

建屋への地下水流入抑制策について —各対策の実施手順と水位管理—

2015年4月22日

東京電力株式会社

1. 汚染水対策実施の基本シナリオについて
2. サブドレン稼働時期が確定できない場合の代替案について

1. 汚染水対策実施の基本シナリオについて

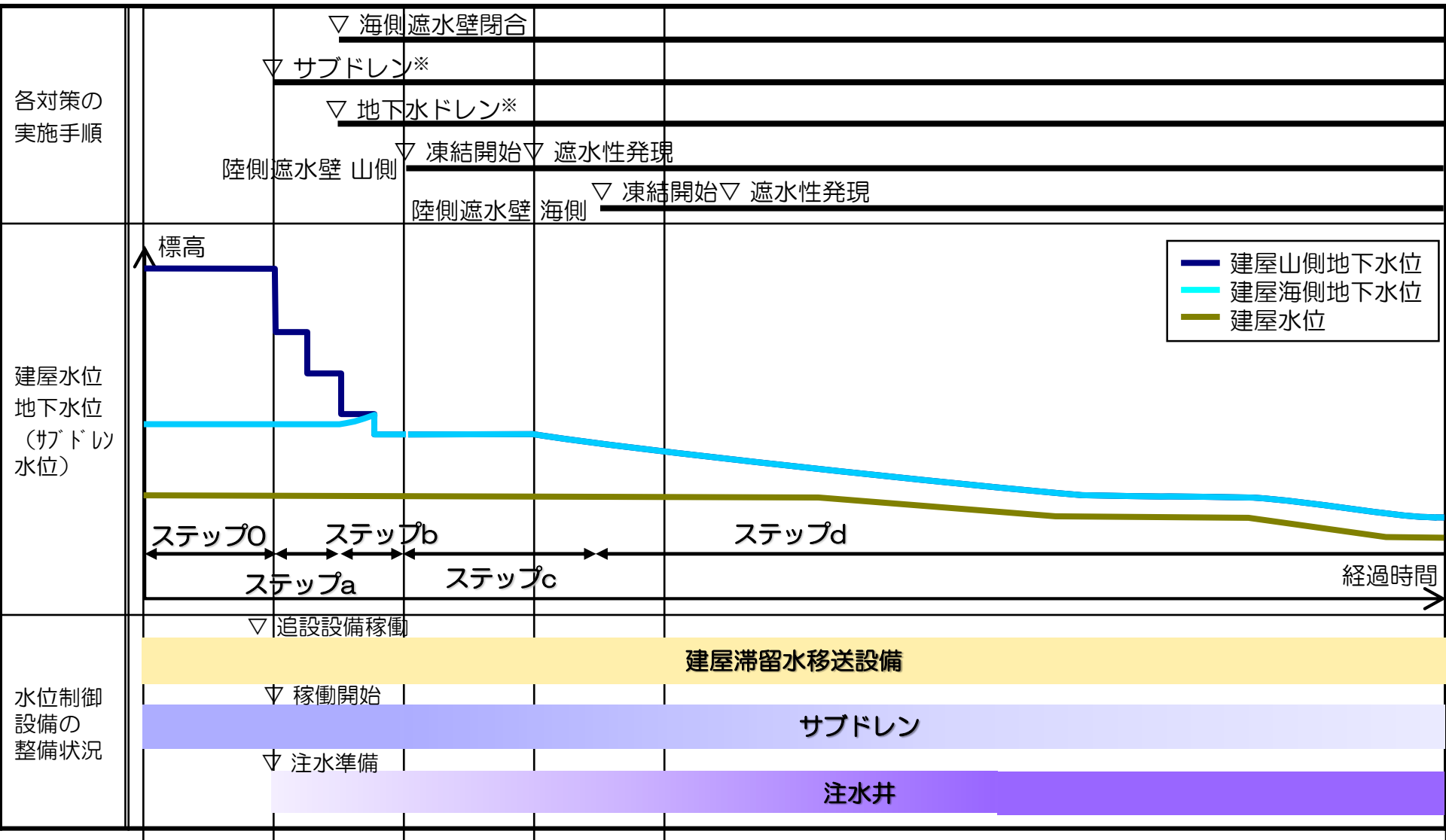
1. 汚染水対策実施の基本シナリオについて

- 建屋滞留水のアウトリークリスクをコントロールしながら地下水流入量を抑制しトータルリスクを低減していくために、最適と思われる施工順序については以下の通りと考える。
 - ① サブドレン稼働
 - ② 海側遮水壁閉合
 - ③ 陸側遮水壁（山側）閉合
 - ④ 陸側遮水壁（海側）閉合

1. 1 基本シナリオ

※ 関係者と調整の上、実施

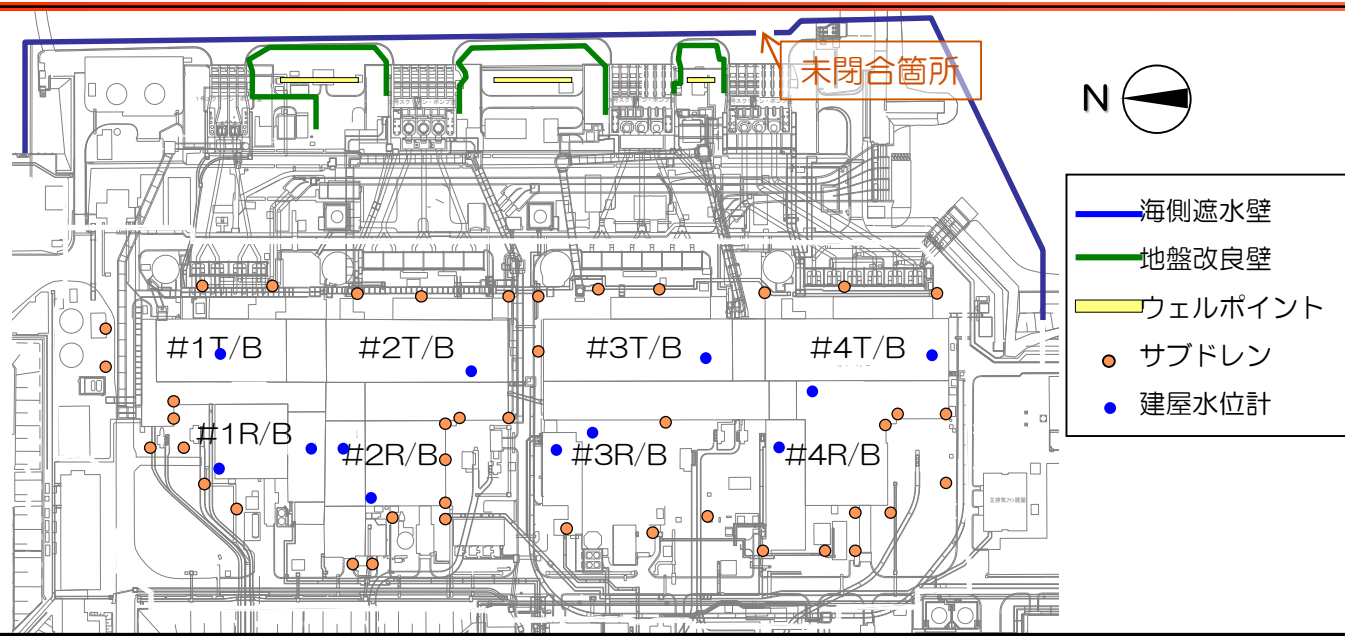
- 各対策実施に伴い地下水位は以下に示すイメージで変化すると想定される。
- 各対策実施段階においては以下の水位制御設備により建屋水位が地下水位を上回らないように管理する。



T_{0-1} ヶ月 T_0 T_{0+1} ヶ月 T_{0+2} ヶ月 T_{0+3} ヶ月以降

注) 月数は概数

【(基本) ステップ0: T₀-1~T₀】 現状



- 海側遮水壁
- 地盤改良壁
- ウェルポイント
- サブドレン
- 建屋水位計

モニタリング設備

建屋水位	建屋水位計 ：計12箇所
建屋周り 地下水位	サブドレン水位計 ：計42箇所

建屋水位の制御設備

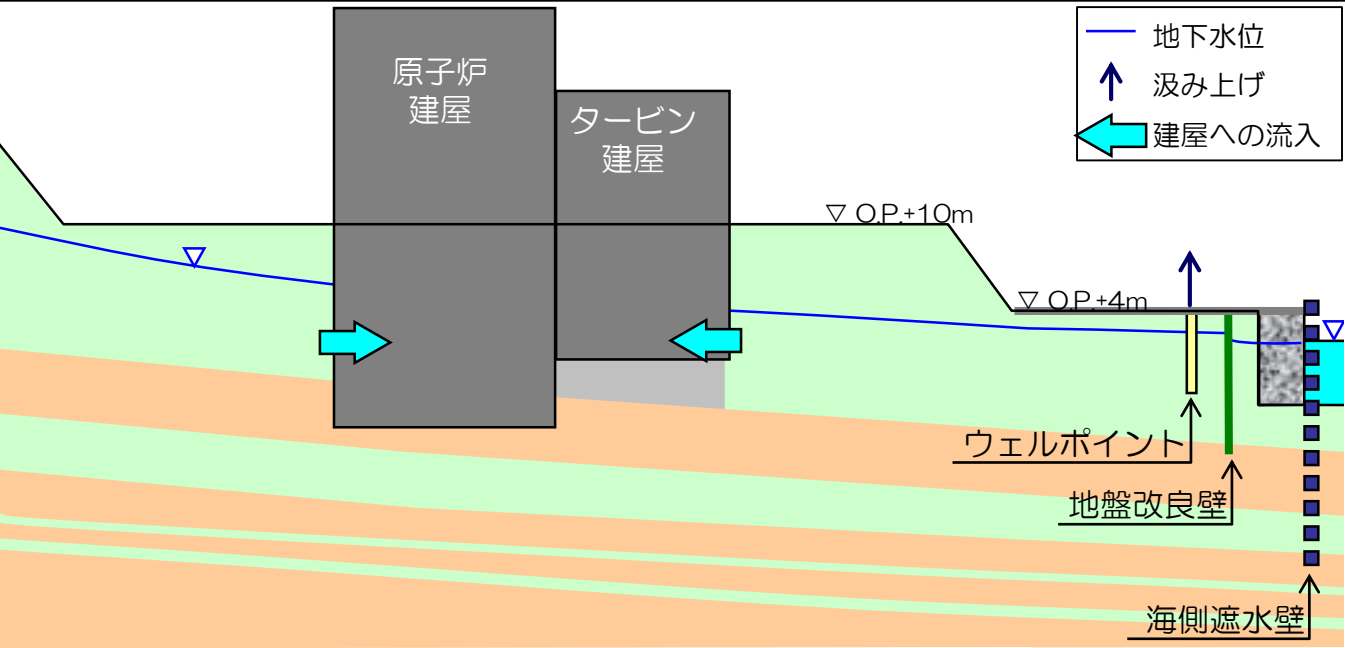
建屋滞留水移送ポンプ (4箇所)	稼働
---------------------	----

建屋周辺地下水位の制御設備

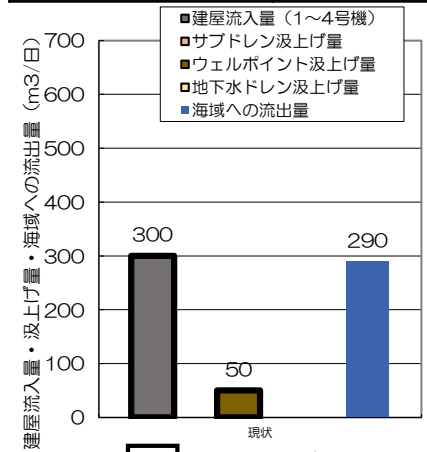
サブドレン (41孔)	—
注水井 (31孔)	—

その他設備

地下水ドレン (5孔)	—
ウェルポイント (3箇所)	稼働



- 地下水位
- ↑ 汲み上げ
- ← 建屋への流入

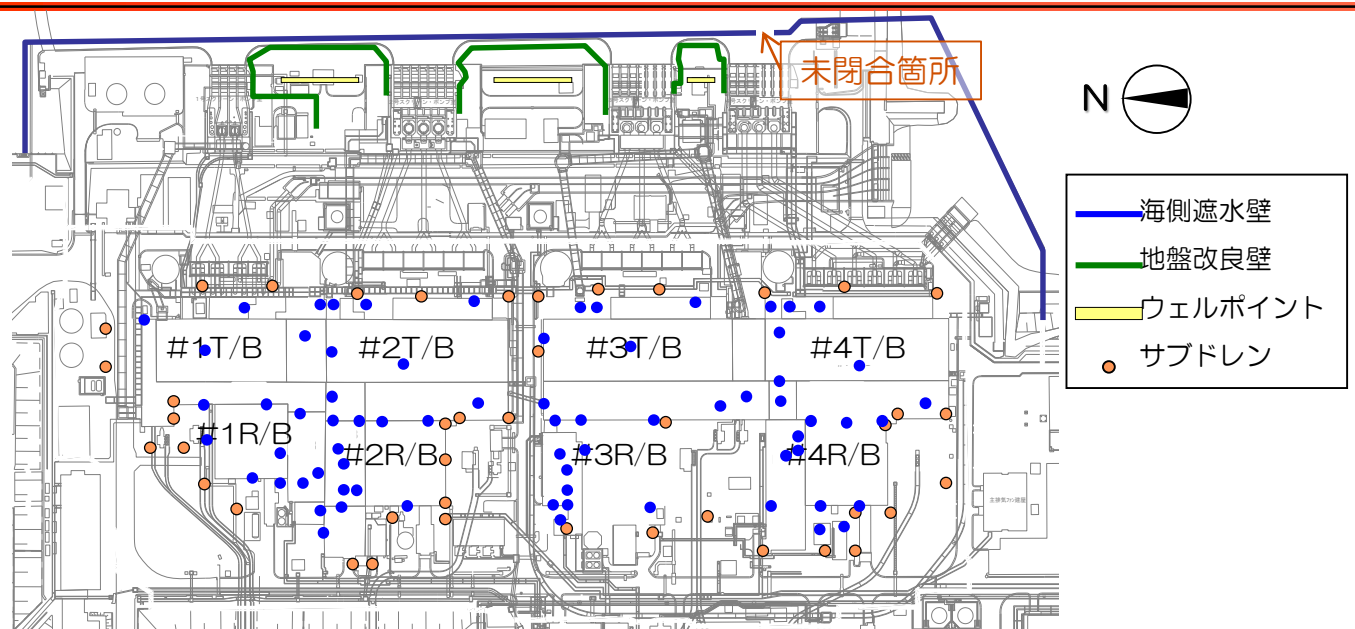


□ : タンク貯蔵が必要
⇒タンク貯蔵量: 計350m³/日

【（基本）ステップ0：T₀-1～T₀】 現状（解説）

- 建屋注入量（1～4号機）：300m³/日
- 海域への流出量：290m³/日（定常解析による想定）
- 地下水位の概要
 - 建屋山側：O.P.+5.5～8.6m
 - 建屋海側：O.P.+3.3～7.5m2015年3月31現在（P24参照）
- 建屋内外の水位制御の方法
 - 建屋周辺地下水位：無し
 - 建屋水位：滞留水移送ポンプの起動により建屋水位を低下させる。

