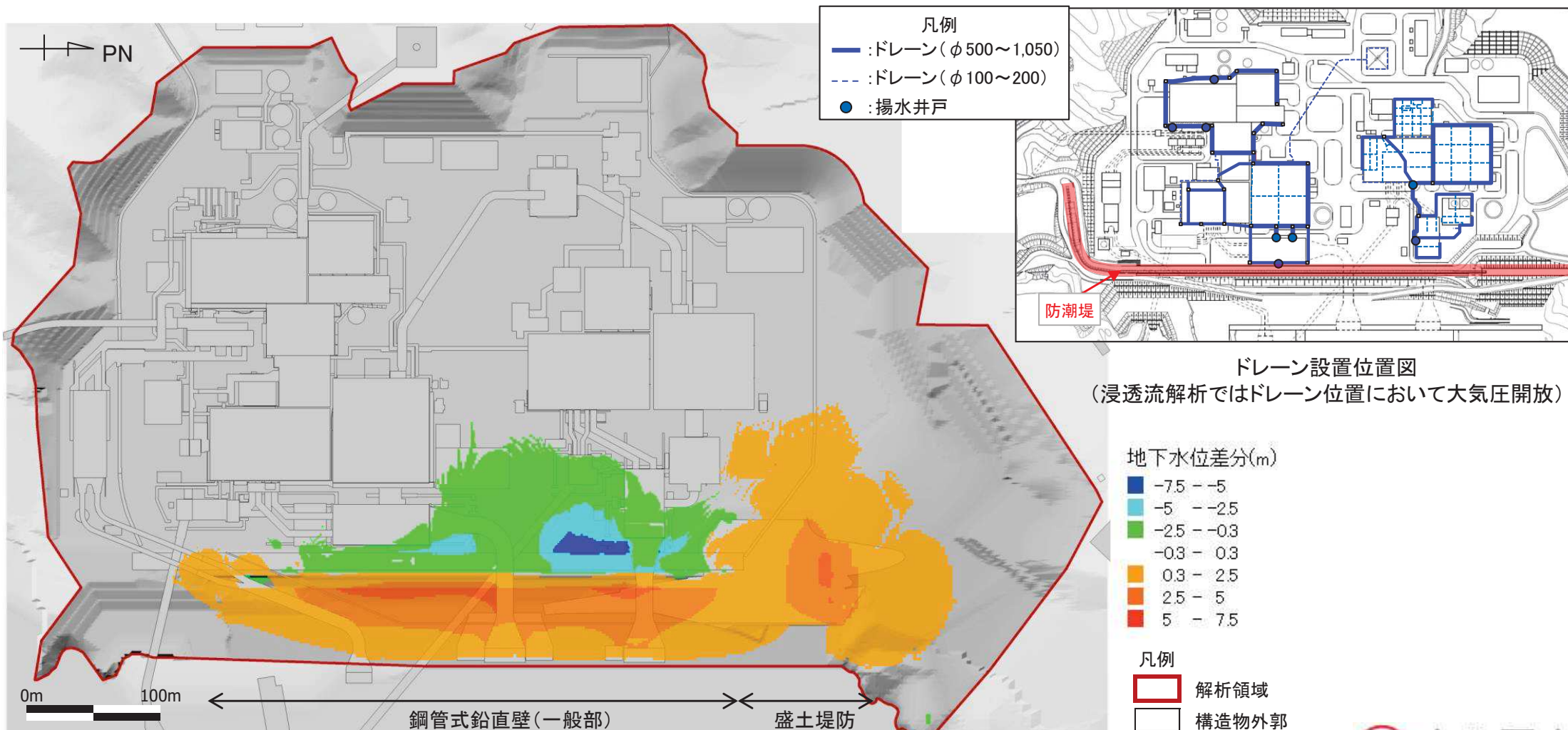


自由地下水位等高線図 防潮堤下部の沈下対策後モデル

4. 浸透流解析 4.3 三次元浸透流解析

4.3.4 解析結果(2) 対策後モデル(防潮堤直下の地盤改良・MMRあり)

- 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側に限定される。
- このうち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である。



防潮堤下部の沈下対策前後における自由地下水位差分

5. 各施設の地下水位の設定

5. 各施設の地下水位の設定(1/3)

各審査段階における地下水位は、地下水位低下設備の効果を見込んで、以下のとおり設定する。
また、各施設の地下水位の設定については、下表及び次頁以降の表のとおりである。

【設置許可段階】

- 適切な保守性を確保するため、①地表面、②朔望平均満潮位(海域に接している場合のみ)とし、解析条件等から保守性を有することを確認した③二次元浸透流解析により地下水位を設定する。
- 防潮堤直下の地盤改良により流況が変化することに対応した④三次元浸透流解析を実施し、③の保守性が損なわれないことを検証する。

【工事計画認可段階】

- 地形や地下水の流動場を適切に反映するため、防潮堤直下の地盤改良を反映した④三次元浸透流解析により地下水位の設定を行う。
- また、設置許可段階において構造成立性を示すものについては、設置許可と同様の設定方法を採用する。

設計基準対象施設(規則第3条1項)及び重大事故等対処施設(規則第38条1項) (詳細は補足説明資料3)

対応条文	施設名称	構造概要	支持層	地下水位の設定方針	
				設置許可段階	工認段階
規則第3条1項 規則第38条1項	O.P.+14.8m盤の代表施設 (原子炉建屋)	鉄筋コンクリート構造 直接基礎構造	岩盤	地表面 (原子炉建屋直下は基礎中央)	—
規則第38条1項	O.P.+62m盤の代表施設 (緊急時対策建屋)	鉄筋コンクリート構造 直接基礎構造	岩盤	地表面	—
規則第3条1項	改良地盤支持の代表施設 (防潮堤)	杭基礎構造, 盛土構造	改良地盤	地表面	—

5. 各施設の地下水位の設定(2/3)

設計基準対象施設(規則第4,5,33条)及び重大事故等対処施設(規則第39条)

対応条文	施設名称	構造概要	支持層	地下水位の設定方針		液状化 検討対象施設 (参考)※
				設置許可段階	工認段階	
規則第4,39条	原子炉建屋	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
	制御建屋	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
	排気筒	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
	排気筒連絡ダクト	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
				—	浸透流解析に基づき設定	—
	原子炉機器冷却海水配管ダクト	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
	海水ポンプ室	鉄筋コンクリート構造	岩盤	既往の浸透流解析等に基づき設定	浸透流解析に基づき設定	—
	軽油タンク室	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
軽油タンク連絡ダクト	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—	
規則第4,5条	防潮堤	杭基礎構造, 盛土構造	岩盤, 改良地盤	鋼管式鉛直壁一般部:HWL 鋼管式鉛直壁岩盤部:地表面 盛土堤防:海側HWL, 山側 地表面/改良地盤面	設置許可と同様	○
	防潮壁(2・3号炉海水ポンプ室)	杭基礎構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
	防潮壁(2・3号炉放水立坑)	杭基礎構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	○
	流路縮小工(1号炉)	コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
規則第33条	保安電源設備	直接基礎構造又は 杭基礎構造	岩盤, 盛土	既往の浸透流解析等に基づき設定	設置許可と同様	—

※ 規則第3条2項(液状化)の地下水位の設定については、地表面、朔望平均満潮位及び解析から、適切な保守性を有する設定方法を選択。

5. 各施設の地下水位の設定(3/3)

重大事故等対処施設(規則第39,43条)

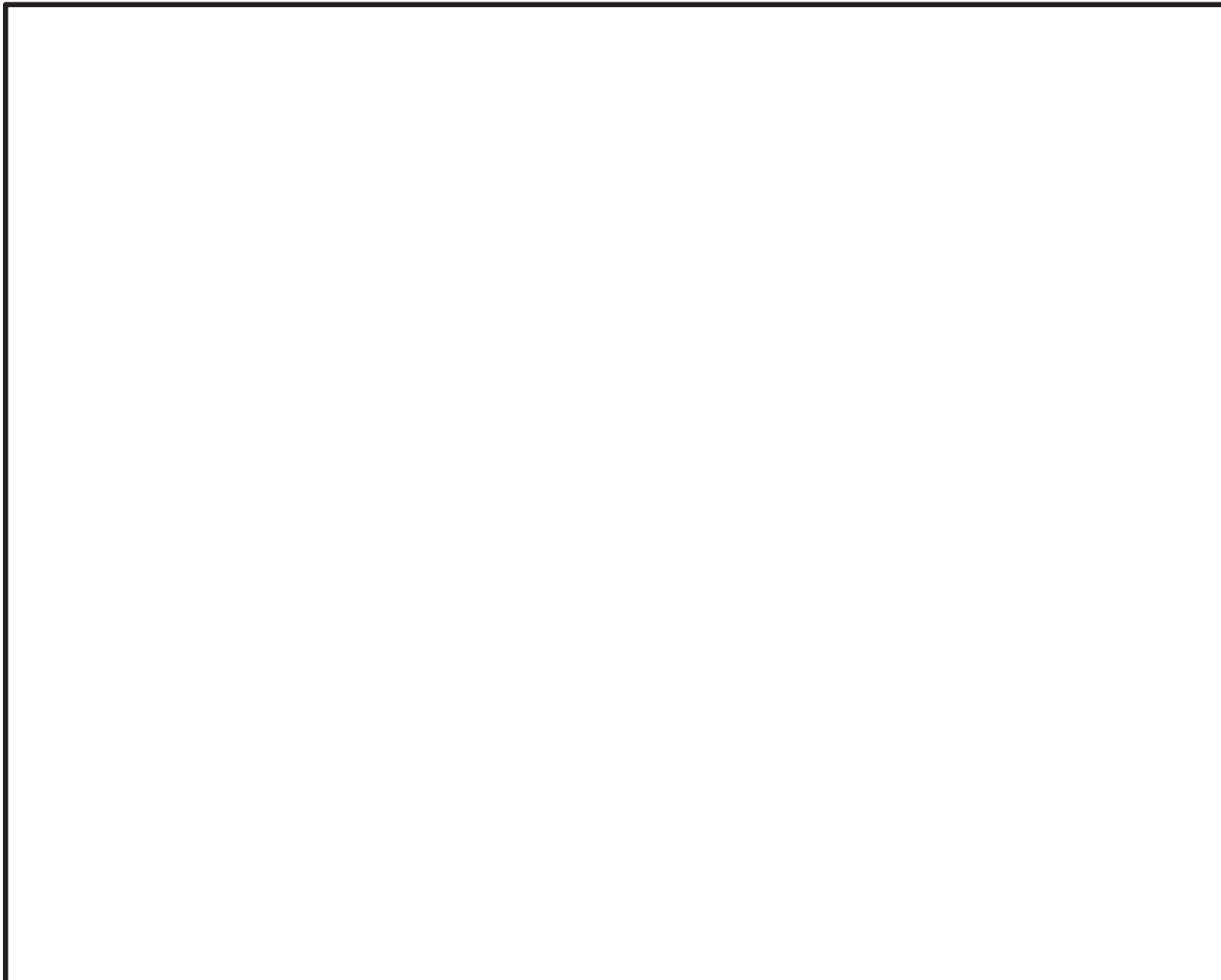
対応条文	施設名称	構造概要	支持層	地下水位の設定方針		液状化検討対象施設※1 (参考)
				設置許可段階	工認段階	
規則第39条	緊急時対策建屋	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定 (地下水位低下設備を設置予定)	—
	緊急用電気品建屋	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	地表面に設定	○
	淡水貯水槽	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	地表面に設定	—
	地下軽油タンク室	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	地表面に設定	—
	復水貯蔵タンク基礎	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	浸透流解析に基づき設定	—
	取水路	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	[標準部] HWL若しくは浸透流解析に基づき設定	○
				—	[漸拡部] 浸透流解析に基づき設定	—
—				[防潮堤横断部] 浸透流解析に基づき設定	—	
取水口	鉄筋コンクリート構造	岩盤	—	HWL	○	
規則第43条	保管場所 (第1, 第3, 第4)	コンクリート舗装	岩盤, MMR	O.P.+62m以上: 地表面に設定 O.P.+14.8mエリア: O.P.+5.0m※	設置許可と同様	—
	保管場所 (第2)	鉄筋コンクリート構造	岩盤, セメント改良土	地表面に設定	設置許可と同様	—
	アクセスルート	アスファルト舗装	岩盤, セメント改良土 , 盛土	O.P.+62m以上: 地表面に設定 O.P.+14.8mエリア: O.P.+5.0m※2 O.P.+3.5mエリア: HWL	設置許可と同様	○
	アクセスルート (周辺斜面)	—	—	地表面若しくは浸透流解析に基づき設定	設置許可と同様	—

※1 規則第3条2項(液状化)の地下水位の設定については、地表面、朔望平均満潮位及び解析から、適切な保守性を有する設定方法を選択。





※2 2・3号炉排気筒基礎の既工認における設定水位(O.P.+4.5m)及び水位連続観測結果から設定。

5. 各施設の地下水位の設定

(参考)耐震重要施設配置図及び常設重大事故等対処施設配置図



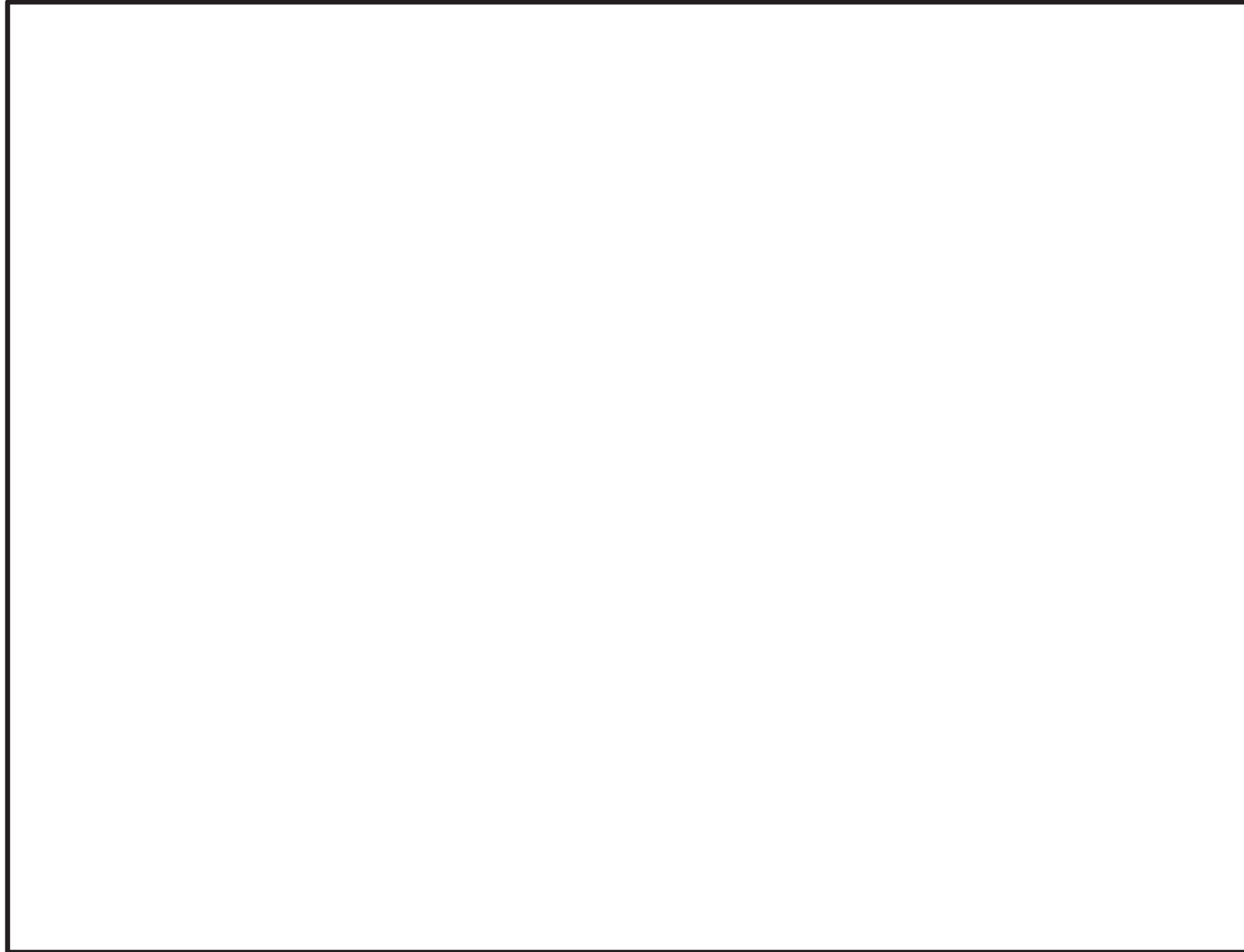
凡例

-  :耐震重要施設
-  :常設重大事故等対処施設
-  :耐震重要施設及び
常設重大事故等対処施設
-  は地中構造物を示す

耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設配置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

5. 各施設の地下水位の設定 (参考)常設重大事故等対処施設配置図



保管場所及びアクセスルート図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

補足説明資料

1. 排水路の概要

- 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

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

※: 林地開発許可申請書記載値(平成29年12月)

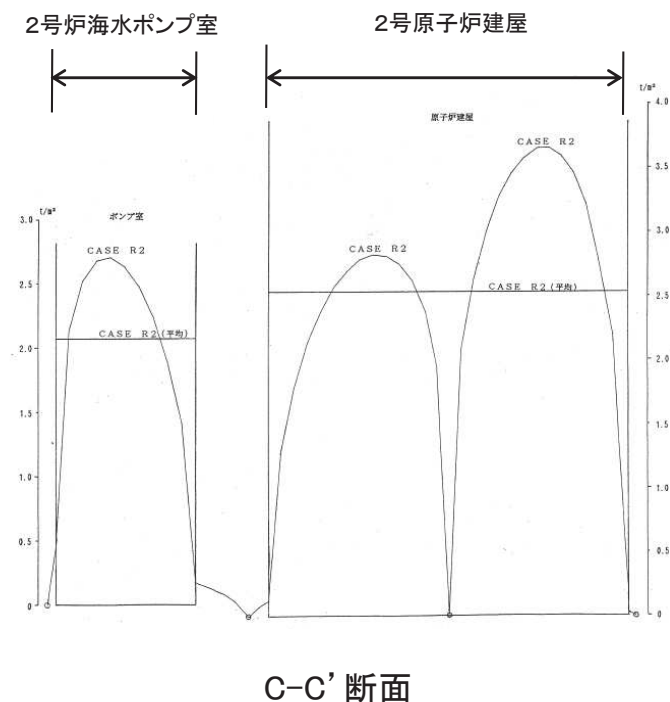
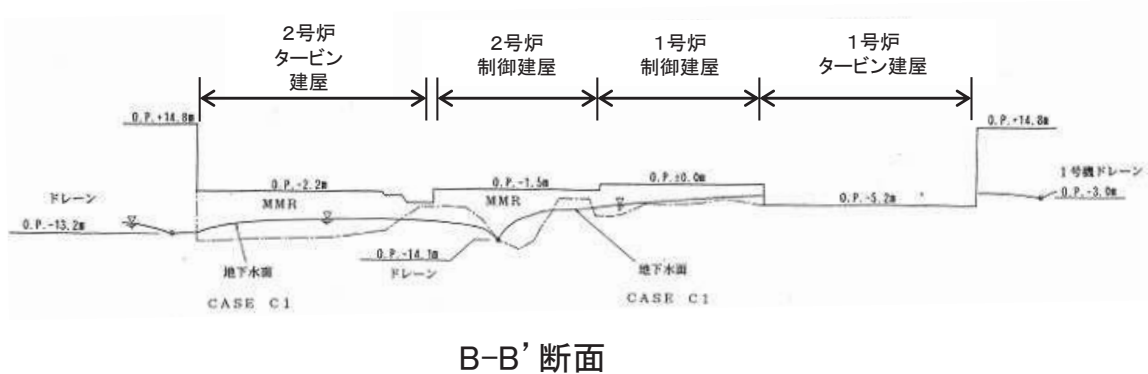
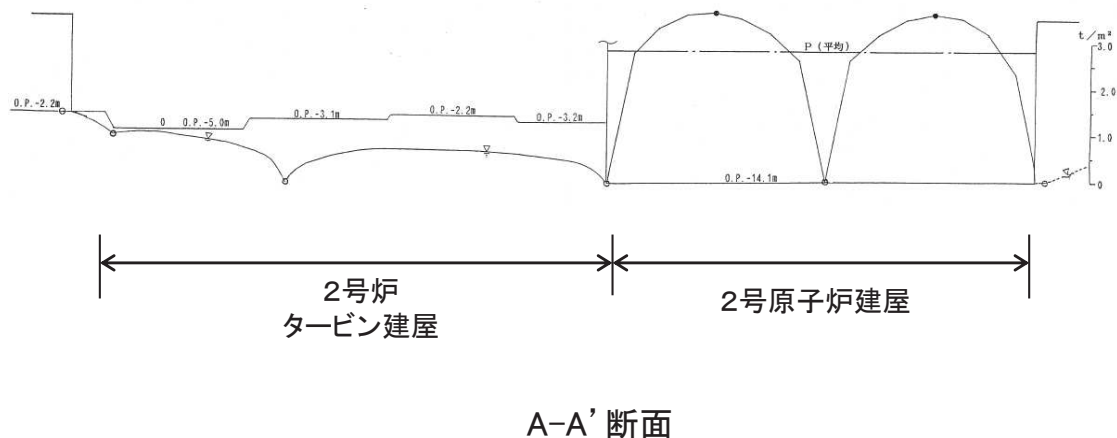
補足説明資料