【(基本) ステップa : $T_0 \sim T_0 + 0.5$ ヶ月】サブドレン稼働



モニタリング設備

建屋水位	建屋水位計 ：計71箇所
建屋周り 地下水位	サブドレン水位計 ：計42箇所

建屋水位の制御設備

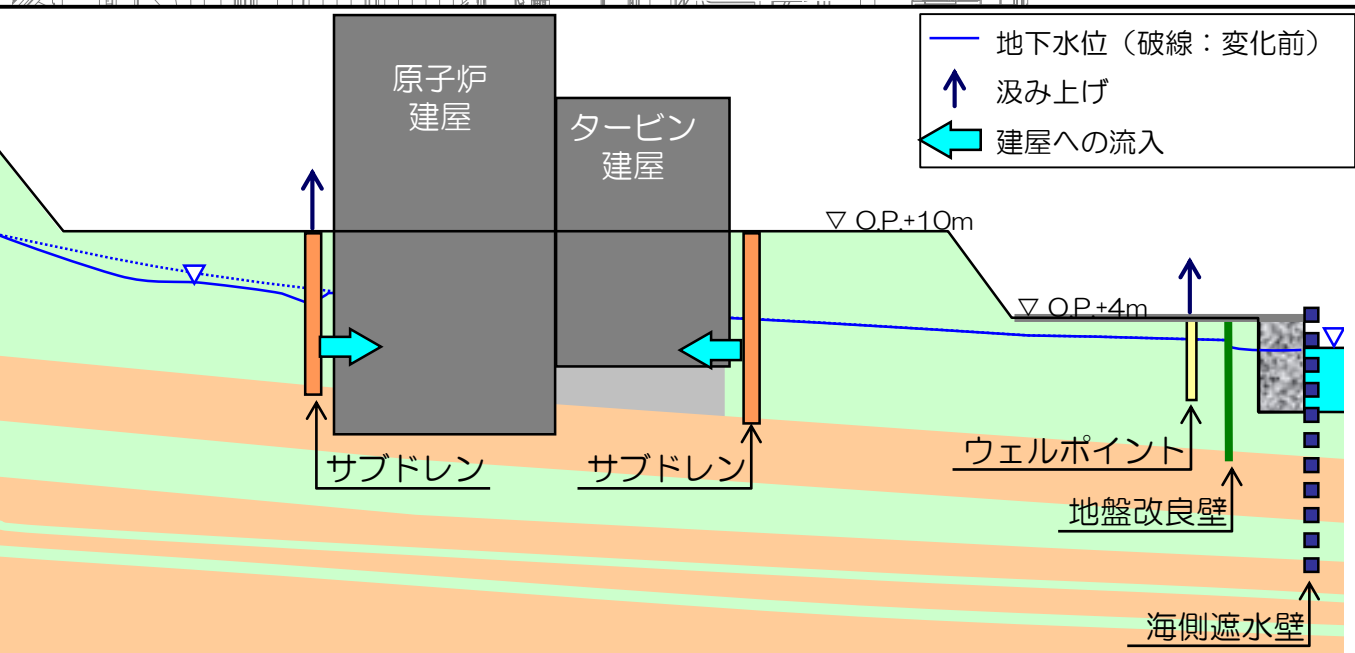
建屋滞留水移送ポンプ (11箇所)	稼働
----------------------	----

建屋周辺地下水位の制御設備

サブドレン (41孔)	稼働
注水井 (31孔)	注水準備

その他設備

地下水ドレン (5孔)	—
ウェルポイント (3箇所)	稼働



【(基本) ステップa : $T_0 \sim T_0 + 0.5$ ヶ月】サブドレン稼働(解説)

■ 実施手順

- 山側サブドレンは、海側サブドレンの水位変動を確認しながら、O.P.+6.5mからO.P.+3.9mまで段階的に低下させる。
- 海側遮水壁の閉合による建屋海側の地下水位上昇が確認できるまでは、海側サブドレンは稼働させない。
- 「注水設備」を注水可能な状態とする。

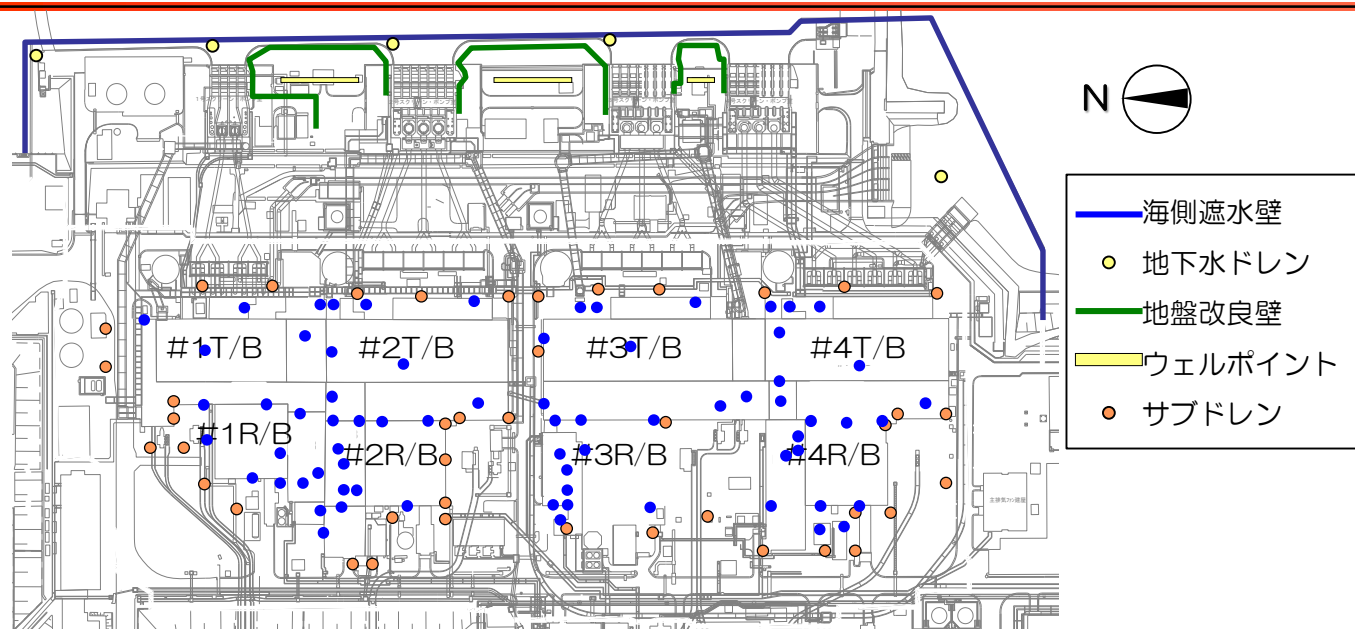
■ 想定される地下水位変化

- 山側サブドレンの稼働に伴って、建屋山側の地下水位が低下する。

■ 水位管理上の課題と対応

- サブドレンポンプの起動水位と停止水位を設定し、その範囲内の自動運転を基本とする。
- 山側サブドレンの稼働によって建屋海側地下水位が低下し、建屋滞留水水位と逆転するリスクへの対応
 - ◆ 海側遮水壁がない場合、山側のサブドレンを稼働し建屋山側水位を1度に3m低下させたとしても、建屋海側の地下水位低下量は20cm程度と想定され(P25参照)、建屋滞留水と地下水の水位差(3月末時点の最も小さい水位差で80cm程度、海側全体で2m程度)に比べ小さい。
 - ◆ 実際には、山側サブドレンの稼働水位を段階的に低下させることで、建屋海側の地下水位低下幅を小さくできる。(P25参照)
 - ◆ 想定を超える地下水位低下の場合、サブドレンの停止・建屋滞留水移送・注水井からの注水で対応する。

【(基本) ステップb : $T_0+0.5 \sim T_0+1$ ヶ月】 海側遮水壁閉合



モニタリング設備

建屋水位	建屋水位計 ：計71箇所
建屋周り 地下水位	サブドレン水位計 ：計42箇所

建屋水位の制御設備

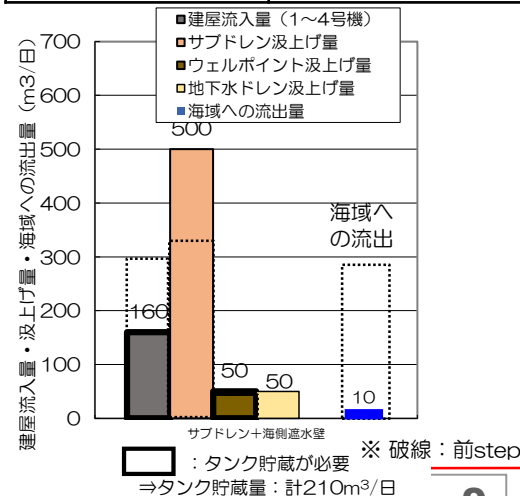
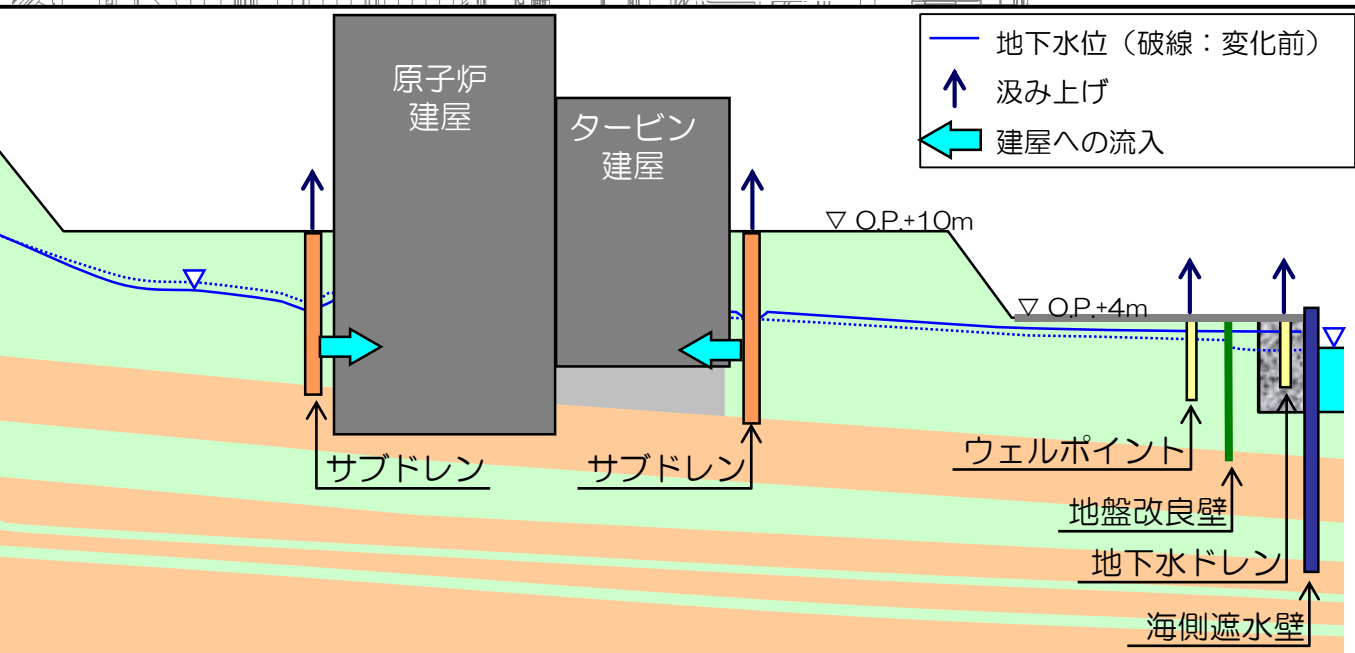
建屋滞留水移送ポンプ (11箇所)	稼働
----------------------	----

建屋周辺地下水位の制御設備

サブドレン (41孔)	稼働
注水井 (31孔)	注水準備

その他設備

地下水ドレン (5孔)	稼働
ウェルポイント (3箇所)	稼働



【（基本）ステップb：T₀+0.5～T₀+1ヶ月】海側遮水壁閉合（解説）

■ 流入量等の変化（定常解析による想定）

- 建屋流入量：300⇒160m³/日
- サブドレン・地下水ドレン汲上げ量：0⇒550m³/日
- 海域への流出量：290⇒10m³/日
- 海側遮水壁の閉合により、放射性物質の海洋への流出量を低減できる。（次頁参照）

■ 実施手順

- サブドレンの稼働を確認した後、海側遮水壁の閉合を完了させる。
- 海側遮水壁の閉合による建屋海側の地下水位上昇を確認した後、海側サブドレンを稼働させO.P.3.9mまで段階的に低下させる。

■ 想定される地下水位変化

- 海側遮水壁の構築後、建屋海側地下水位は上昇する。
- 山側および海側サブドレンの稼働により、建屋周囲の地下水位が低下する。

■ 水位管理上の課題と対応

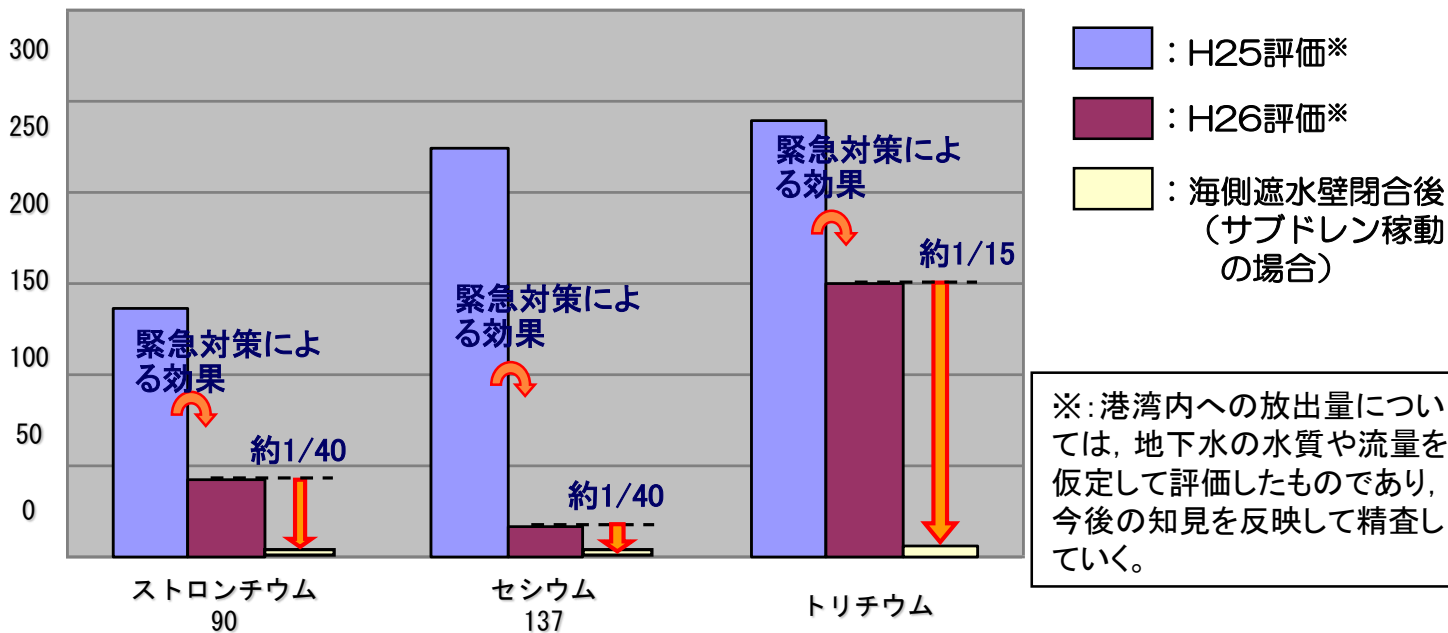
- 建屋山側サブドレンの稼働によって建屋海側地下水位が低下し、建屋滞留水位と逆転するリスクと対応
 - ◆ 海側遮水壁閉合によって建屋海側地下水位は上昇することにより上記リスクは低減する。