2. 既往の浸透流解析の結果

補足説明資料2. 既往の浸透流解析の結果

2.1 2号炉(二次元浸透流解析結果:揚圧力)

- 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。

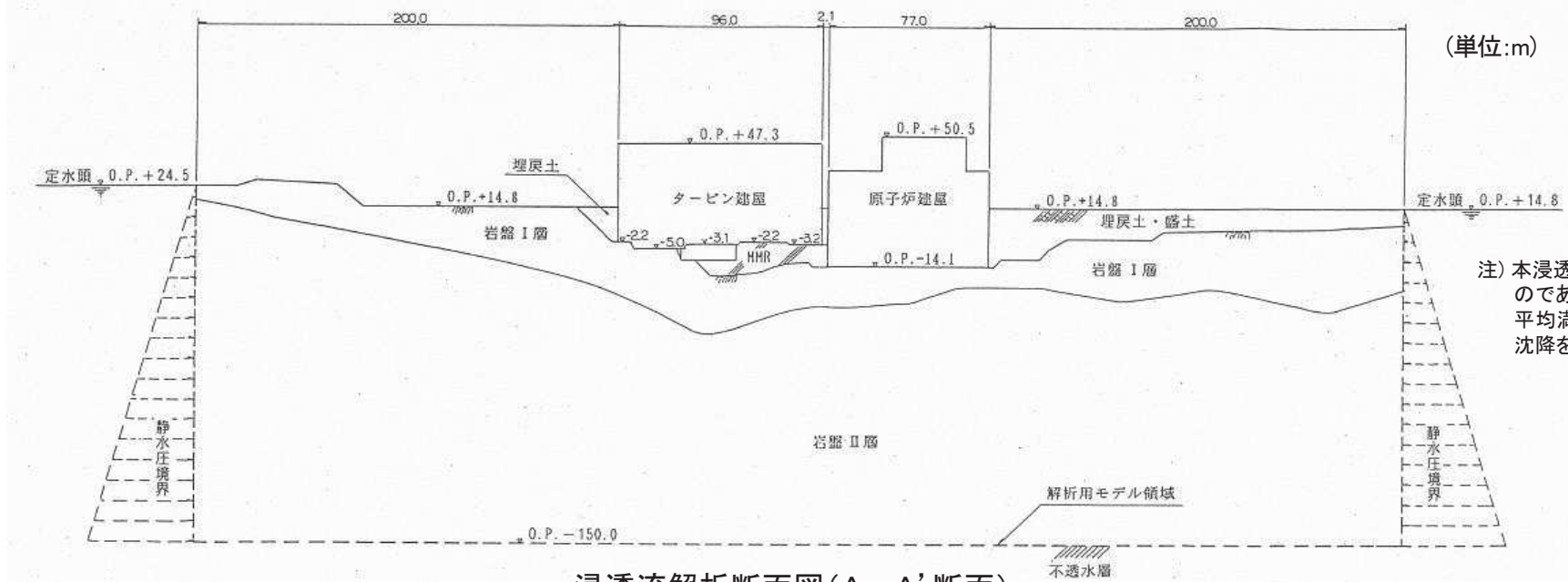


揚圧力分布図及び地下水面形

補足説明資料2. 既往の浸透流解析の結果

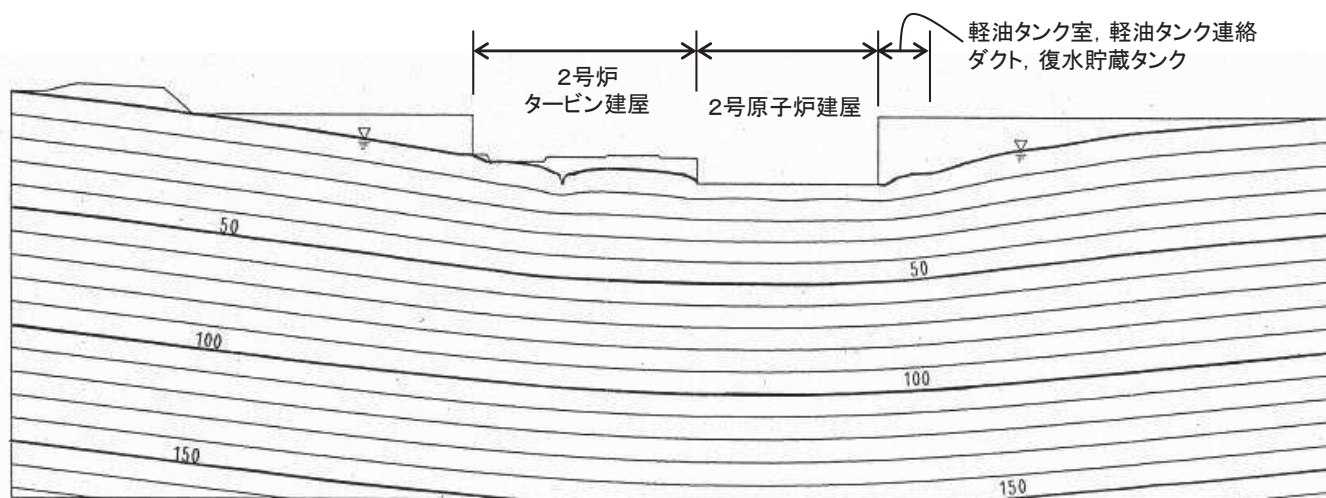
2.1 2号炉(二次元浸透流解析結果:間隙水圧分布①)

- 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)



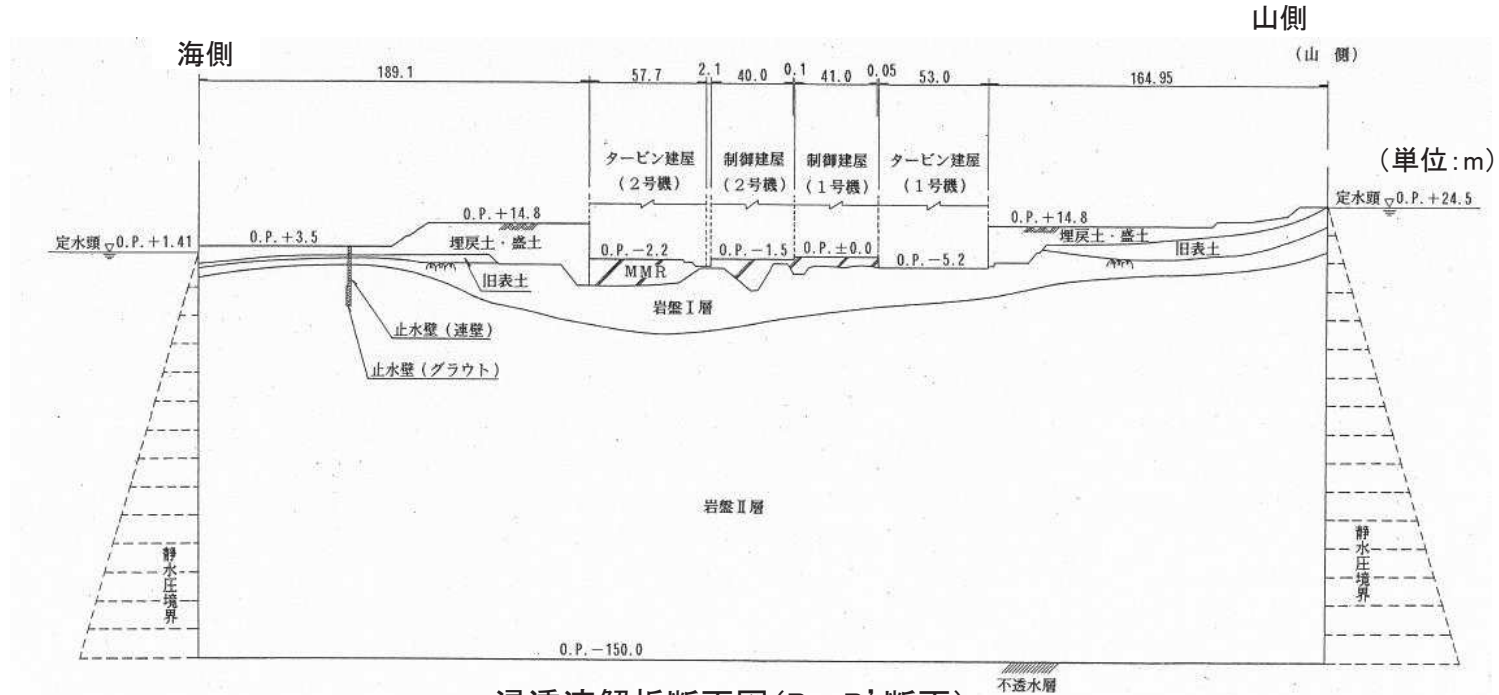
※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

間隙水圧分布(A-A'断面)

(単位: t/m²) ※

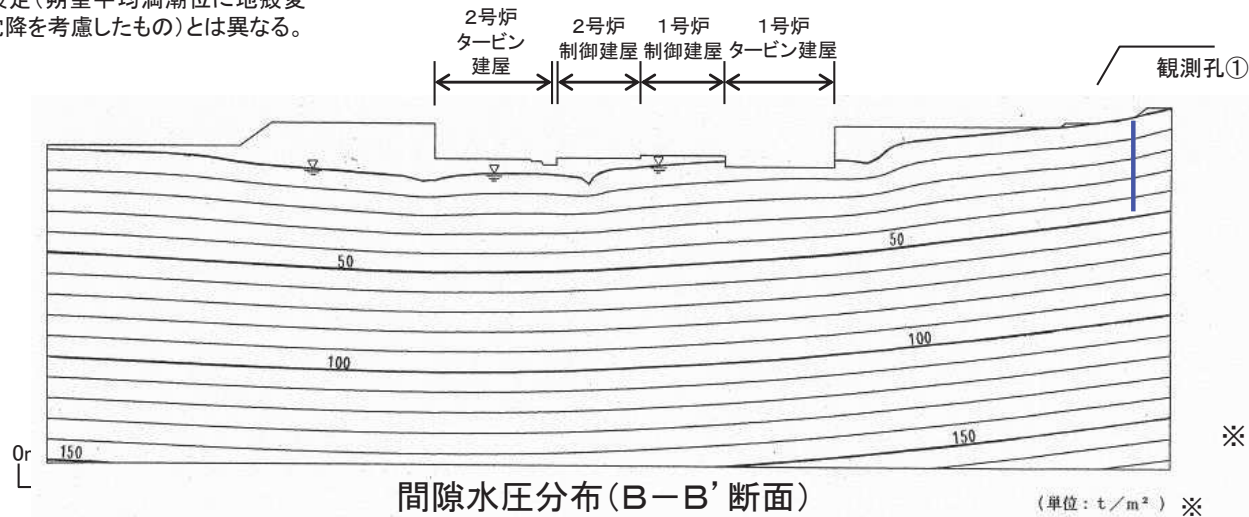
2.1 2号炉(二次元浸透流解析結果:間隙水圧分布②)

- 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。

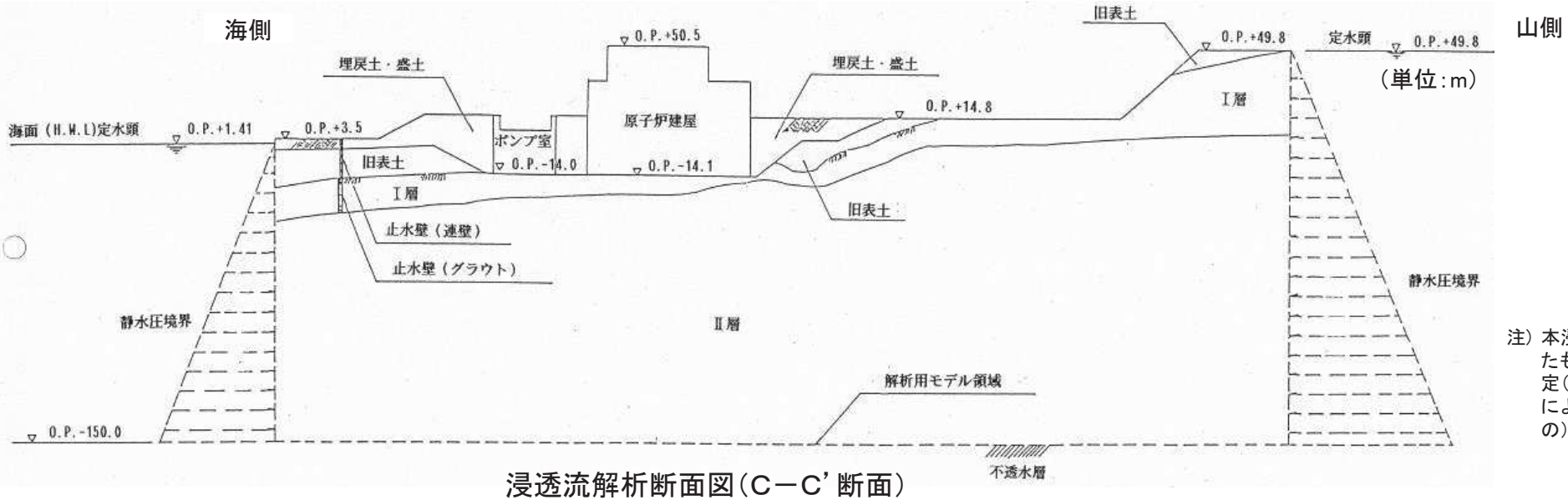
浸透流解析断面図(B-B' 断面)



補足説明資料2. 既往の浸透流解析の結果

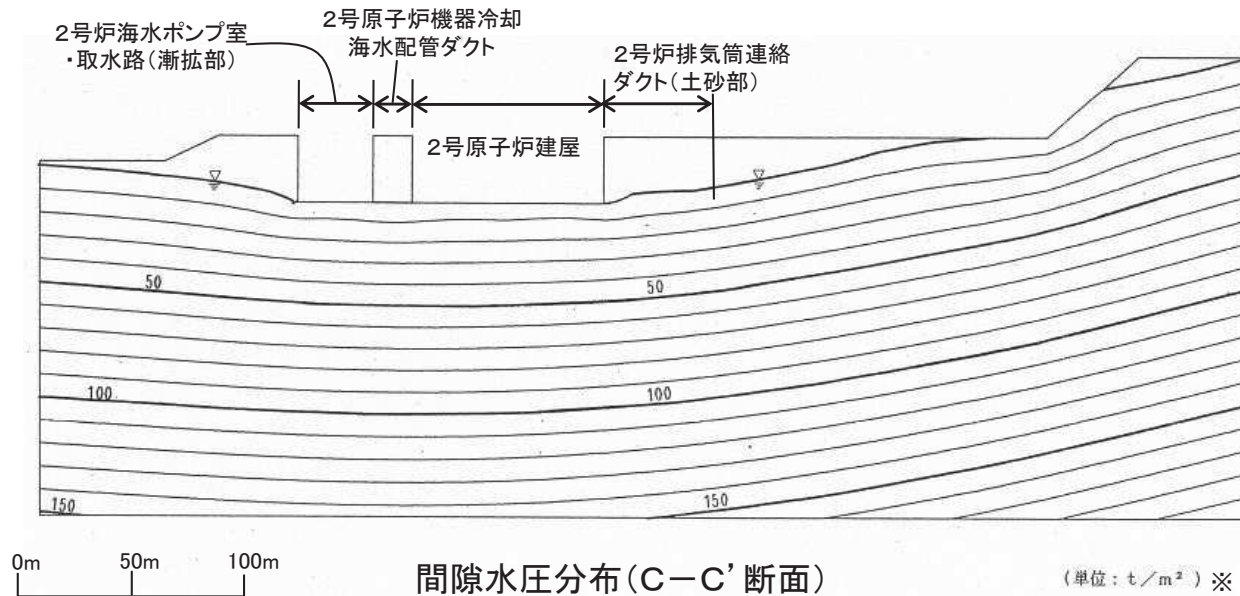
2.1 2号炉(二次元浸透流解析結果:間隙水圧分布③)

- 解析断面とその結果(C-C' 断面)を以下に示す。
- ドレーンを設置している2号原子炉建屋等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。

浸透流解析断面図(C-C' 断面)

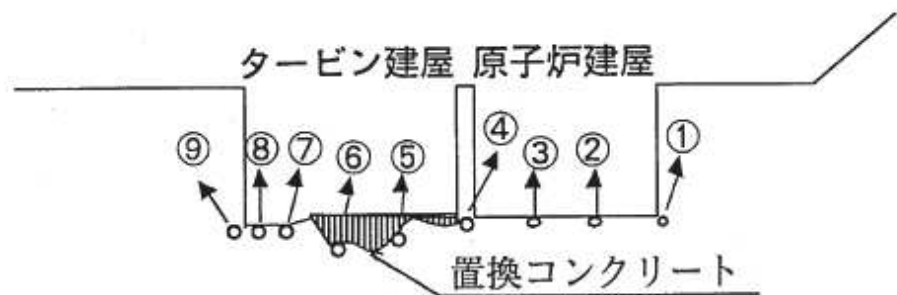


※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

補足説明資料2. 既往の浸透流解析の結果

2.2 3号炉(二次元浸透流解析結果:湧水量)

- 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 ($\ell/\text{min}/\text{m}$)

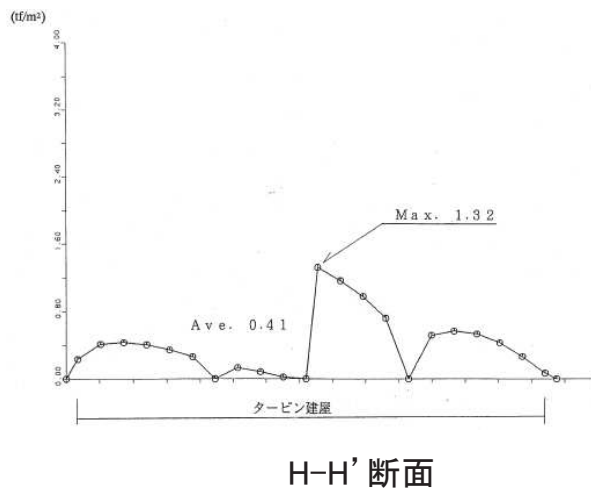
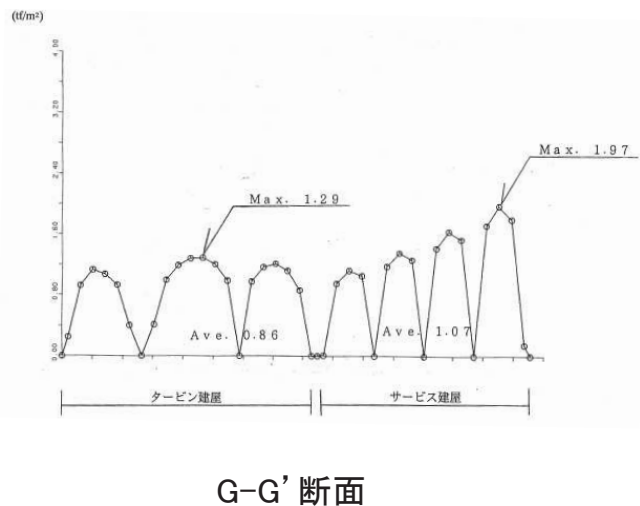
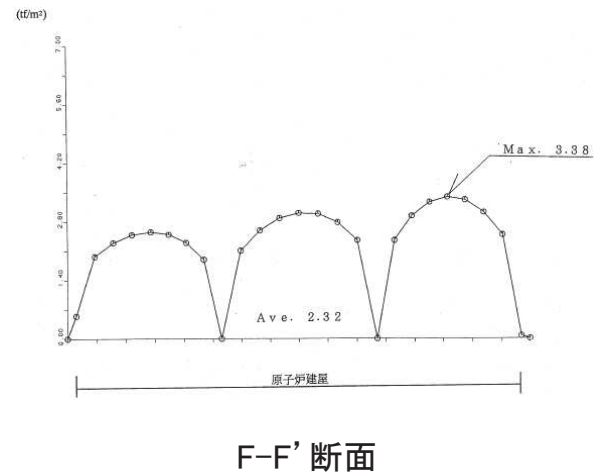
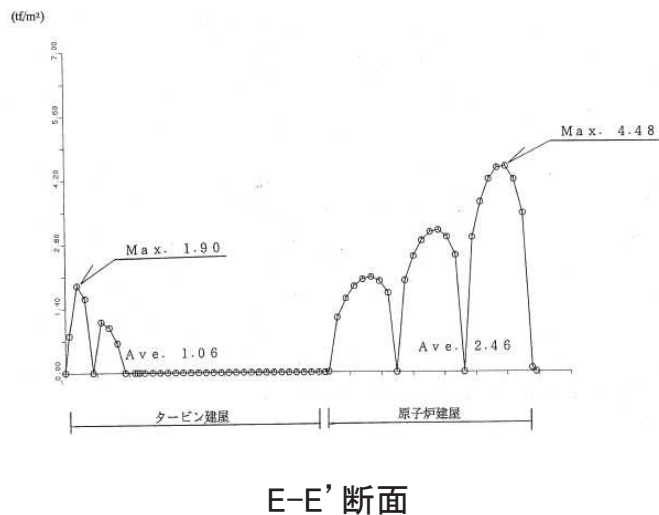
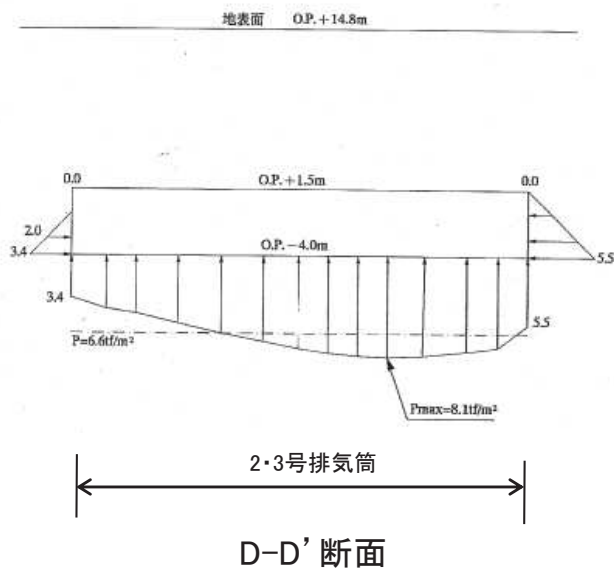
原子炉建屋