【(基本) ステップb : T₀+0.5 ~ T₀+1ヶ月】

サブドレン稼動・海側遮水壁閉合時の放射性物質の港湾内への流出抑制効果

- 地盤改良・ウェルポイント汲上げ等の緊急対策の実施により，放射性物質の港湾内への流出量については大きく抑制してきている。
- 海側遮水壁の閉合により，更に放射性物質の海洋への流出量を低減できる。

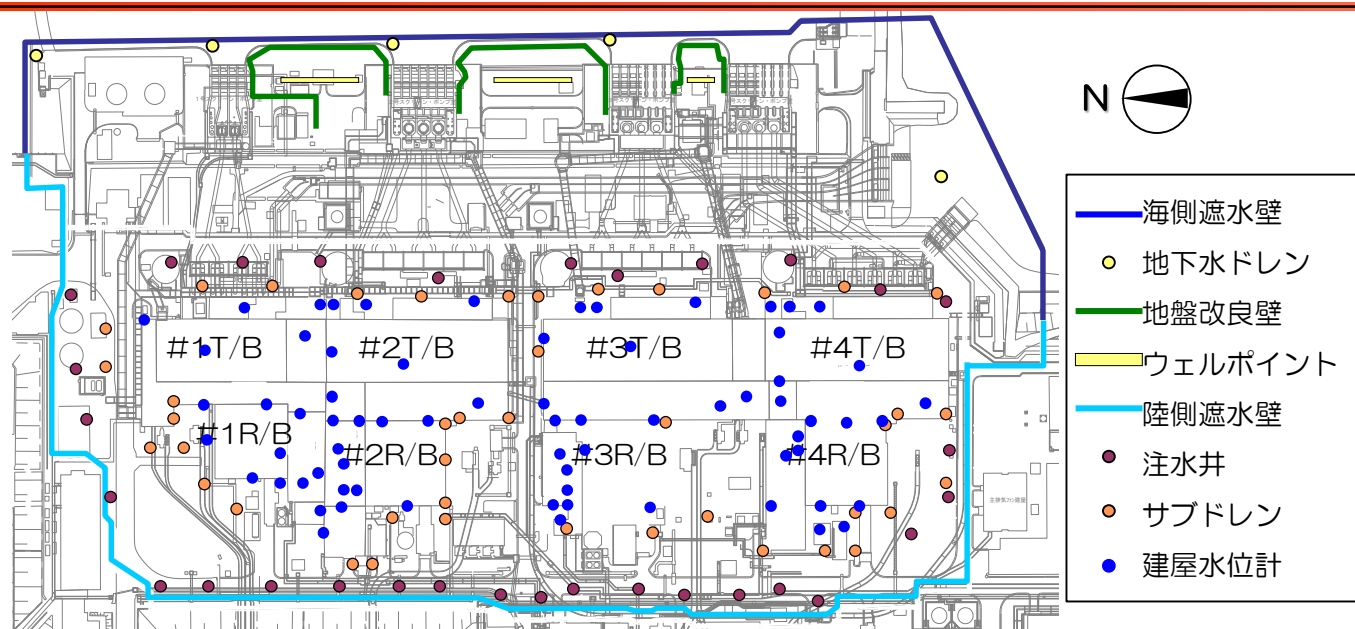
億ベクレル/日



※: 港湾内への放出量については，地下水の水質や流量を仮定して評価したものであり，今後の知見を反映して精査していく。

放射性物質の港湾内への流出量

【(基本) ステップC : T₀+1 ~ T₀+2.5ヶ月】 陸側遮水壁 (山側) 閉合



モニタリング設備

建屋水位	建屋水位計 : 計71箇所
建屋周り 地下水位	サブドレン水位計 : 計42箇所

建屋水位の制御設備

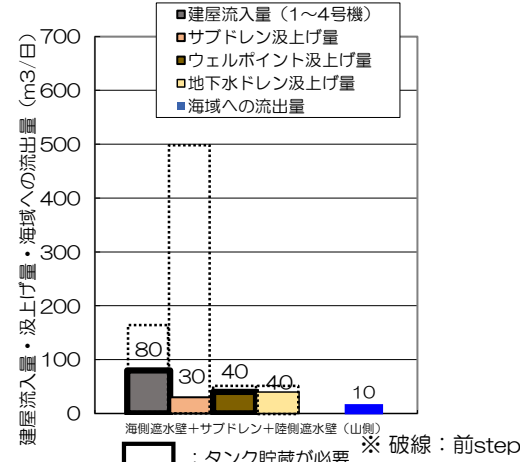
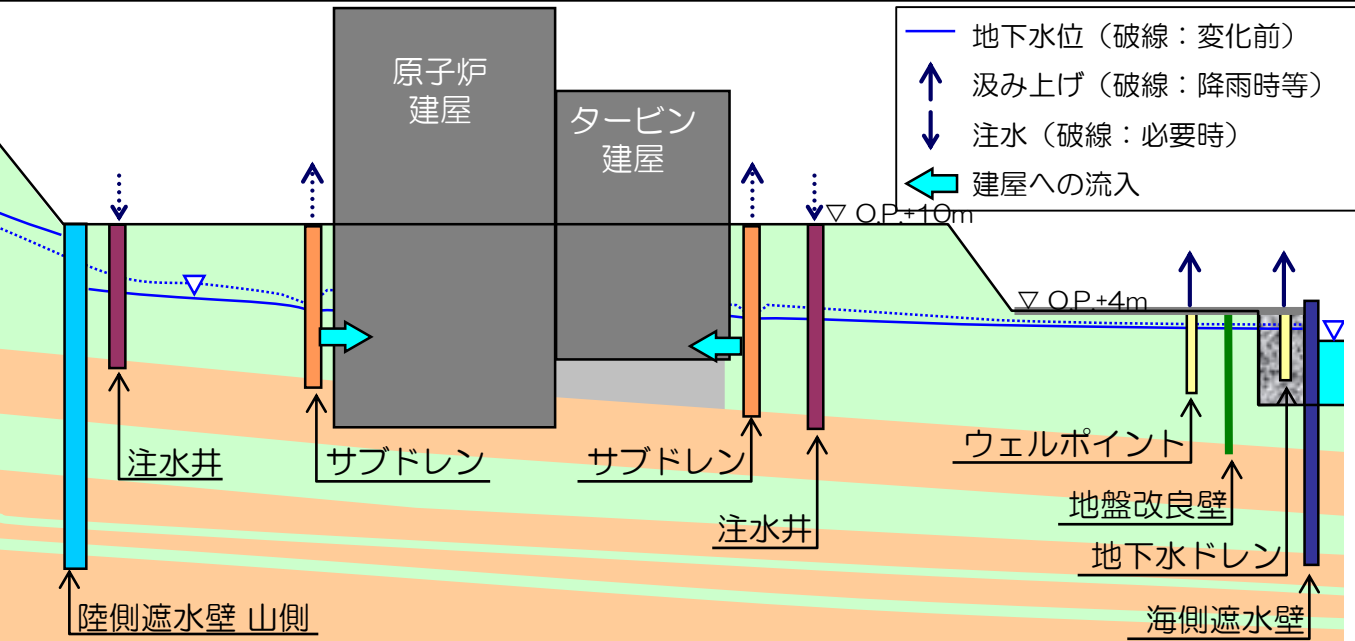
建屋滞留水移送ポンプ (11箇所)	稼働
----------------------	----

建屋周辺地下水位の制御設備

サブドレン (41孔)	稼働 (降雨時等)
注水井 (31孔)	稼働 (必要時)

その他設備

地下水ドレン (5孔)	稼働
ウェルポイント (3箇所)	稼働



■ 流入量等の変化（定常解析による想定）

- 建屋流入量：160⇒80m³/日
- サブドレン・地下水ドレン汲上げ量：550⇒70m³/日
- 海域への流出量：10m³/日

■ 実施手順

- 陸側遮水壁（山側）凍結開始前に「注水設備」を稼働可能な状態とする。
- 山側サブドレンポンプの停止水位を段階的に低下させ、O.P.+3.9mに到達してから陸側遮水壁（山側）を凍結開始する。

■ 想定される地下水位変化

- 陸側遮水壁（山側）の遮水性発現に伴って主に建屋山側の水位が低下する。

■ 水位管理上の課題と対応

● 地下水位の低下要因と対応

◆ 建屋海側地下水位の低下

－海側遮水壁構築により建屋海側水位が上昇した後に陸側遮水壁（山側）を閉合するため、建屋海側地下水位低下リスクは小さい。

◆ 建屋への地下水流入による地下水位の低下

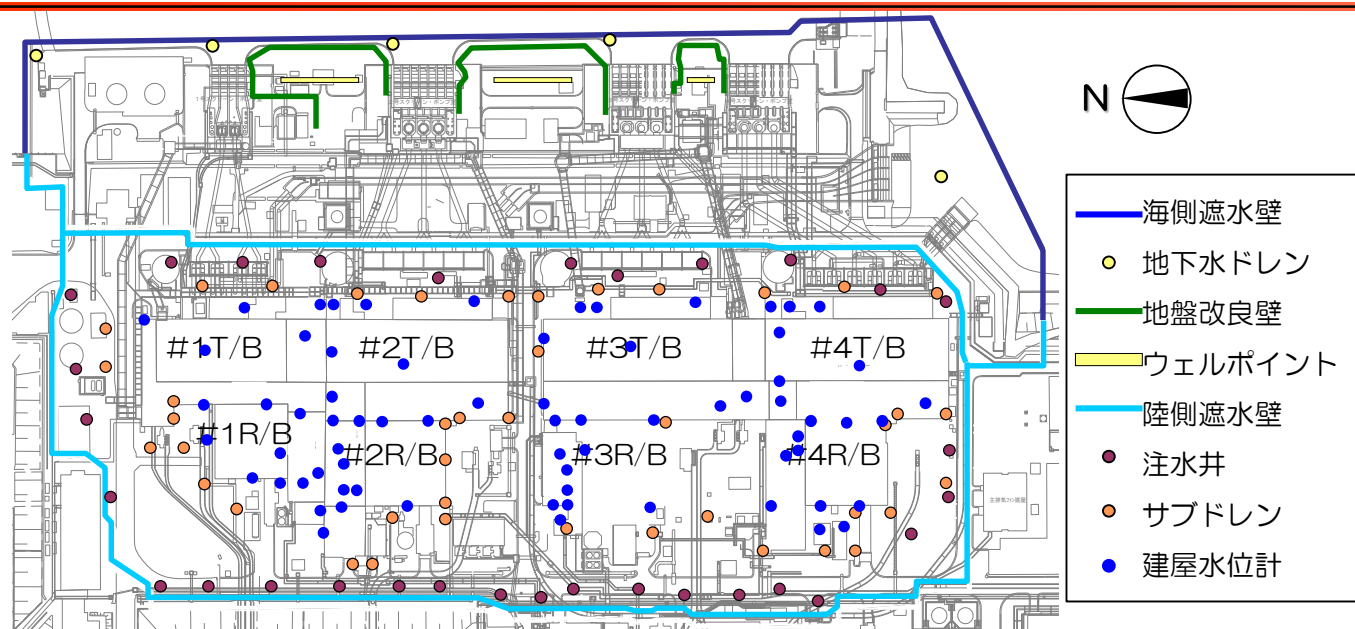
－建屋水位と水位差が小さくなると地下水位低下速度は小さくなるため、建屋水位と逆転するような地下水位の急激な低下は考えにくい。

◆ モニタリングにより異常な低下傾向が確認された場合には、注水井からの注水等により対処する。

■ 注水井の信頼性

- 陸側遮水壁（山側）凍結開始前に、各注水井において所定の注水量が確保できることを注水試験により確認する。（P28, 29参照）
- 海側遮水壁閉合・陸側遮水壁（山側）閉合の場合に、解析により、降雨浸透が無いと仮定しても注水井からの注水により水位差を確保することが出来ると予測している。（P30参照）

【(基本) ステップd : T₀+2.5ヶ月以降】 陸側遮水壁 (海側) 閉合



モニタリング設備

建屋水位	建屋水位計 ：計71箇所
建屋周り 地下水位	サブドレン水位計 ：計42箇所

建屋水位の制御設備

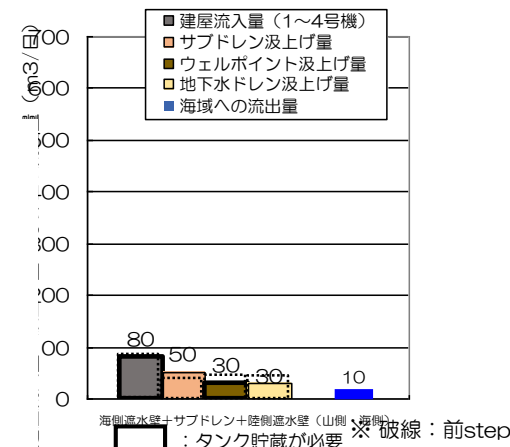
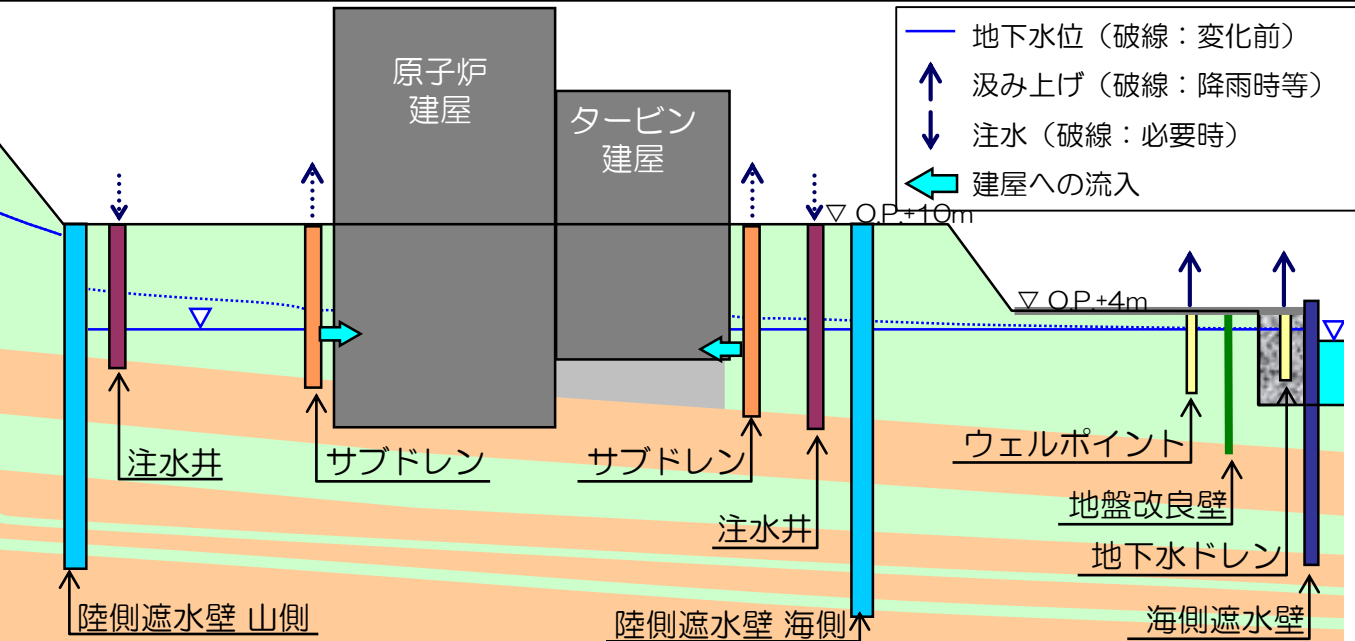
建屋滞留水移送ポンプ (11箇所)	稼働
----------------------	----

建屋周辺地下水位の制御設備

サブドレン (41孔)	稼働 (降雨時等)
注水井 (31孔)	稼働 (必要時)

その他設備

地下水ドレン (5孔)	稼働
ウェルポイント (3箇所)	稼働



【（基本）ステップd：T₀+2.5ヶ月以降】陸側遮水壁（海側）閉合（解説）

■ 流入量等の変化（定常解析による想定）

- 建屋流入量：80⇒80m³/日

（ウェルポイント汲上げ量：40⇒30m³/日 汚染水発生量としては▲10m³/日）

- サブドレン・地下水ドレン汲上げ量：70⇒80m³/日

- 海域への流出量：10m³/日

■ 実施手順

- 陸側遮水壁（山側）の遮水性発現による地下水位への影響が確認された後に、陸側遮水壁（海側）を閉合する。

■ 想定される地下水位変化

- 陸側遮水壁（海側）の遮水性発現に伴って、陸側遮水壁内の地下水位が均一化しながら低下する。

■ 水位管理上の課題と対応

- 地下水位の低下要因と対応

- ◆ 陸側遮水壁外部への地下水流出による地下水の低下

- 陸側遮水壁（海側）から地下水が4m盤に流出することによる地下水位の低下については、急に発生する訳ではなく、徐々にその傾向を示すと考えられるため、モニタリングすることで地下水位の低下傾向を把握する。

- ◆ 建屋への地下水流入による地下水位の低下

- 建屋水位と水位差が小さくなると地下水位低下速度は小さくなるため、建屋水位と逆転するような地下水位の急激な低下は考えにくい。

- ◆ モニタリングにより異常な低下傾向が確認された場合には、注水井からの注水等により対処する。

- 陸側遮水壁（海側）を閉合し、陸側遮水壁で閉合する面積を小さくすることで、①迅速かつ確実な地下水位制御、②地下水位管理範囲の限定化、③ 1～4号機建屋への地下水流入量抑制することができる。（P35～37 参照）

【（基本）ステップc：T₀+1～T₀+2.5ヶ月】陸側遮水壁閉合後の水位管理の概要

■ 水位管理基準

- 建屋の滞留水水位が各建屋近傍のサブドレン水の水位を超えないこと
- 2号／3号立坑（タービン建屋）の滞留水水位がO.P.+3.5mを超えないこと
- サブドレンと建屋滞留水の水位差は0.3mを運用目標とする。（サブドレン稼動後）（P25参照）

■ モニタリング

- 滞留水移送ポンプの制御用水位計11箇所にて建屋水位を監視する。（P31参照）
- 建屋内の区画された各箇所には、局所的な水の滞留による系外への滞留水の流出を防止する管理が可能なよう、監視用の水位計を設置する（60箇所）。
- 各建屋の各箇所の水位と建屋近傍の地下水位のうち最も低い水位を比較することで、建屋水位が地下水位より低い状態であることを確認する。
- 建屋水位と地下水位（サブドレン水位）は免震棟で一括して確認できるように、以下の警報を出力することで、監視機能の向上を図る。
 - ✓ 地下水位と建屋水位の水位差が小さくなったとき
（建屋水位の設定値を変更し、建屋水位を低下させる）
 - ✓ 建屋水位が管理水位より高くなったとき
（予備の滞留水移送ポンプを起動させる等により、建屋水位を低下させる）
 - ✓ 建屋水位の指示値の中で偏差が大きい水位計を検出したとき
（水位計の異常や局所的な残水の可能性を検出する）

■ 水位制御

- 建屋水位は、各建屋に配置した滞留水移送ポンプの操作を行うことにより設定した水位に自動で制御する。建屋水位を地下水位より低く設定することで、地下水位より低い状態を維持する。
- 1,920m³/日の滞留水の移送が可能であり、定常時の建屋への流入量は874m³/日（地下水等流入量：400m³/日、原子炉への注入量：324m³/日、地下水ドレン等のくみ上げ量：150m³/日）であることから、十分な余裕を有している。降雨による影響を考慮すると、建屋水位は最大で一時的に200mm程度上昇する評価となるが、十分に運用が可能である（P49, 50参照）。

■ 水位低下・水位維持時の水位管理（P32～34参照）

2. サブドレン稼働時期が確定できない場合の代替案について

2. サブドレン稼働時期が確定できない場合の代替案について

- サブドレン稼働時期が確定できない場合に備えて、サブドレン稼働に先行して、陸側遮水壁（山側）閉合に合わせて海側遮水壁を閉合し，
 - 海洋汚染拡大防止のための海側遮水壁の閉合
 - 汚染水発生量の抑制

を達成する代替案が考えられる。

- 代替案に関して，
 - 建屋海側において問題なく水位管理出来ること
 - 汚染水発生量の抑制が出来ること

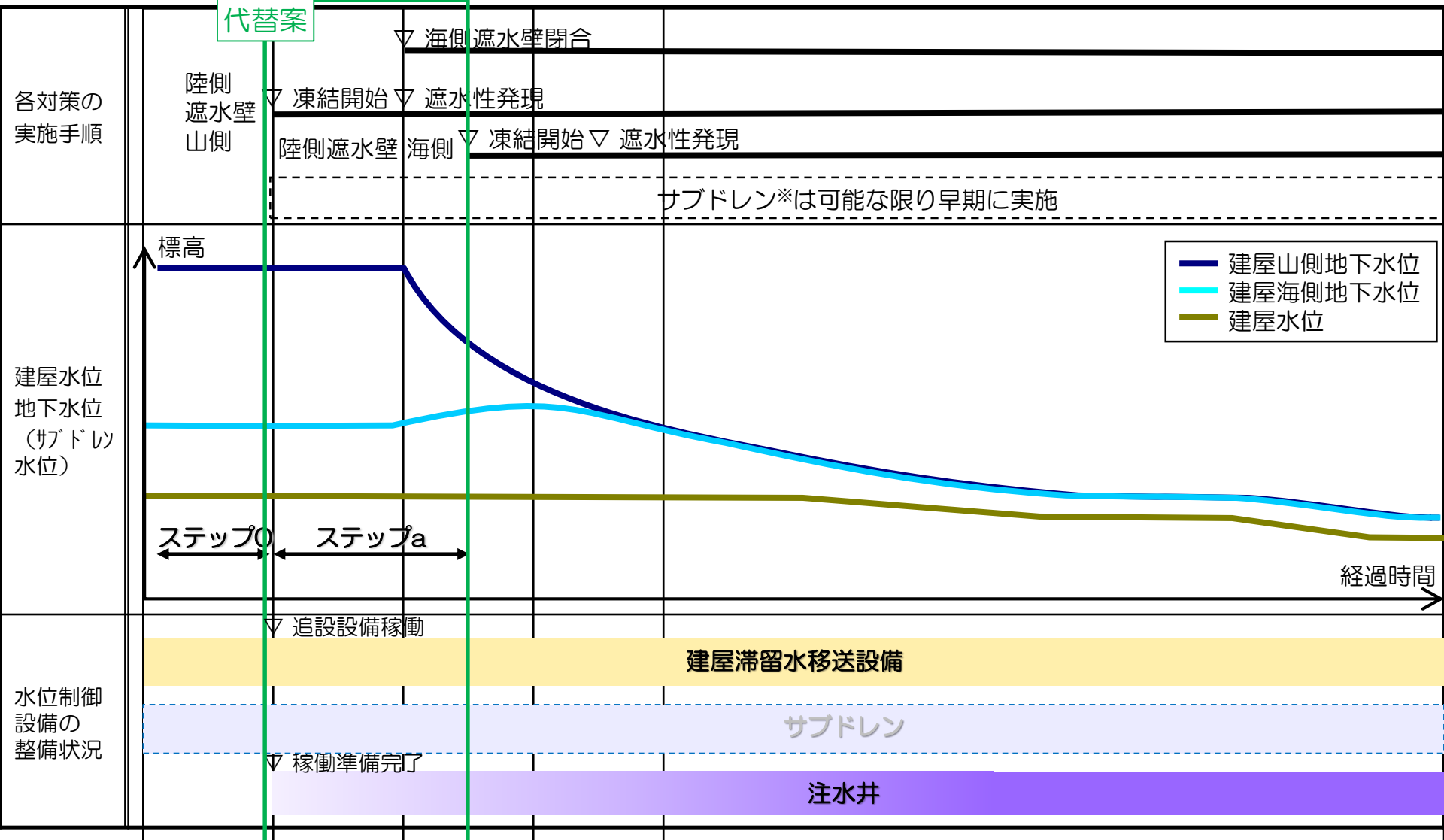
を確認した。

- サブドレン稼働については以下の特徴がある。
 - 陸側遮水壁だけの運用と比較し、建屋へ流入する地下水をより早く低減できる。
 - 降雨時の一時的な地下水位上昇を低減できる。
- 汚染水発生量をさらに抑制するために、サブドレン稼働は陸側遮水壁閉合後においても必要であり、出来る限り早期の実施を目指す。

2. 1 代替案

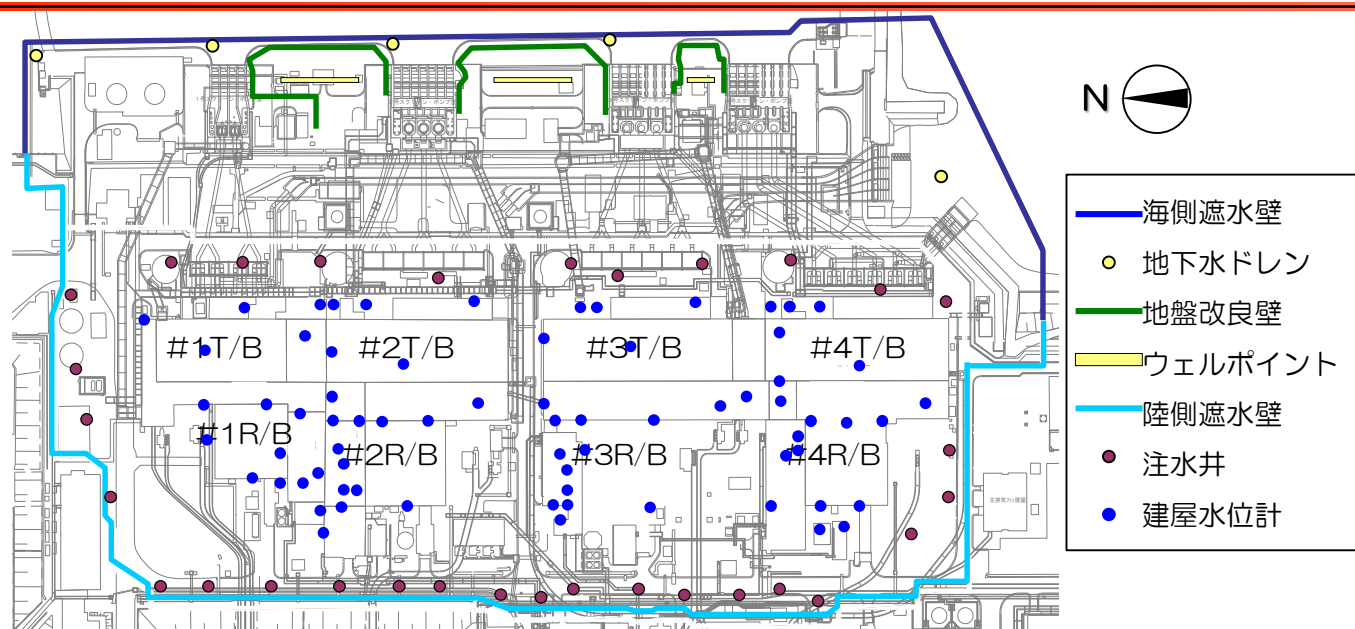
- 各対策実施に伴い地下水位は以下に示すイメージで変化すると想定される。
- 各対策実施段階においては以下の水位制御設備により建屋水位が地下水位を上回らないように管理する。

※ 関係者と調整の上、実施



注) 月数は概数

【(代替) ステップa: $T_0 \sim T_0 + 1.5$ ヶ月】 陸側遮水壁 (山側) 閉合 + 海側遮水壁閉合



モニタリング設備

建屋水位	建屋水位計 : 計71箇所
建屋周り 地下水位	サブドレン水位計 : 計42箇所

建屋水位の制御設備

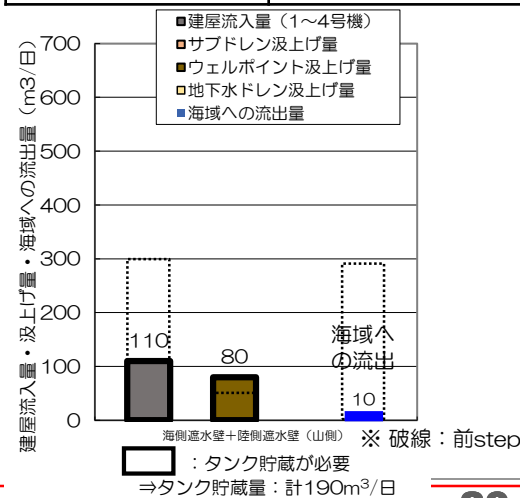
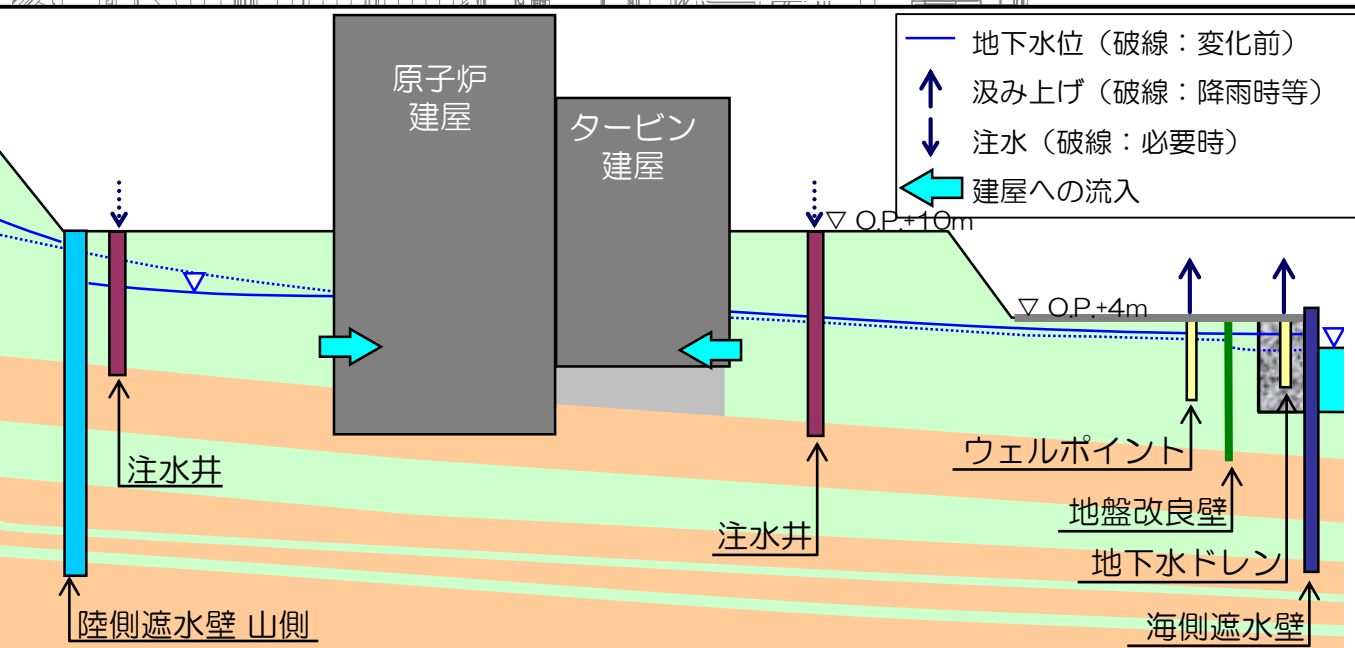
建屋滞留水移送ポンプ (11箇所)	稼働
----------------------	----