湧水量解析結果(3号炉)

補足説明資料2. 既往の浸透流解析の結果

2.2 3号炉(二次元浸透流解析結果:揚圧力)

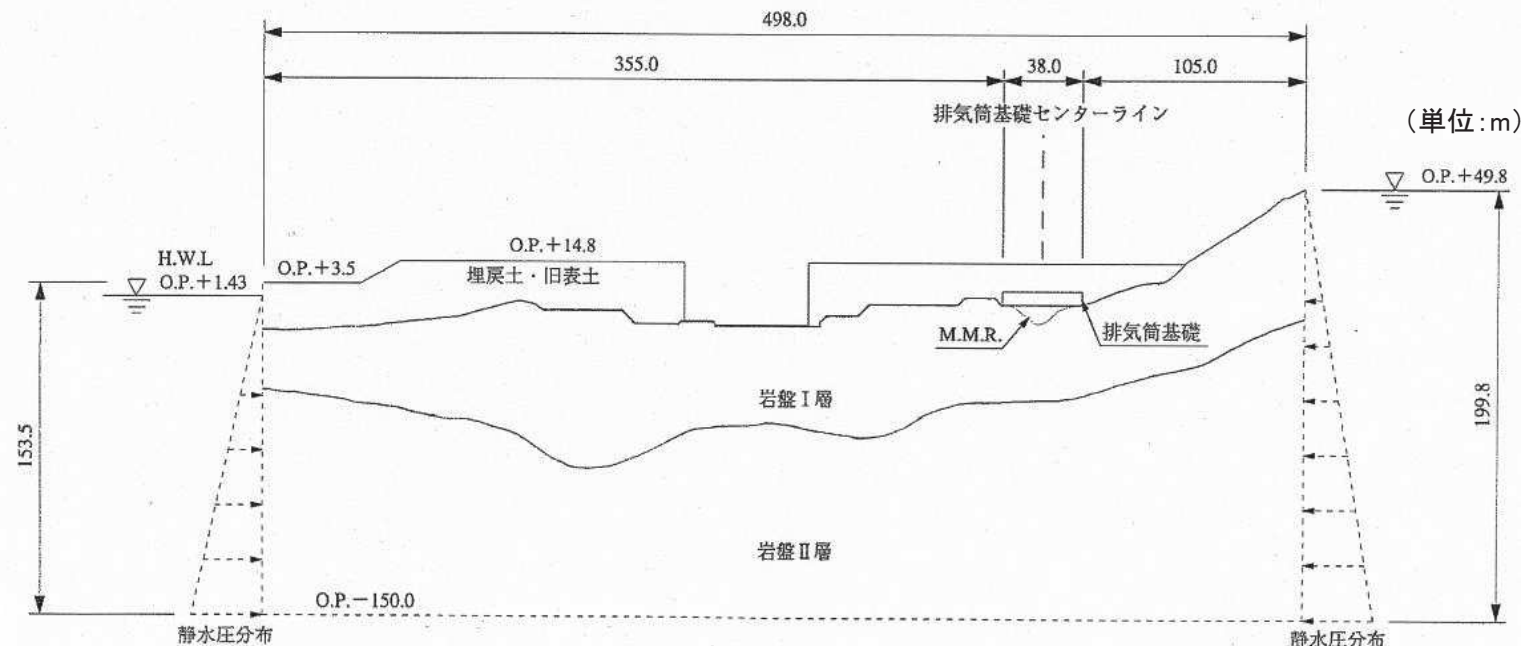
- 3号炉主要建屋における揚圧力の解析結果を以下に示す。



揚圧力分布図及び地下水面形

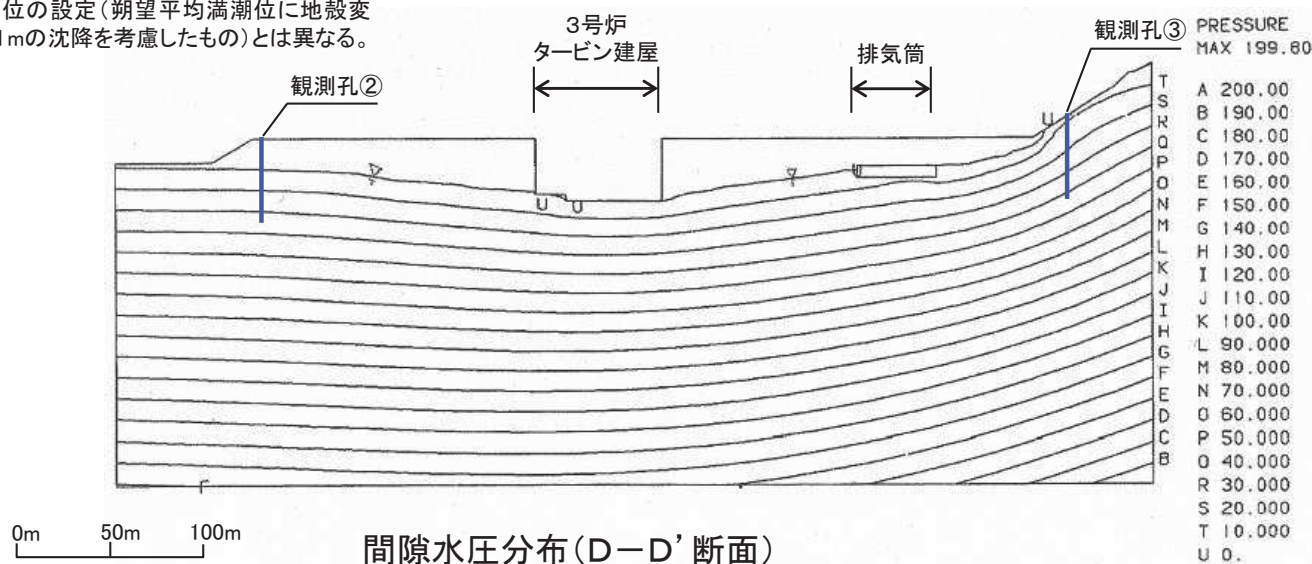
2.2 3号炉(二次元浸透流解析結果:間隙水圧分布①)

- 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(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。

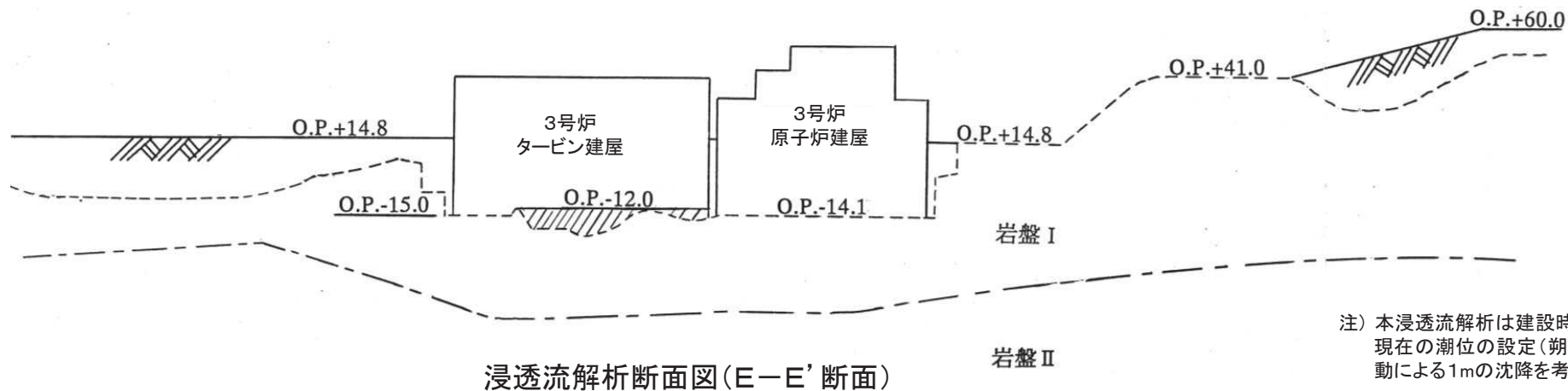


間隙水圧分布(D-D'断面)