建屋周辺地下水位の制御設備

サブドレン (41孔)	—
注水井 (31孔)	稼働 (必要時)

その他設備

地下水ドレン (5孔)	—
ウェルポイント (3箇所)	稼働



【(代替) ステップa: $T_0 \sim T_0 + 1.5$ ヶ月】

陸側遮水壁(山側)閉合 + 海側遮水壁閉合(解説)

■ 流入量等の変化(定常解析による想定)

- 建屋流入量: $300 \Rightarrow 110 \text{m}^3/\text{日}$
(但し, ウェルポイント汲上げ量が $50 \Rightarrow 80 \text{m}^3/\text{日}$ 汚染水発生量としては▲ $160 \text{m}^3/\text{日}$)
- 海域への流出量: $290 \Rightarrow 10 \text{m}^3/\text{日}$

■ 実施手順

- 陸側遮水壁(山側)凍結開始前に「注水設備」を稼働可能な状態とする。
- 陸側遮水壁(山側)閉合に合わせて海側遮水壁を閉合する。

■ 想定される地下水位変化

- 陸側遮水壁(山側)の遮水性発現に伴って主に建屋山側の水位が低下する。
- 海側遮水壁閉合に伴って, 建屋海側の地下水位は上昇する。

⇒陸側遮水壁の遮水性発現時期と海側遮水壁の閉合時期をほぼ同時期であれば建屋海側地下水位が安定する。(P38参照)

■ 水位管理上の課題と対応(次頁)

【（代替）ステップa：T₀～T₀+1.5ヶ月】水位管理上の課題と対応

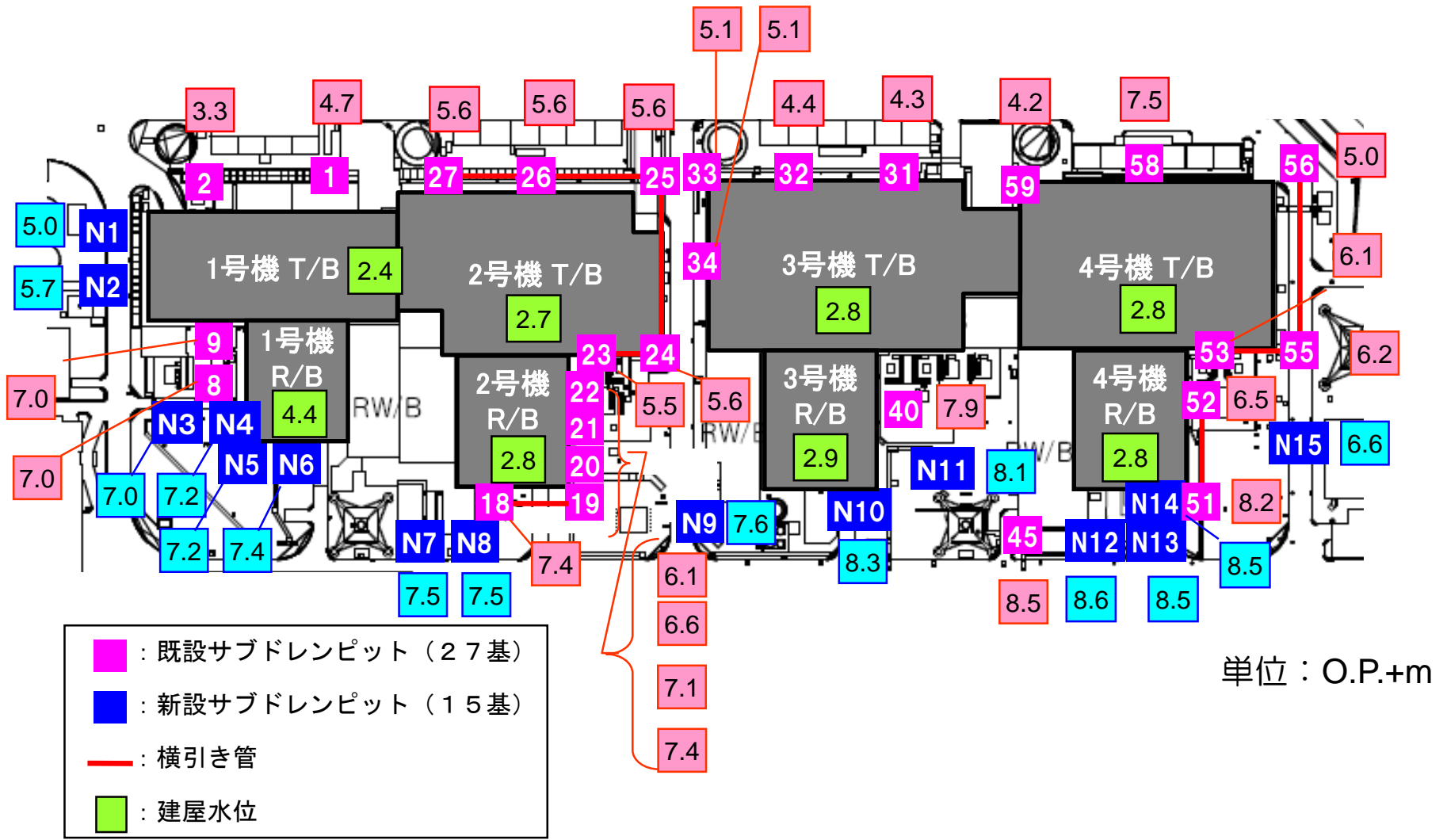
- 陸側遮水壁の遮水性発現時期は凍結開始後1ヶ月程度と想定されるが（P39参照），両者の閉合時期について，多少前後が発生したとしても，下記の通り，問題なく水位管理できる。

閉合時期の想定事象	評価および対応について
陸側遮水壁（山側）の遮水性発現が早い場合	<ul style="list-style-type: none">・ 陸側遮水壁（山側）と海側遮水壁の閉合時期の差が1ヶ月程度であれば，建屋海側における地下水位の低下は数10cm程度であり，海側遮水壁閉合により，地下水位は上昇（回復）することから，水位管理上の問題は生じない。（P40参照）・ 想定を超える低下傾向が確認された場合には，建屋滞留水移送や注水井からの注水で建屋と地下水位の水位差を維持させることが出来る。（P41参照）
陸側遮水壁（山側）の遮水性発現が遅い場合	<ul style="list-style-type: none">・ 地下水位は低下しにくくなるため，建屋一周辺地下水位の水位差は大きく保たれる。・ 速やかに地盤改良等の補助工法を実施するなどの対応をしていく。又，発生した汚染水はタンク等に貯蔵する。

- なお，陸側遮水壁の遮水性発現時期と海側遮水壁の閉合時期をほぼ同時期とすると，建屋海側の地下水位低下量が小さくなり，水位管理しやすくなる。また，汚染水発生量も抑制される（P42参照）。

補足説明資料

【（基本）ステップ0：T₀-1～T₀ヶ月】建屋水位とサブドレン水位（平成27年3月31日）



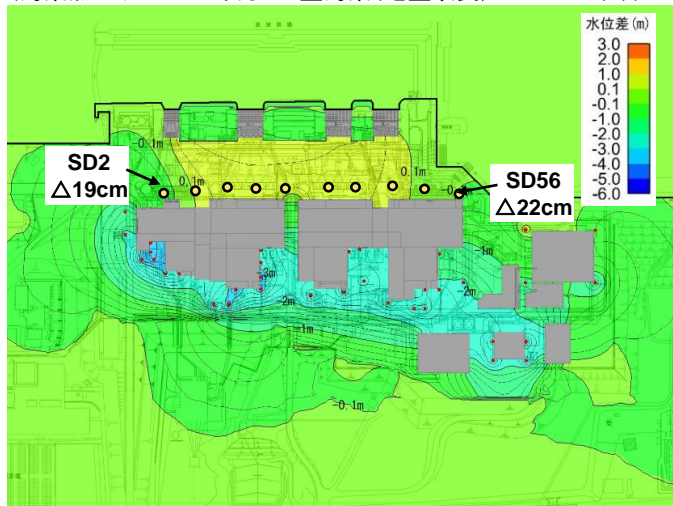
【(基本) ステップa : T₀~T₀+0.5ヶ月】

山側サブドレン稼働に伴う海側地下水位低下 (解析：海側遮水壁無し)

- 海側遮水壁がない状態で、山側サブドレンを稼働した場合 (3m程度を一度にくみ上げた場合)、海側地下水位は最大で200mm程度の水位低下が予測され、低下速度としては、稼働初期に最大で日30mm程度の水位低下が予測された。(200mm水位低下の定常状態まで約1ヶ月程度)
- 山側サブドレンの稼働水位を段階的に下げることで、海側サブドレンの日水位低下量が小さくなる (10mm/日以下) よう稼働させる。

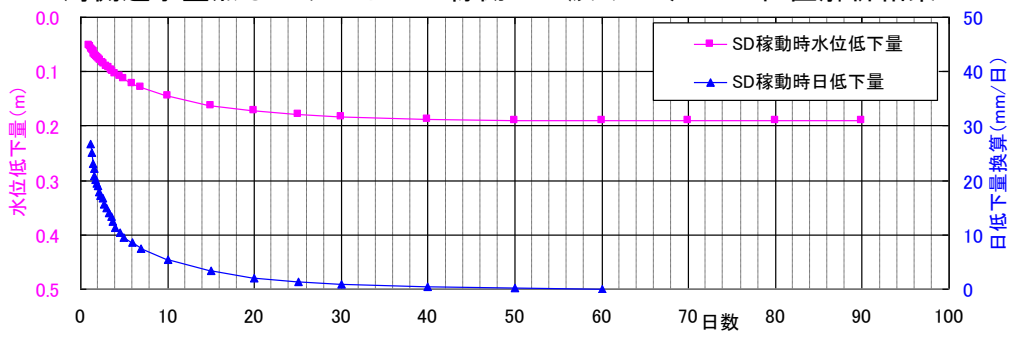
中粒砂岩地下水位差分コンター

(対策無→サブドレン及び4m盤対策(地盤改良, フェーシング))

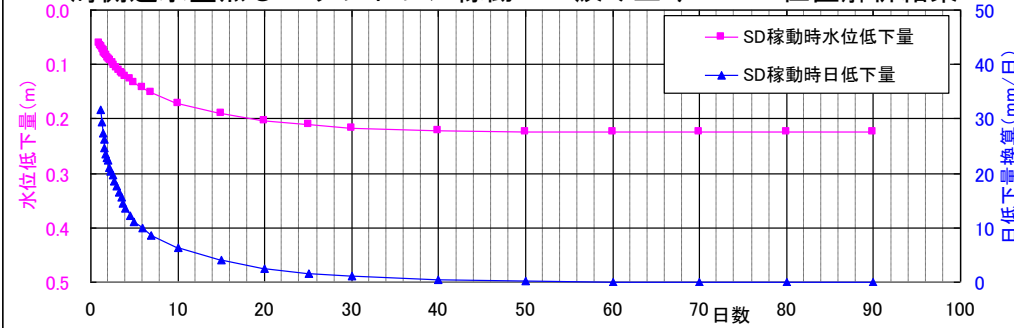


山側サブドレンにより建屋海側地下水位は10~20cmの水位低下が予測されている。

海側遮水壁無し：サブドレン稼働 3m汲み上げ：SD2位置解析結果

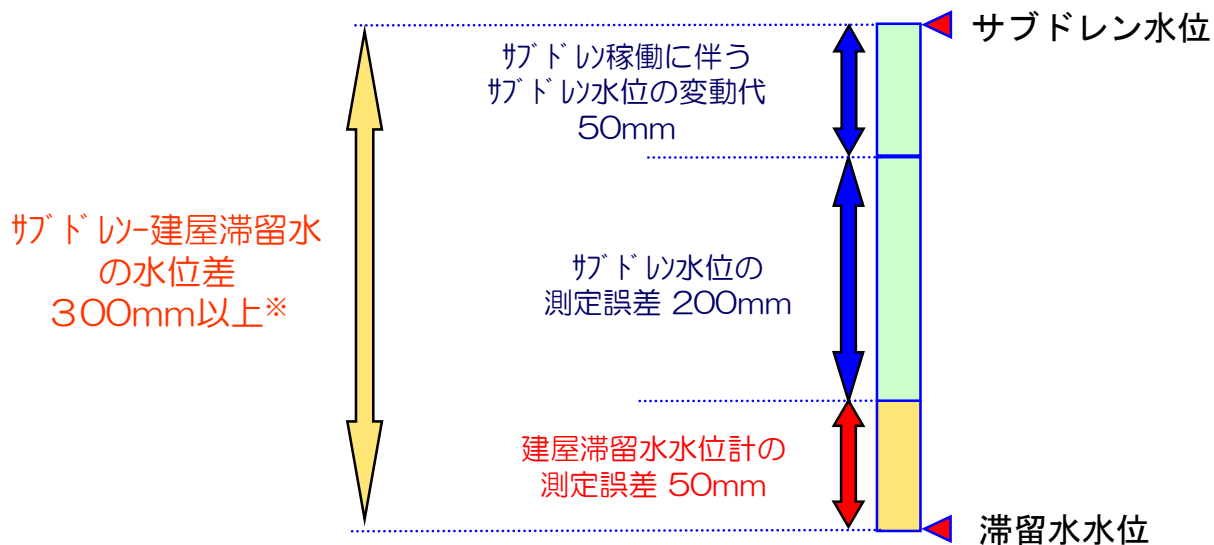


海側遮水壁無し：サブドレン稼働 3m汲み上げ：SD56位置解析結果



【（基本）ステップa：T₀～T₀+0.5ヶ月】サブドレーン—建屋滞留水間の水位差について

- 海側サブドレンの水位低下量は極めて小さくなるよう山側サブドレンは段階的に水位低下させるが、サブドレーン—建屋滞留水の水位差確保においては、保守的に3mを一度に下げた場合の最大日低下量30mmに裕度を持たせた50mmをサブドレン稼働に伴う海側サブドレンの水位変動の余裕代として見込む。
- サブドレーン—建屋滞留水の水位差は、水位の変動代に、サブドレンの測定誤差（200mm）と建屋滞留水の測定誤差（50mm）を見込んで300mmを確保すべき目標水位差とする。



※：現在申請中の「2.6 滞留水を貯留している（滞留している場合を含む）建屋」における建屋滞留水水位計等に関する変更申請の認可後に、認可内容に合わせて記載を適正化する。

【（基本）ステップa：T₀～T₀+0.5ヶ月】建屋滞留水の移送先の受入裕度について

- 建屋滞留水の移送先であるプロセス主建屋及びHTIには数千m³の余裕があるため（至近の実績でも、建屋滞留水水位を2.4m程度とした場合にも、移送先の余裕を確保できている）、サブドレンの水位低下時にも建屋滞留水を移送することが可能。
- また、建屋滞留水の水位は概ね2.5m～3mであり、サブドレンの運用水位に対して余裕を有していることから、時間的に余裕を持った運用（サブドレンの水位変動を確認した後に、建屋水位を低下させること）が可能であると考えます。
- なお、直近2年の実績で最小値である5,800m³の受入可能量は、1～4号機建屋の水位で約25cm分の移送量に相当する。（※1～4号機の建屋滞留水保有エリア（約23,000m²）の滞留水を全て一様に移送する場合を想定）

		受入可能量	プロセス主建屋	高温焼却炉建屋	週報
		容量 (m ³)	水位(O.P.)	水位(O.P.)	
2013 年度	最大値	約12,200	2,545	1,789	110報
	最小値	約5,800	4,318	3090	96報
	平均値 (参考)	約7,600	4,025	2,239	—
2014 年度	最大値	約11,900	2,571	1,905	146報
	最小値	約6,600	4,368	2,297	154報
	平均値 (参考)	約8,200	3,976	1,854	—

■目的

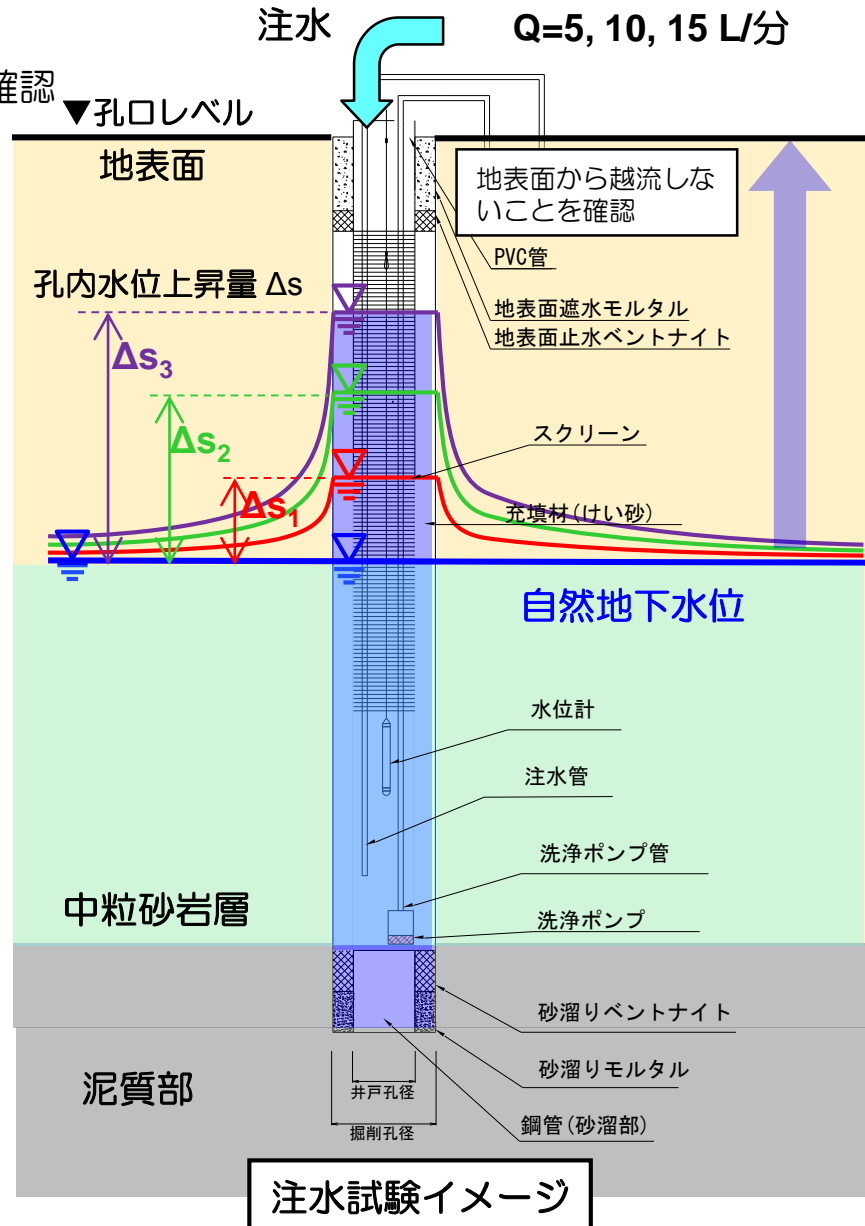
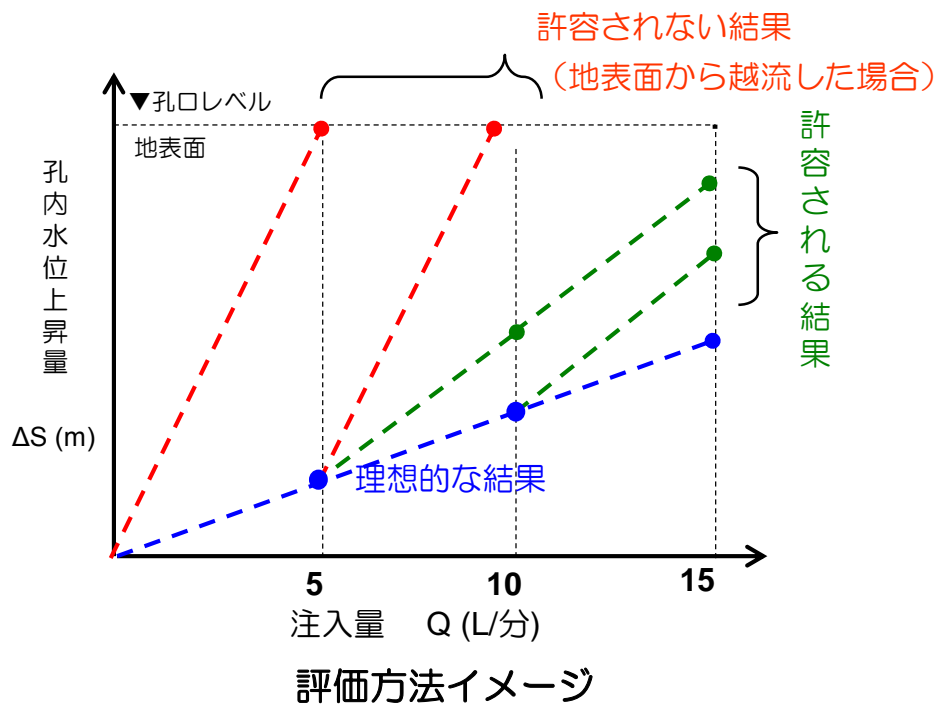
- 注水井1本当たりの注水量が10L/分以上※あることの確認
(※注水井31孔で約450m³/日の注水可能)

■試験方法

- 注水量を3段階別 (Q=5,10,15L/分) に、一定時間注水し、段階毎の水位上昇量を計測

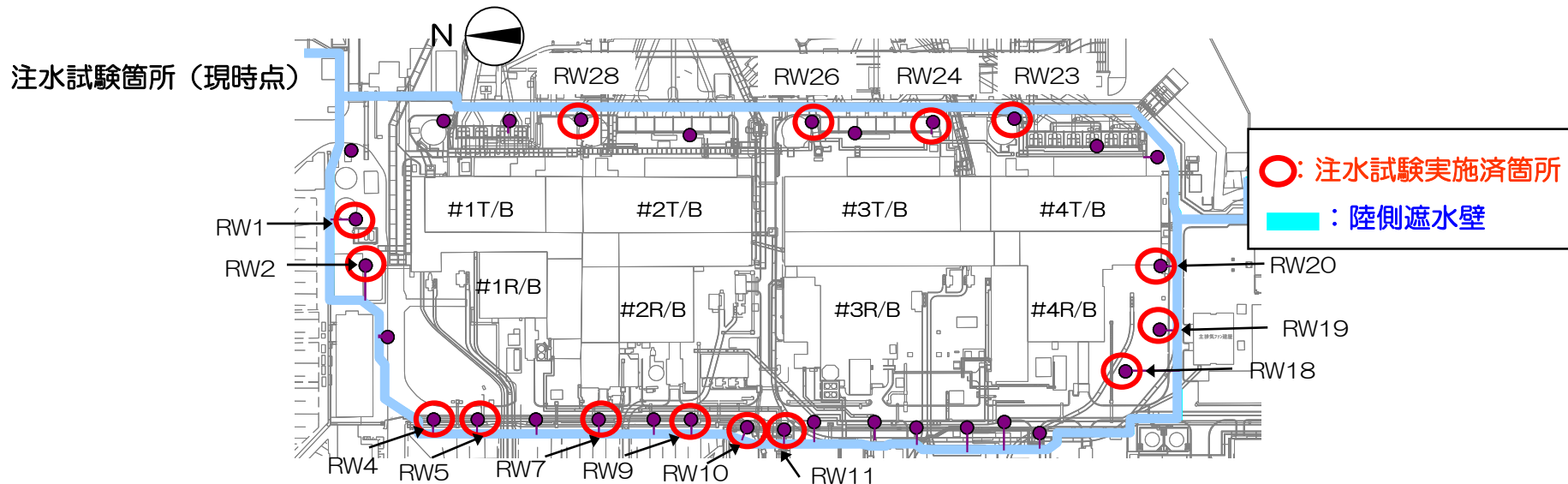
■評価方法

- 孔口レベル (地表面) を水位が越えないことを確認

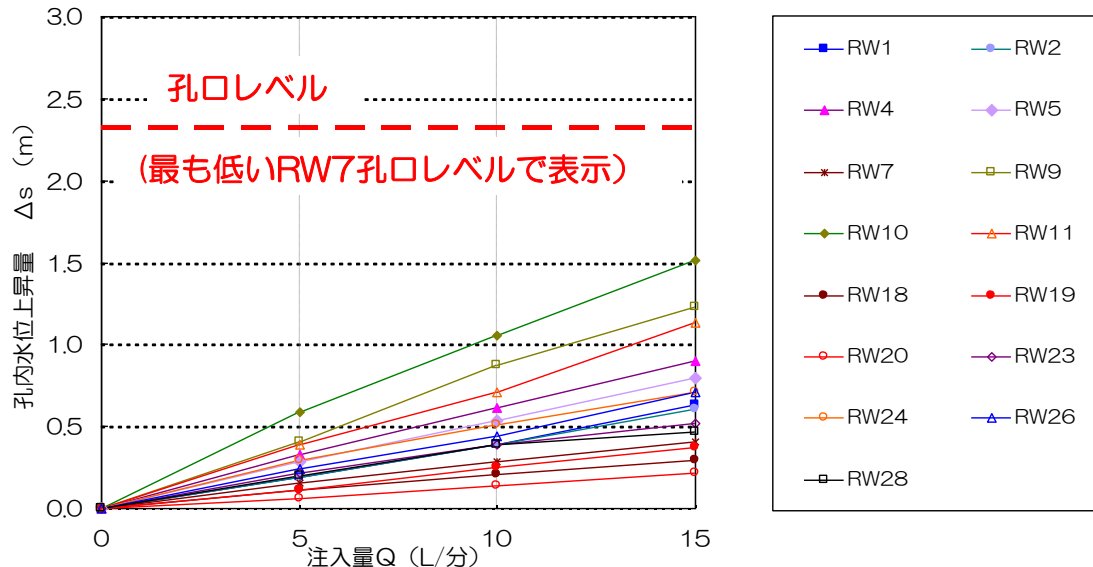


【(基本) ステップc : T₀+1 ~ T₀+2.5ヶ月】注水試験結果

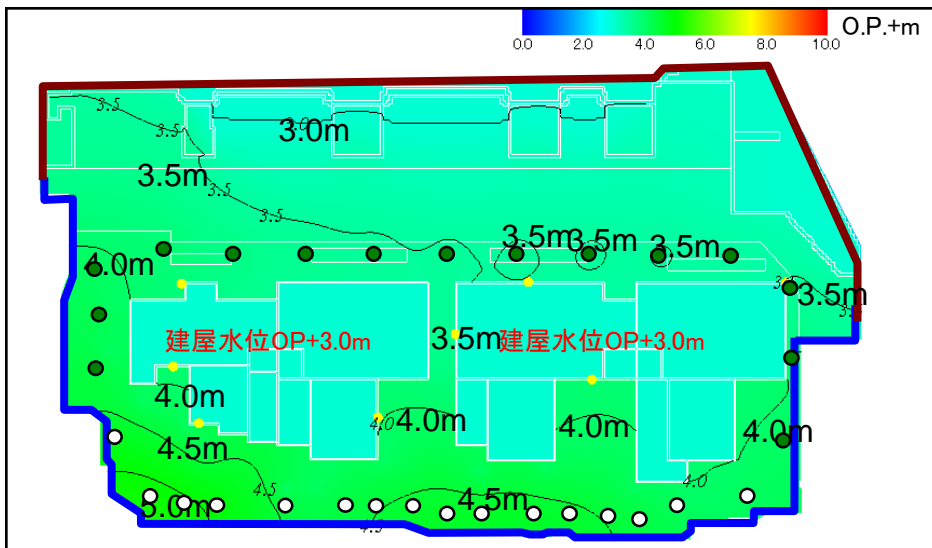
■現時点での注水試験結果を以下に示す。各注水井においても10L/分以上注水可能であることを確認した。



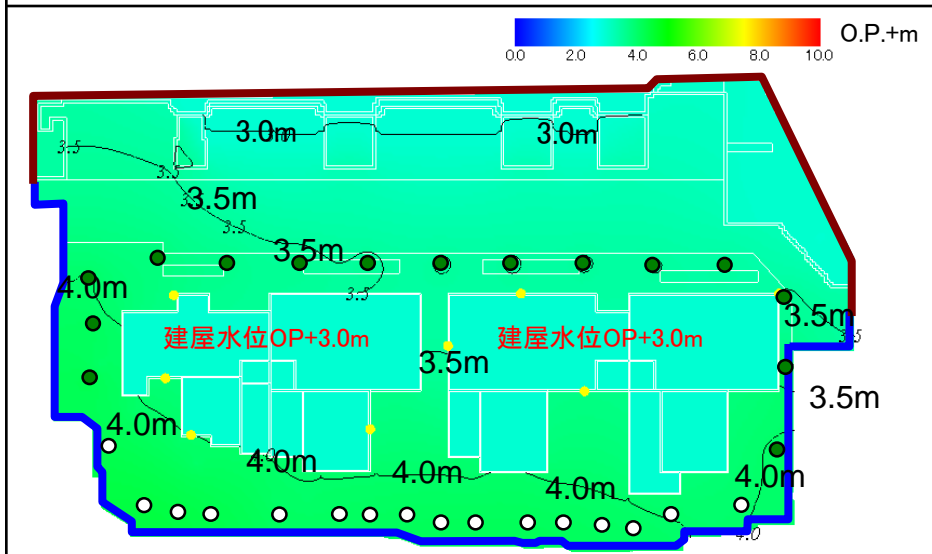
注水試験結果 (現時点)