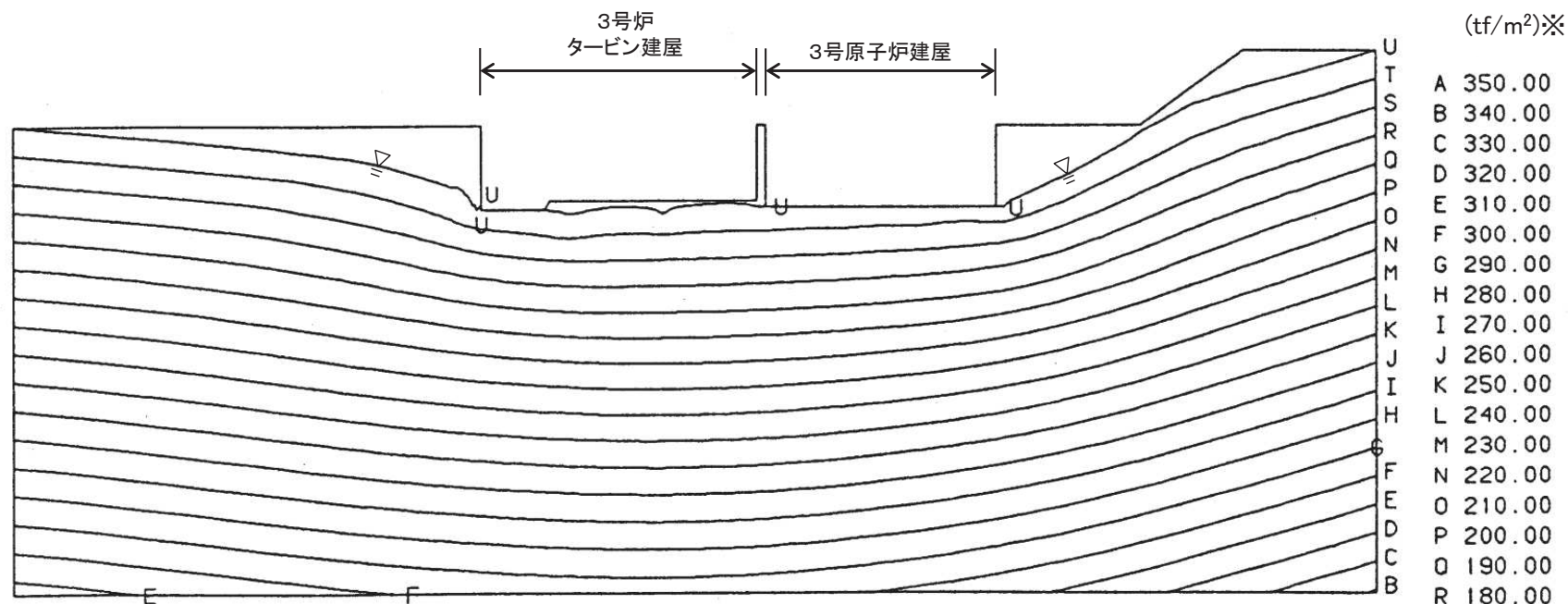
U: 地下水位面

2.2 3号炉(二次元浸透流解析結果:間隙水圧分布②)

- 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

0m 50m 100m

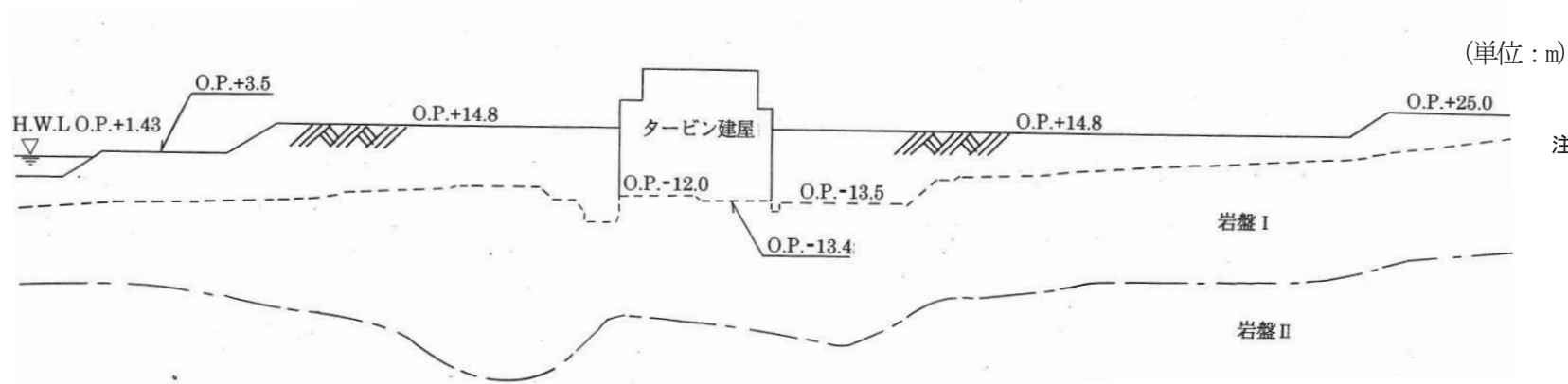
間隙水圧分布(E-E'断面)

U: 地下水位面
(U=150.00を大気圧相当とする。)

補足説明資料2. 既往の浸透流解析の結果

2.2 3号炉(二次元浸透流解析結果:間隙水圧分布③)

- 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。

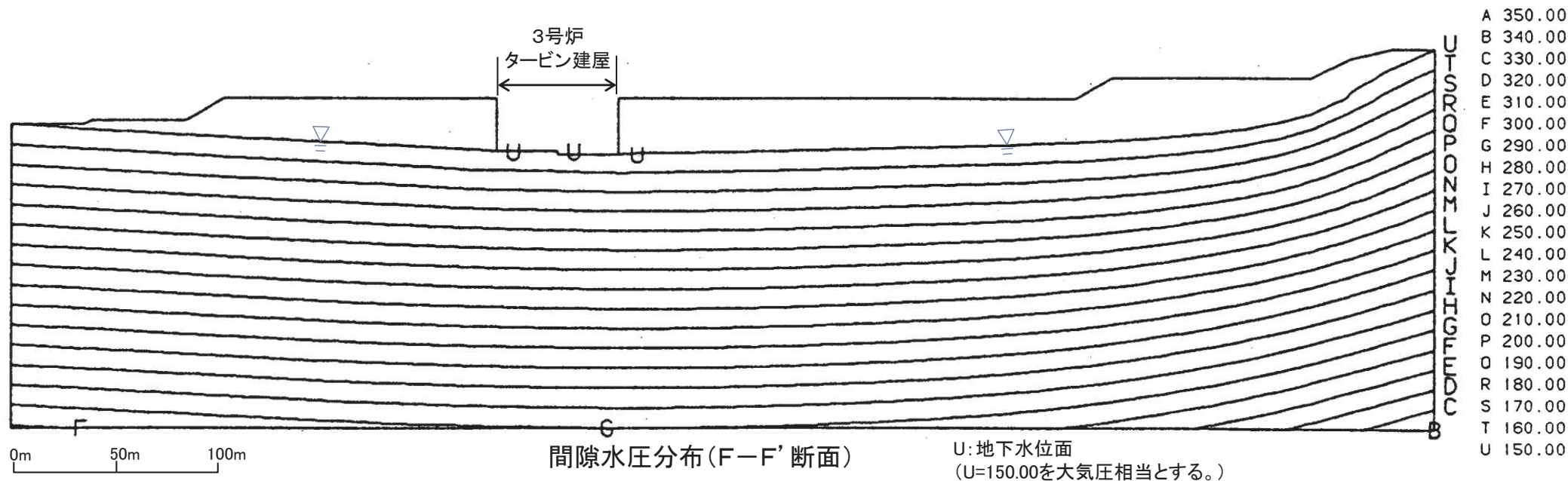


注) 本浸透流解析は建設時に実施したものであり、現在の潮位の設定(朔望平均満潮位に地殻変動による1mの沈降を考慮したもの)とは異なる。

※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

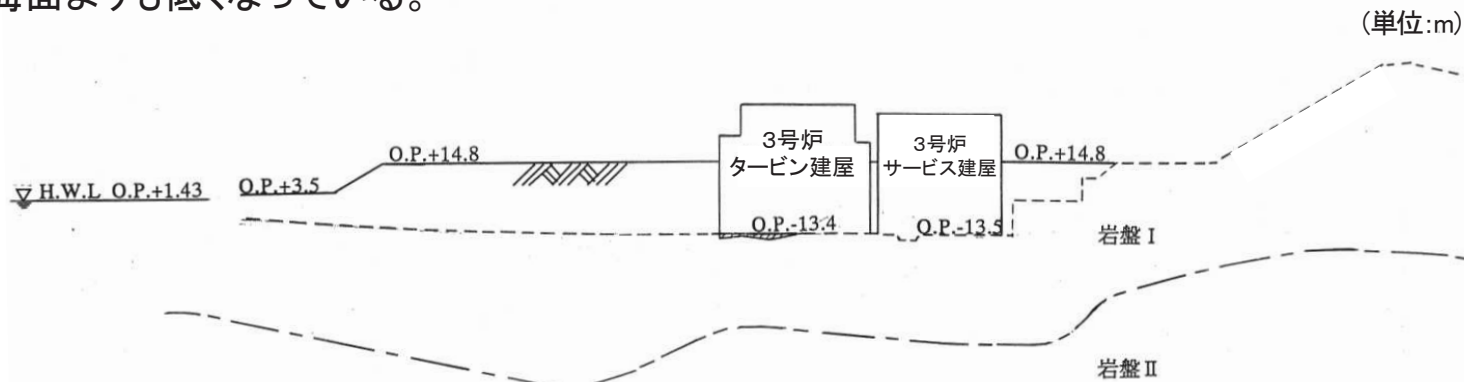
浸透流解析断面図(F-F'断面)

(tf/m²)※



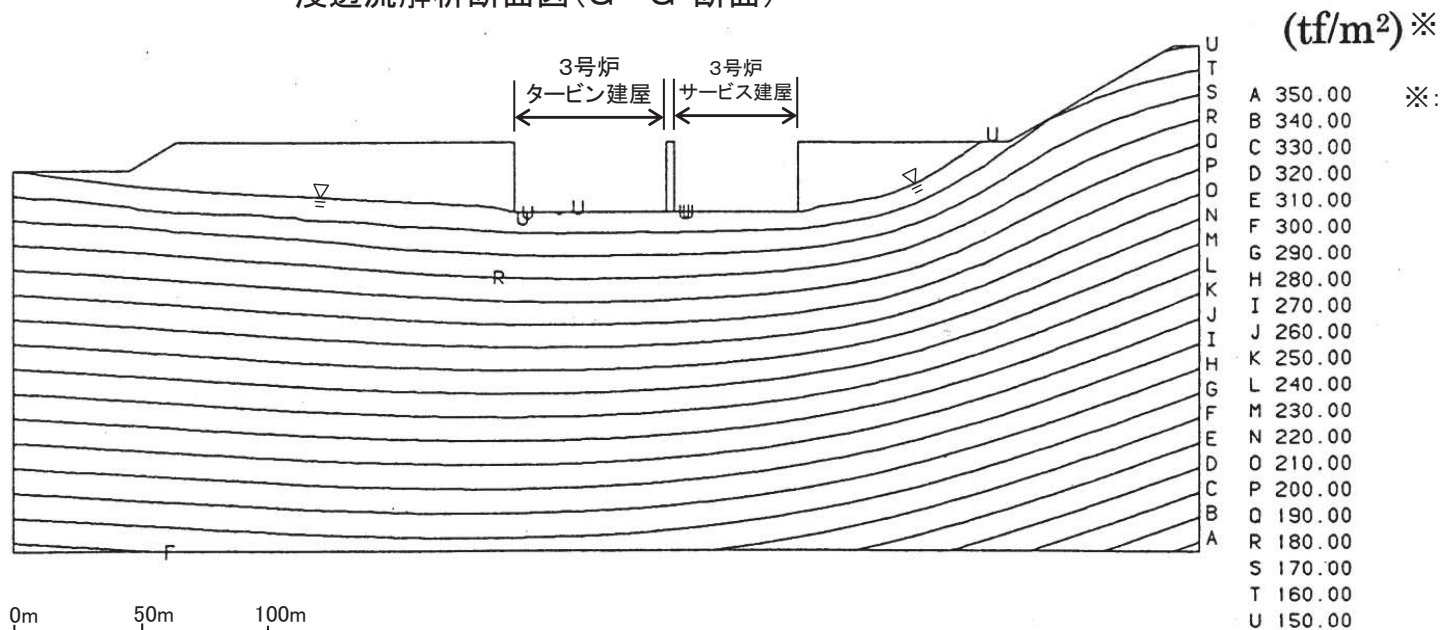
2.2 3号炉(二次元浸透流解析結果:間隙水圧分布④)