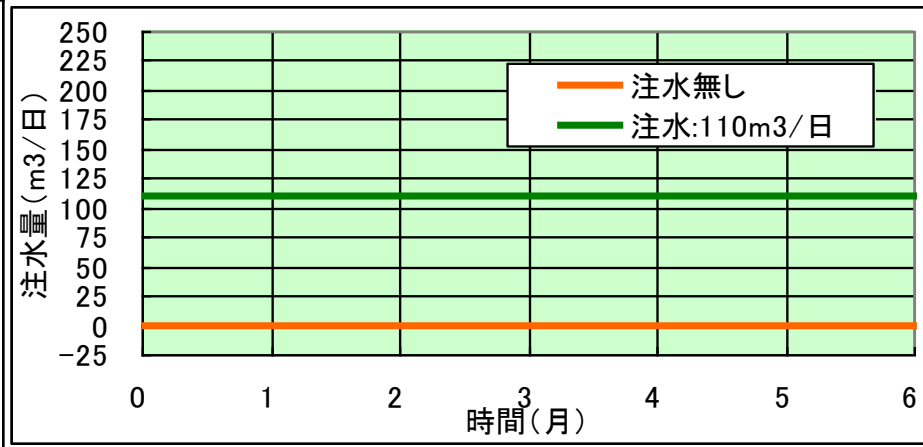
【(基本)ステップc : T_o+1 ~ T_o+2.5ヶ月】
注水井からの注水による水位差の確保 (降雨浸透0mm/日)



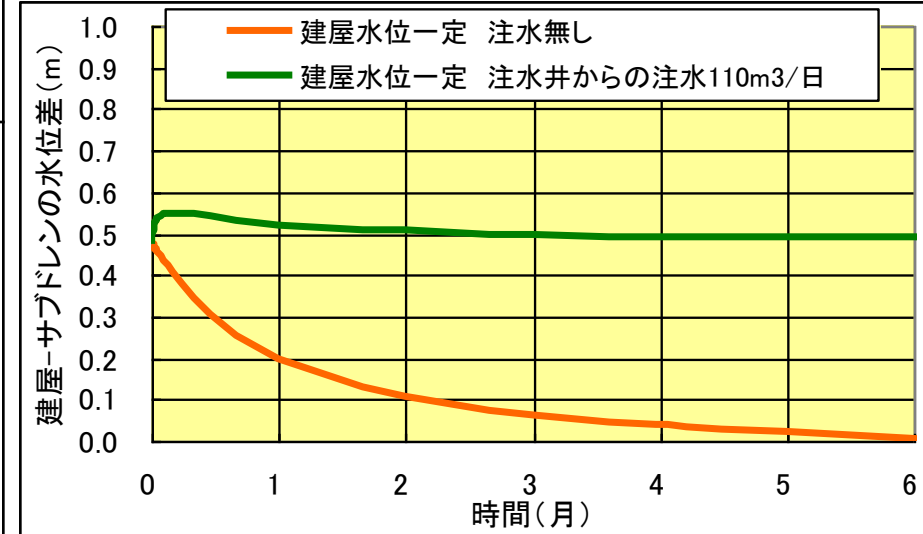
水位コンター (遮水性発現後1ヶ月)



水位コンター (遮水性発現後2ヶ月)



注水井からの注水条件



建屋-地下水水位 水位差の経時変化

- 注水井 (注水中)
- // (停止)
- 注水井からの注水により, 建屋と地下水の水位差を確保できる。

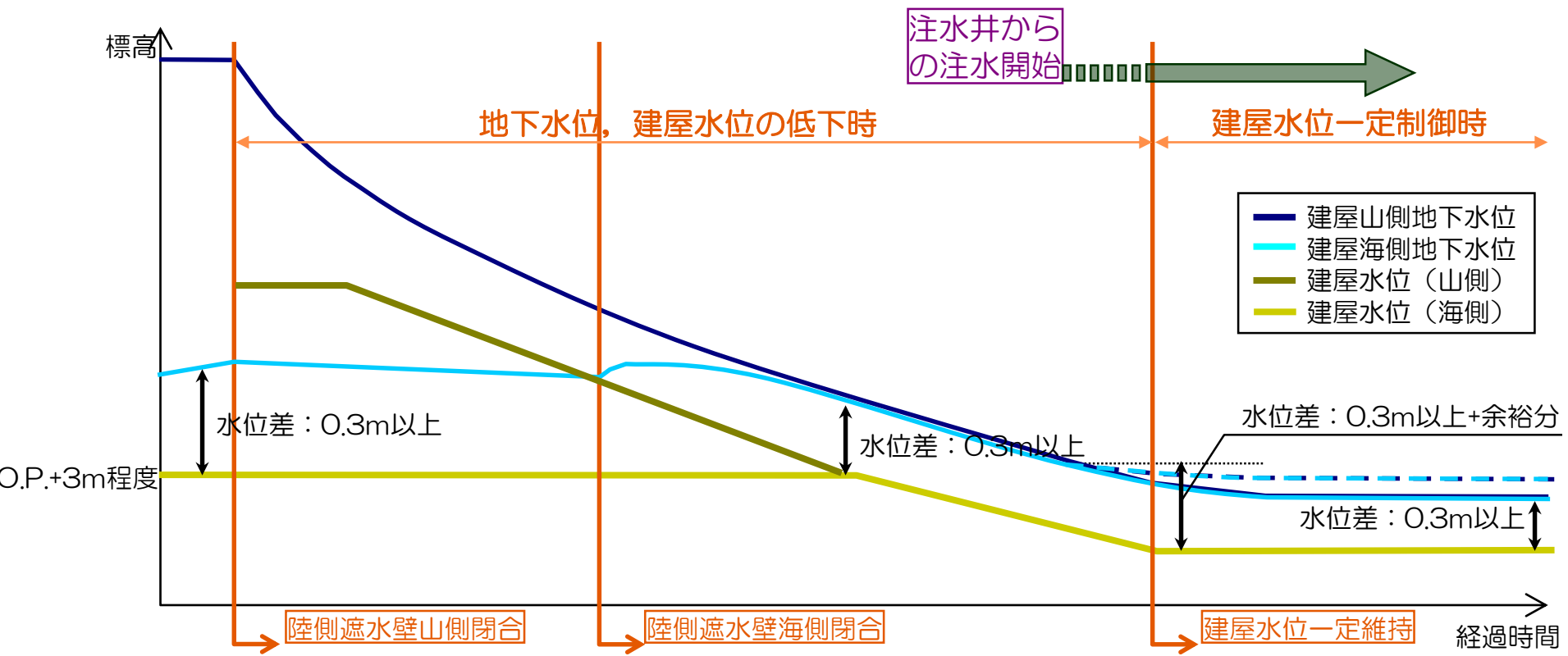
【(基本) ステップc : T₀+1 ~ T₀+2.5ヶ月】

滞留水移送装置の設置計画 (従来設備と新規設備の比較)

		従来設備	新規設備	
滞留水移送ポンプ	台数	合計11台 (各号機タービン建屋 (4箇所))	合計22台 (各号機の各建屋 (原子炉建屋, タービン建屋, 廃棄物処理建屋) に原則として1箇所設置 (11箇所))	
	排水容量	単体	12m ³ /h	18m ³ /h
		全体	最大約1,920m ³ /日 (80m ³ /h)	現状以上の排水容量とする
水位計	設置箇所数	合計12箇所 (各建屋1箇所)	合計71箇所 (制御用: 11箇所, 監視用: 60箇所)	
	計測頻度	3回/日 (Webカメラによる目視確認)	常時水位計測データを取り込み, 免震棟 (遠隔) にて一括管理	
	耐放射線性	放射線影響等によるドリフトあり	耐放射線性, メンテナンス性を向上	
インターロック		<ul style="list-style-type: none"> 現場での手動操作 手動運転 警報なし 	<ul style="list-style-type: none"> 免震棟での遠隔操作 自動運転 (水位自動制御) 警報出力 	
流量計		なし	滞留水移送ポンプごとに設置	

【(基本) ステップc : T₀+1 ~ T₀+2.5ヶ月】 陸側遮水壁閉合後の水位変化

- 陸側遮水壁閉合後の地下水位低下と建屋水位低下工程を以下に示す。
- 陸側遮水壁閉合後の水位変化は、主に建屋、地下水位の低下時と水位一定制御時である。それぞれの管理方法を次項に記載する。



【（基本）ステップc：T₀+1～T₀+2.5ヶ月】地下水位、建屋水位の水位低下時の水位管理

- 陸側遮水壁の閉合やサブドレン稼働による水位低下時は、地下水位の低下にあわせて建屋水位設定を下げ建屋水位を低下させていくことが基本操作となる。
- 地下水位低下速度に対応するため以下を考慮する。
 - ① 想定される地下水位低下速度に対して余裕を有した滞留水低下量となるよう、排水容量を確保（別紙（1）-1，-2参照）。
 - ② 滞留水移送ポンプを多重化して設置。必要に応じて複数台起動する対応を行う（別紙（2）-1，-2参照）。
 - ③ 異常な地下水位の低下傾向が確認された場合には、注水井からの注水等により対処する（別紙（3）参照）。また、サブドレンが稼働している場合は停止する。

その他の主な留意事項を以下に示す。

要因	想定事象	対応	参照
大雨による水位上昇	大雨による建屋内水位の上昇により、建屋内水位が地下水位を上回る。	運用目標水位差（建屋一周辺地下水）に大雨時の建屋水位上昇量を考慮し、最大排水容量を設定している。なお、地下水も降雨による上昇分が見込まれるため、水位差が十分に確保される。	別紙（4）-1 // -2 // -3
移送装置の故障	滞留水移送装置の故障により排水不能となる。	滞留水移送ポンプ、排水系統、電源等を多系統化している。1系統故障時は予備系統を起動する。	別紙（2）-1 // -2
局所的な滞留	建屋内の水位低下により、局所的に連通性がなくなり水位低下ができないエリアが発生する。	偏差が大きい水位計を検出し、連通性がなくなる兆候を捉える。連通性がないと評価した場合は、仮設ポンプによる排水を行う。 （現状で調査済みの箇所の水抜きは順次実施）	別紙（5） 別紙（6）

【（基本）ステップc：T₀+1～T₀+2.5ヶ月】建屋水位一定制御時の水位管理

- 建屋水位一定制御時は、注水井への注水によって、地下水位を制御することが基本操作となる。降雨があった場合などは、必要に応じ注水を停止しサブドレンを稼働する。
- 陸側遮水壁閉合後の地下水位の低下は、概ね建屋への流入量の分が低下していくことから、建屋への流入量を加味して、注水井への注水量を制御する（建屋への流入量が減少するほど、注水井への注水量は減少）。

その他の主な留意事項を以下に示す。

要因	想定事象	対応	参照
大雨による水位上昇	大雨による建屋内水位の上昇により、建屋内水位が地下水位を上回る。	運用目標水位差（建屋一周辺地下水）に大雨時の建屋水位上昇量を考慮し、最大排水容量を設定している。なお、地下水も降雨による上昇分が見込まれるため、水位差が十分に確保される。	別紙（４）-1 // -2 // -3
移送装置の故障	滞留水移送装置の故障により排水不能となる。	滞留水移送ポンプ、排水系統、電源等を多系統化している。1系統故障時は予備系統を起動する。	別紙（２）-1 // -2

【(基本) ステップd : T₀+2.5ヶ月以降】 陸側遮水壁 海側に期待する効果

陸側遮水壁 (4辺閉合) の目的

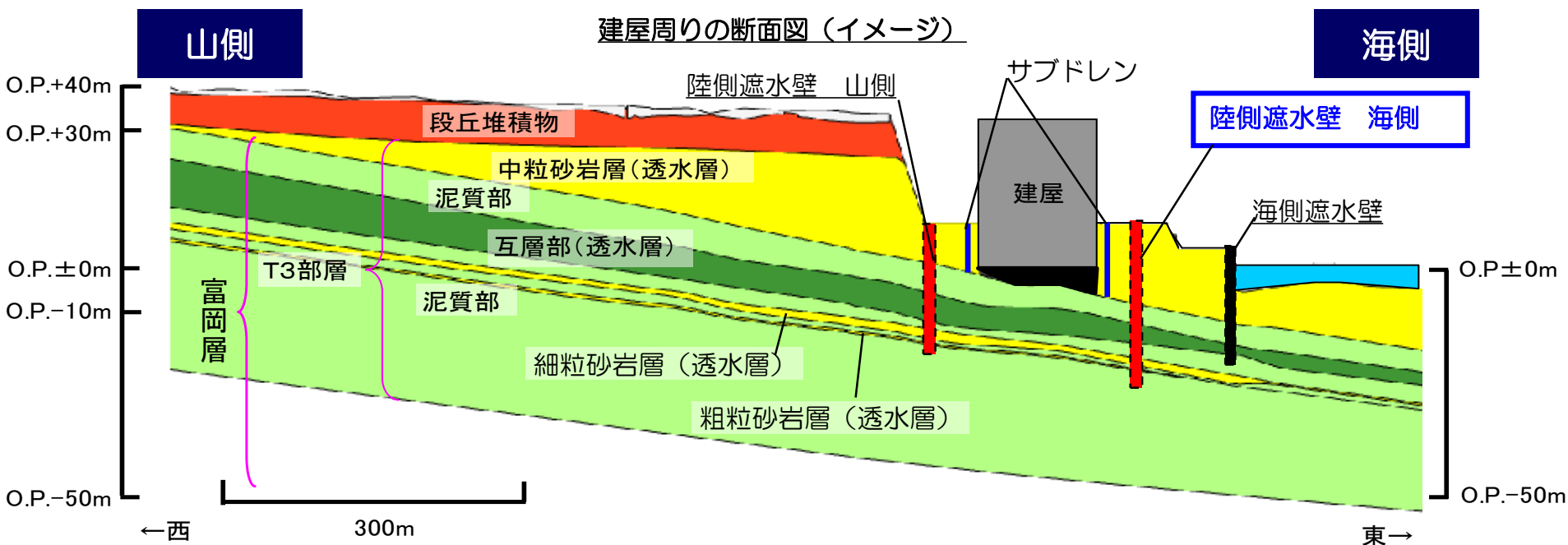
汚染源に水を「近づけない」対策として、汚染水が滞留している建屋内への地下水流入量を低減させることで**汚染水の増加を抑制**すること