- 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(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。

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

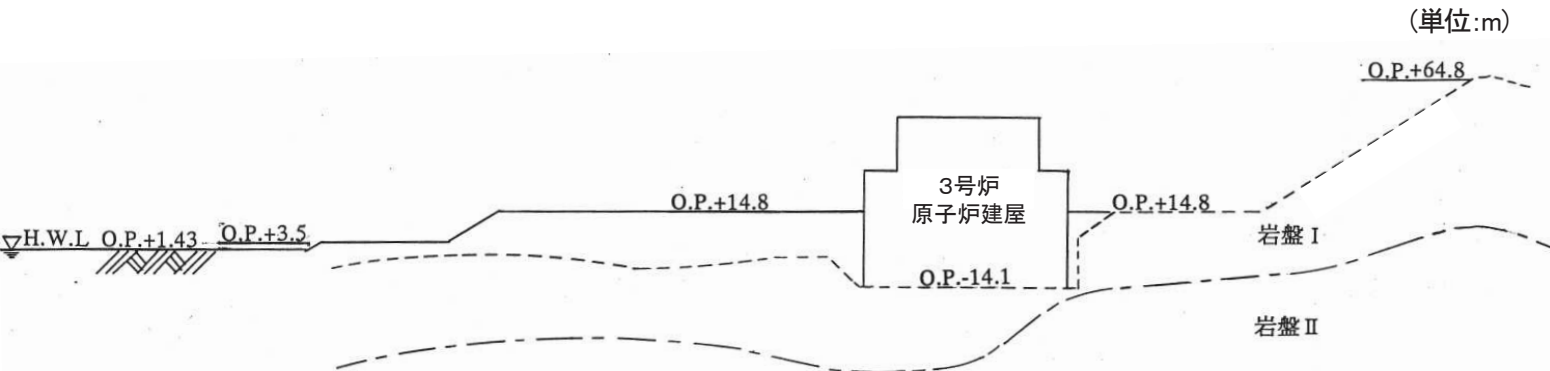
U: 地下水位面
(U=150.00を大気圧相当とする。)

間隙水圧分布(G-G'断面)

補足説明資料2. 既往の浸透流解析の結果

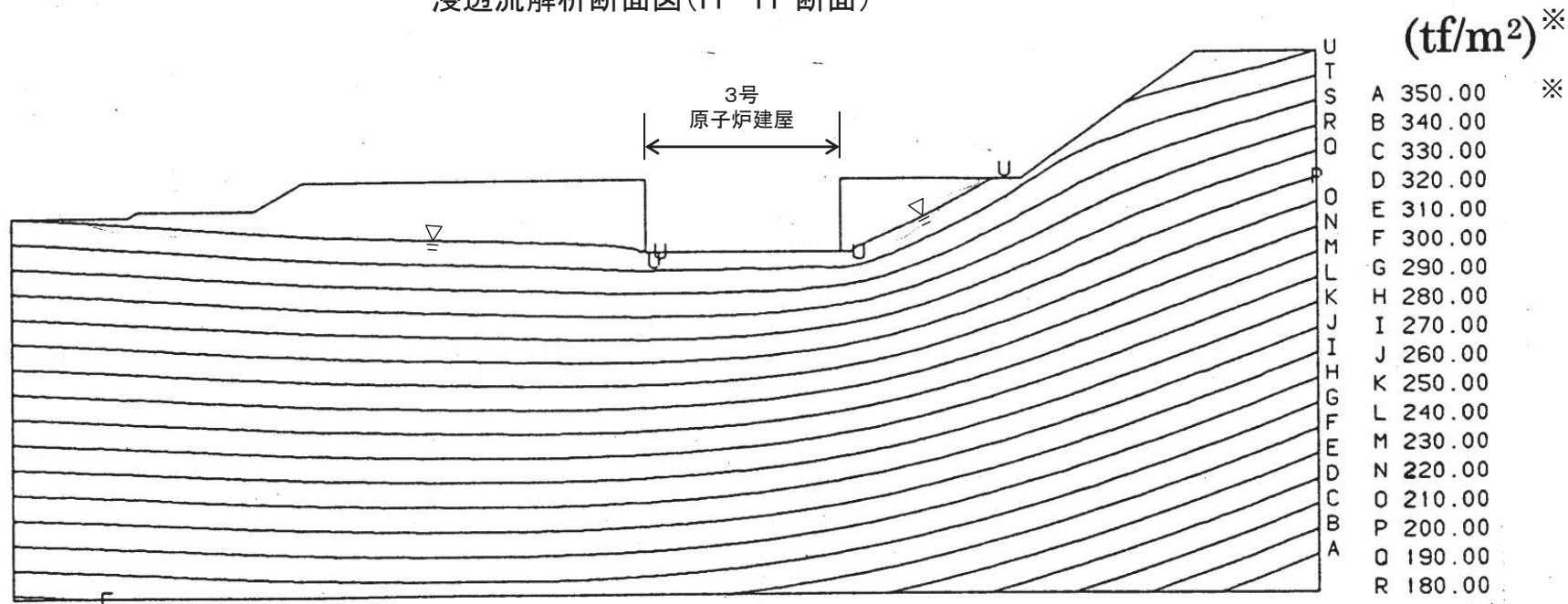
2.2 3号炉(二次元浸透流解析結果:間隙水圧分布⑤)

- 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。



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(H-H'断面)



※: 解析時の報告書のため従来単位系で表示

Point	Elevation (tf/m ²)
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

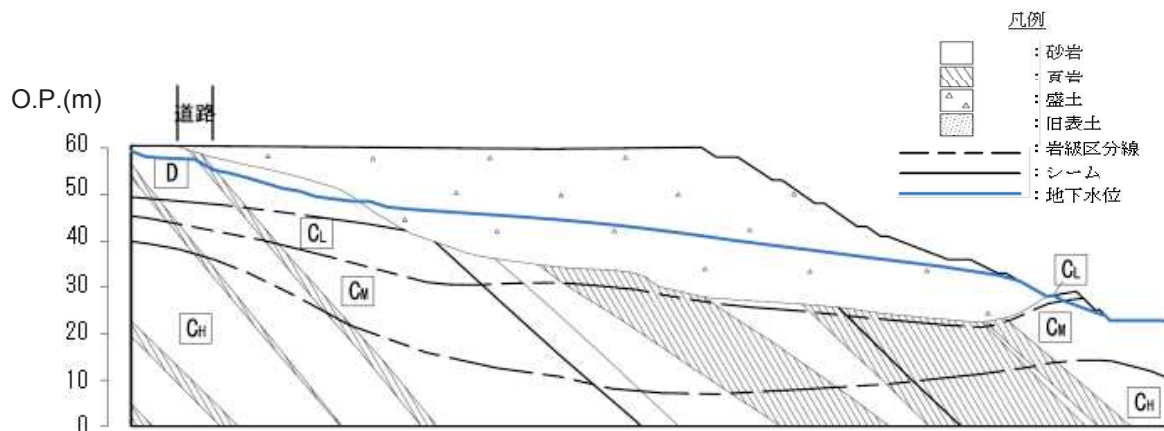
0m 50m 100m

間隙水圧分布(H-H'断面)

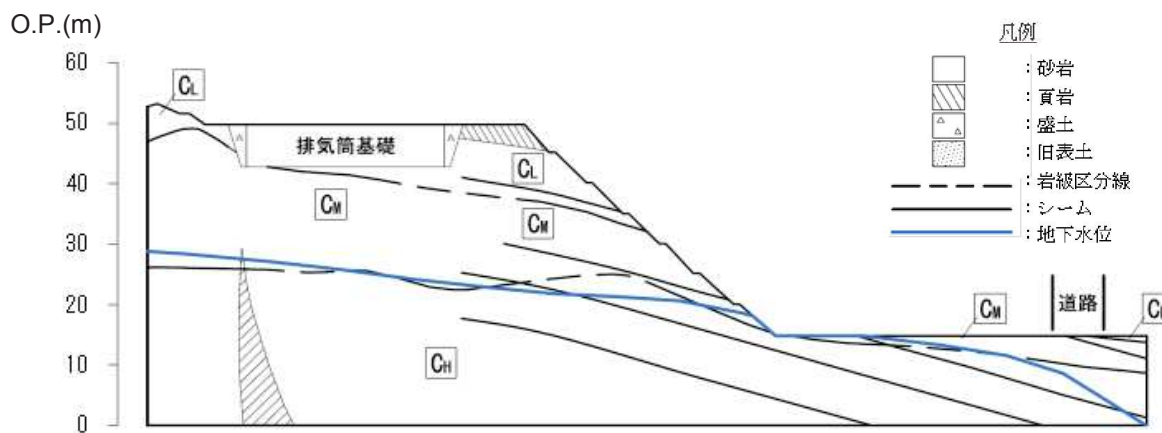
U: 地下水位面
(U=150.00を大気圧相当とする。)

2.3 保管場所・アクセスルート斜面(浸透流解析結果:間隙水圧分布)

- 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)

補足説明資料

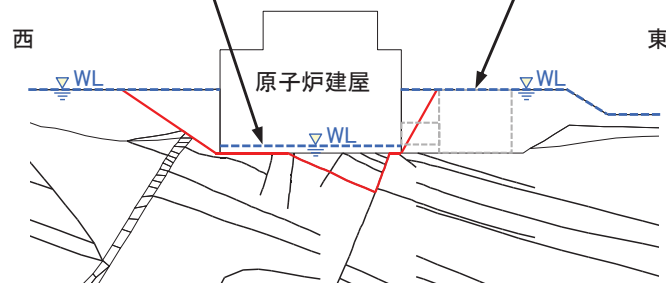
3. 基礎地盤の安定性評価における地下水位設定の考え方

3.1 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。

原子炉建屋のドレーンによる地下水位低下を考慮

保守的に地下水位は地表面に設定
海水ポンプ室は盛土としてモデル化し、海水ポンプ室のドレーンによる水位低下は見込まない



— : 想定すべり面の例
— : 断層・シーム

(参考) 地盤の強度に及ぼす地下水位の影響

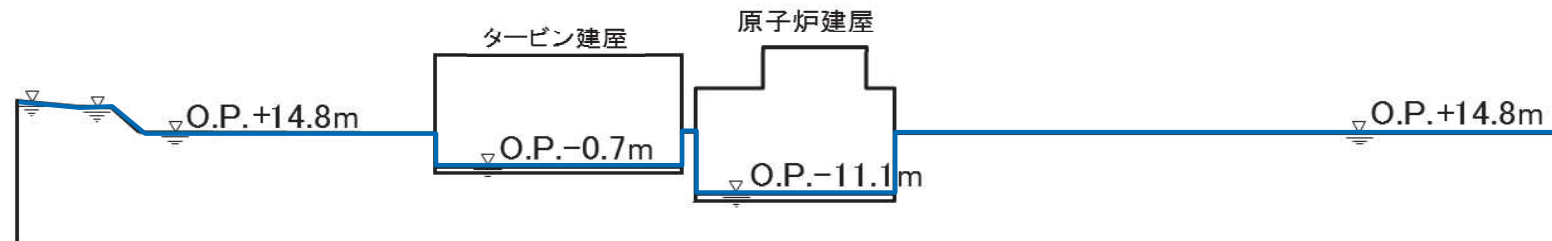
$$\tau = \tau_0 + (\sigma - u) \cdot \tan \phi$$

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

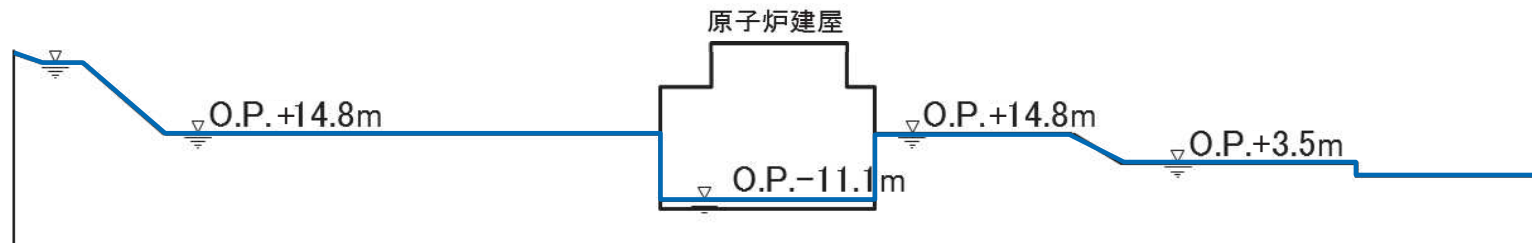
3.2 地下水位（原子炉建屋）

- 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】



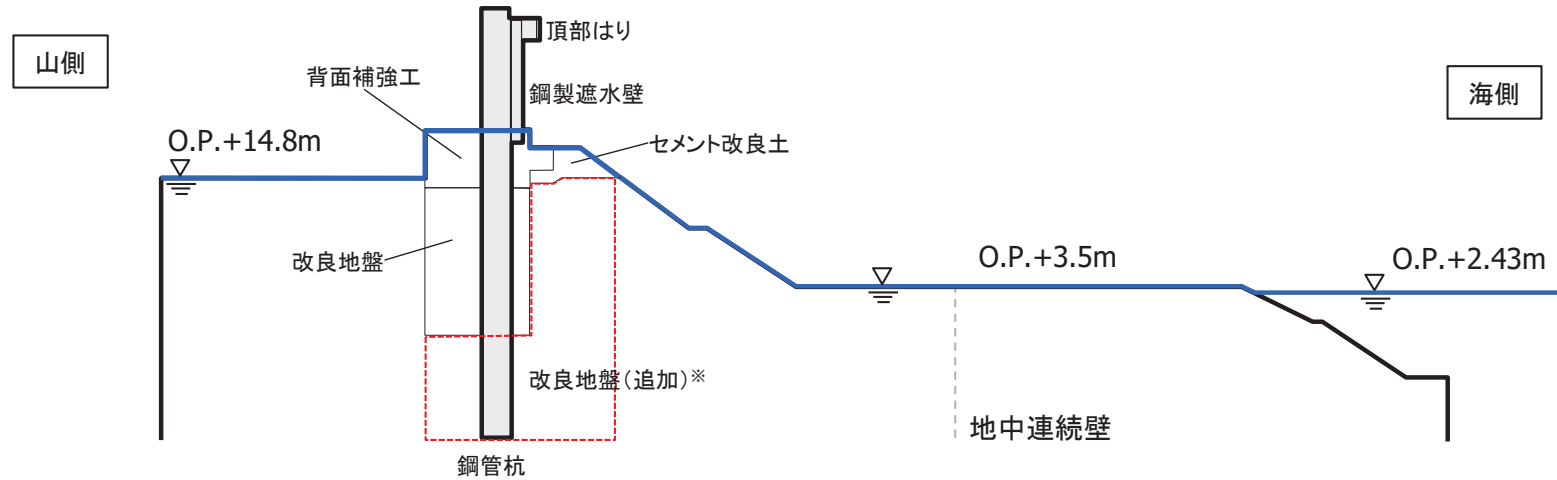
【Y-Y' 断面】



3.3 地下水位（防潮堤）

【鋼管式鉛直壁】

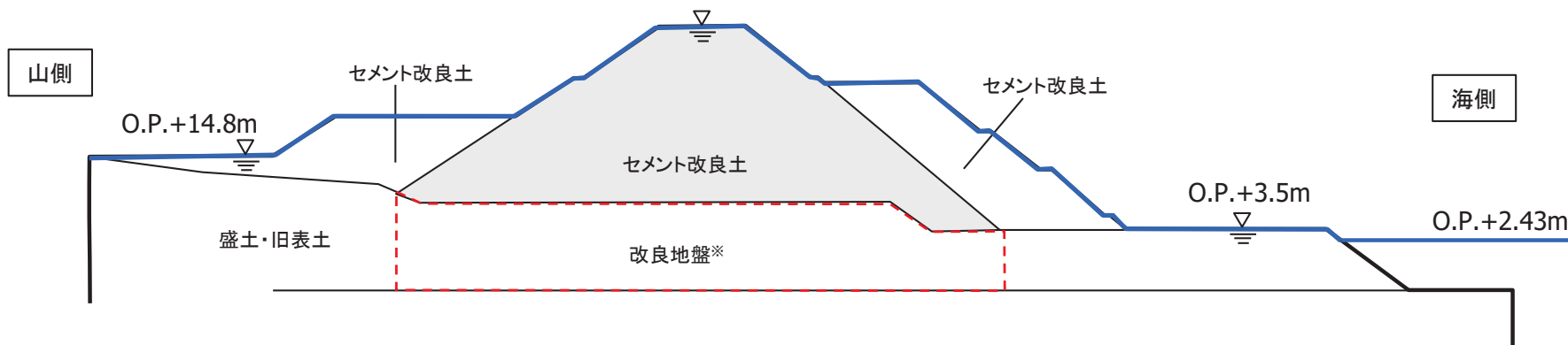
- 地盤の地下水位は保守的な評価として地表面に設定する。



※:改良範囲は今後の安定性評価等により決定。

【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。



※:改良範囲は今後の安定性評価等により決定。

(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

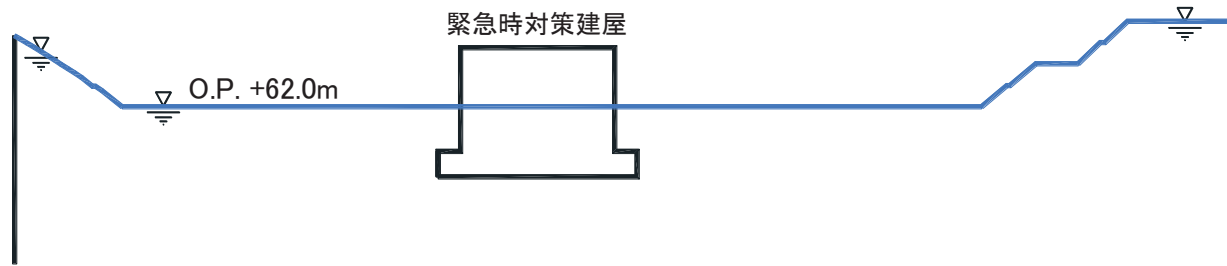
	地下水位の設定	備考
<p>規則第3条 (基礎地盤の安定性評価)</p>	<p>鋼管式鉛直壁 (一般部)</p> <p>山側: 地表面 海側: 地表面</p> <p>盛土堤防</p> <p>山側: 地表面 海側: 地表面</p>	<p>改良地盤に支持する構造物の代表であり保守的な設定</p> <p>同上</p>
<p>規則第4,5条 (構造成立性評価)</p>	<p>鋼管式鉛直壁 (一般部)</p> <p>山側: HWL (O.P.+2.43m) 海側: HWL (O.P.+2.43m)</p> <p>盛土堤防</p> <p>山側: 地表面又は改良地盤上面 海側: HWL (O.P.+2.43m)</p>	<p>(山側) 地下水位低下設備による水位低下が見込まれるが、海側同様HWLとし保守性を確保</p> <p>(海側) 朔望平均満潮位</p> <p>(山側) 地下水位低下設備による水位低下が見込まれるが、鋼管式鉛直壁(一般部)に比べ相対的に遠いため地表面又は改良地盤上面に設定</p> <p>(海側) 朔望平均満潮位</p>

※: 改良範囲は今後の安定性評価等により決定。

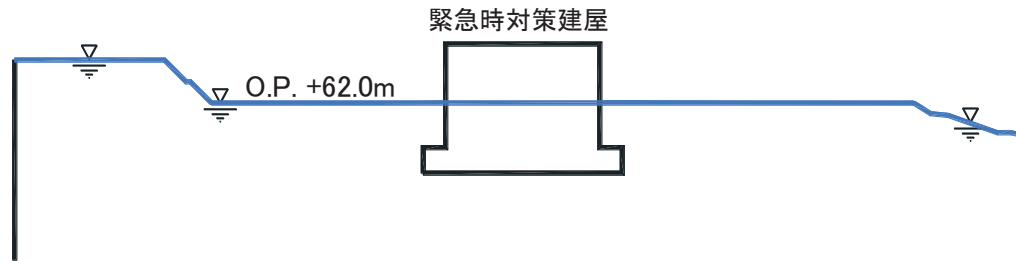
3.4 地下水位（緊急時対策建屋）

- 地下水位は保守的な評価として地表面とする。

【NS断面】



【EW断面】



1. 地盤工学会地盤工学ハンドブック編集委員会編(1999):地盤工学ハンドブック 第2編
2. 西林新蔵・小柳洽・渡邊史夫・宮川豊章編(2009):コンクリート工学ハンドブック, 朝倉書店