陸側遮水壁 海側に期待する効果

陸側遮水壁で閉合する面積を小さくすることで、

- 1) 迅速かつ確実な地下水位制御
- 2) 地下水位管理範囲の限定化
- 3) 1～4号機建屋への地下水流入量抑制

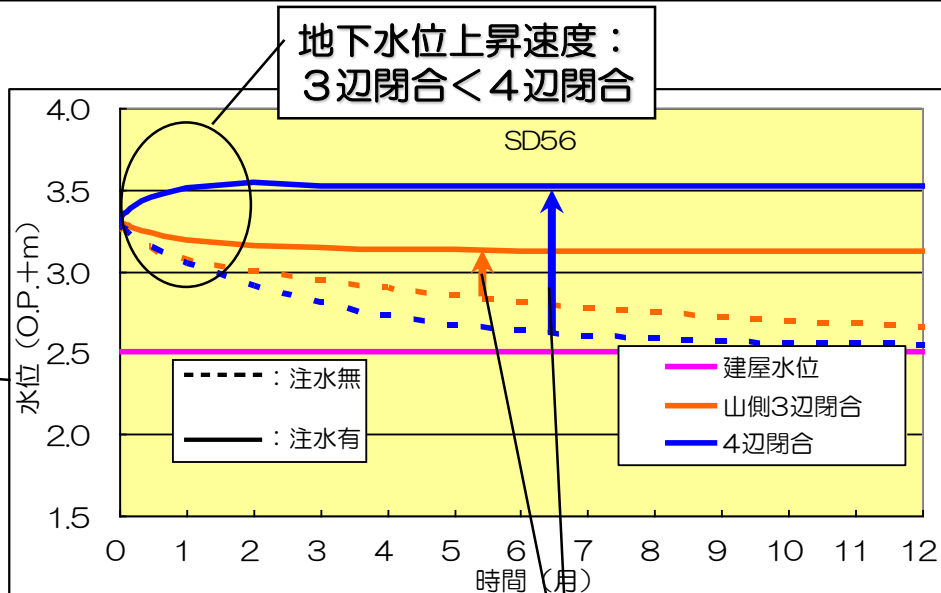
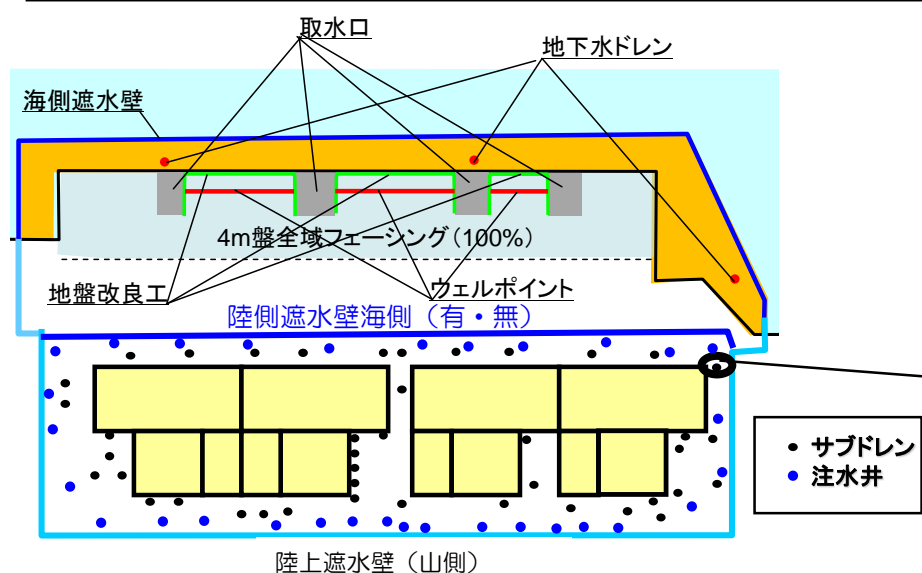
を行う。



【(基本) ステップd : T₀+2.5ヶ月以降】 迅速かつ確実な地下水位制御

■ 陸側遮水壁4辺閉合の地下水位制御上の利点

- 注水井からの注水無しの場合
 - ◆ より早期に地下水位を低下させ、建屋流入量を低減することが出来る。
- 注水井からの注水を実施する場合
 - ◆ 地下水位を制御する領域が小さいため、地下水位上昇速度が速く、より早期に建屋との水位差確保が出来る。
 - ◆ 同一の注水量に対する水位差の回復効果が大きい。(⇒同一の水位差を確保するための注水量が少ない。)



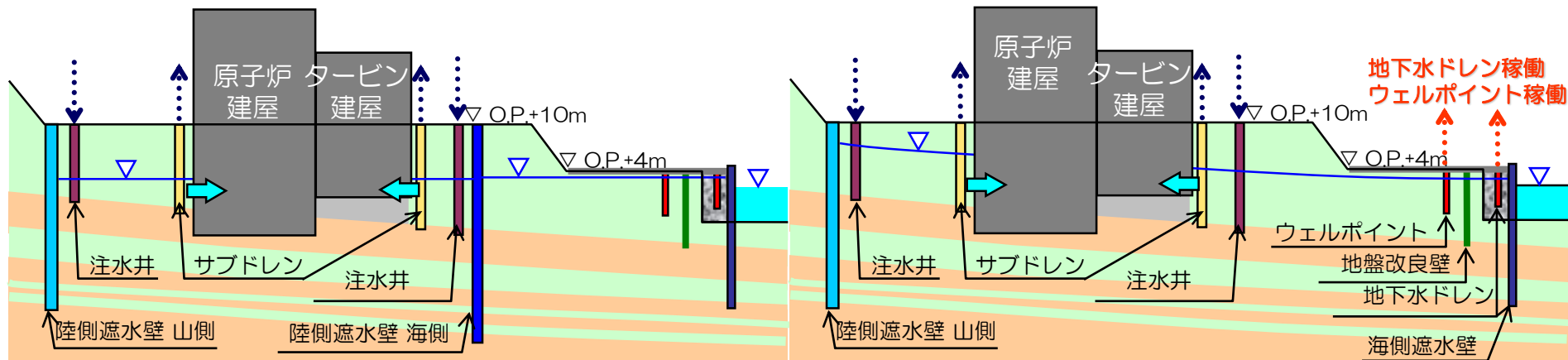
地下水位の経時変化 (SD56)

注水効果：
3辺閉合<4辺閉合

注水井からの注水	無 2L/min/孔	
降雨量	0mm/日	渇水期を想定
降雨浸透率	—	

【(基本) ステップd : T₀+2.5ヶ月以降】 地下水位管理範囲の限定化

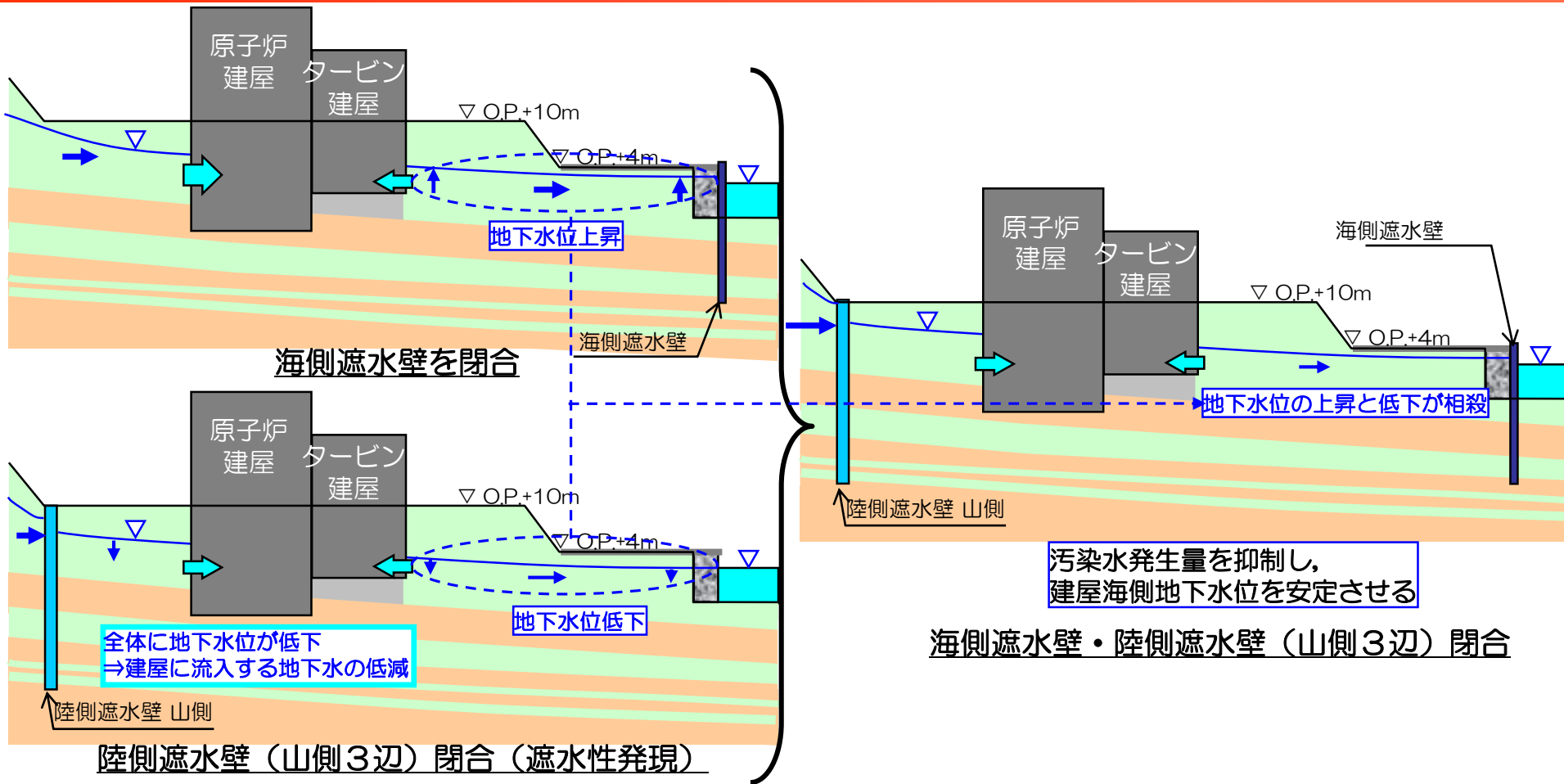
- 陸側遮水壁4辺で閉合の場合、地下水位を管理する範囲は1～4号機建屋周辺に限定され、地下水位に影響する主な因子は以下の3点であり管理項目が少ない。
 - ①建屋への地下水流入 ②サブドレンの稼働 ③注水井からの注水
- 陸側遮水壁山側3辺と海側遮水壁で閉合の場合、地下水位を管理する範囲は10m盤の1～4号機建屋周辺に加えて汚染が拡大している4m盤にまで拡がり、地下水位に影響する因子は上記に加えて以下の2点加わる。
 - ④地下水ドレンの稼働 ⑤ウェルポイントの稼働
- 4m盤においては海側遮水壁の越流防止に加え、汚染に対応するための地下水ドレン・ウェルポイントの運用管理が必要である。それらを10m盤における建屋滞留水アウトリーク防止のための建屋水位および建屋周辺の地下水位管理に複合させることは、水位管理全体の複雑さを招く。



陸側遮水壁4辺で閉合

陸側遮水壁山側3辺と海側遮水壁で閉合

陸側遮水壁（山側）に合わせた海側遮水壁閉合による建屋海側地下水位の安定化

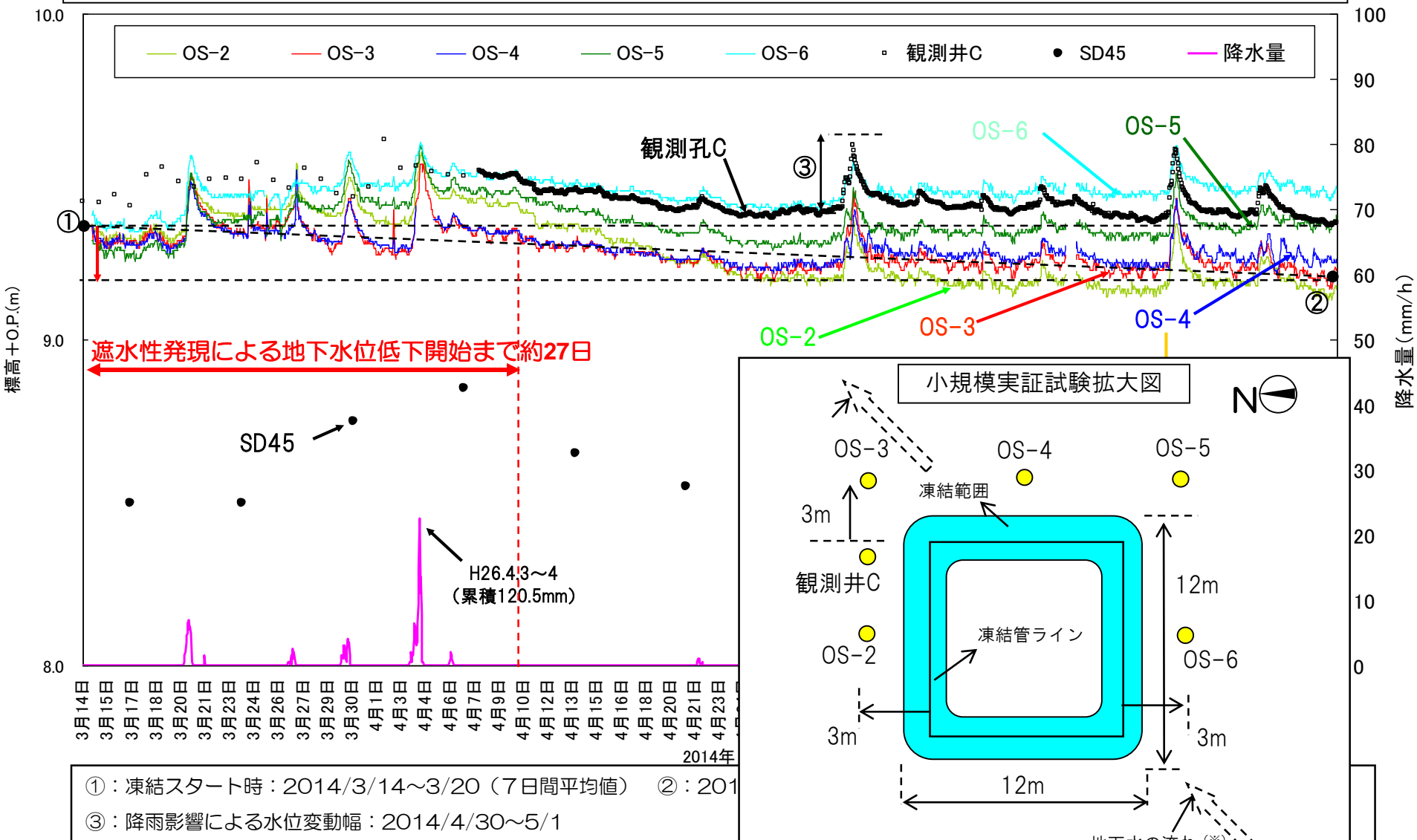


■ 陸側遮水壁の閉合に合わせて海側遮水壁を閉合することで、建屋海側における安全な水位管理を実現し、かつ、全体の汚染水発生量を抑制することが出来る。

【(代替) ステップa: T₀+1~T₀+2.5ヶ月】

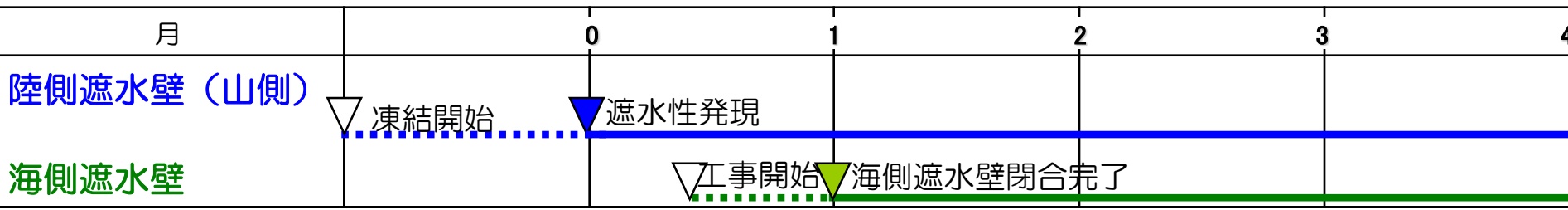
実証試験結果に基づく陸側遮水壁の遮水性発現時期の評価

■ 小規模実証試験で造成した遮水壁近傍の地下水位変動の経時変化 (2014年3月~2014年5月) は以下の通り ⇒ 遮水性発現による地下水位低下まで1ヶ月程度。

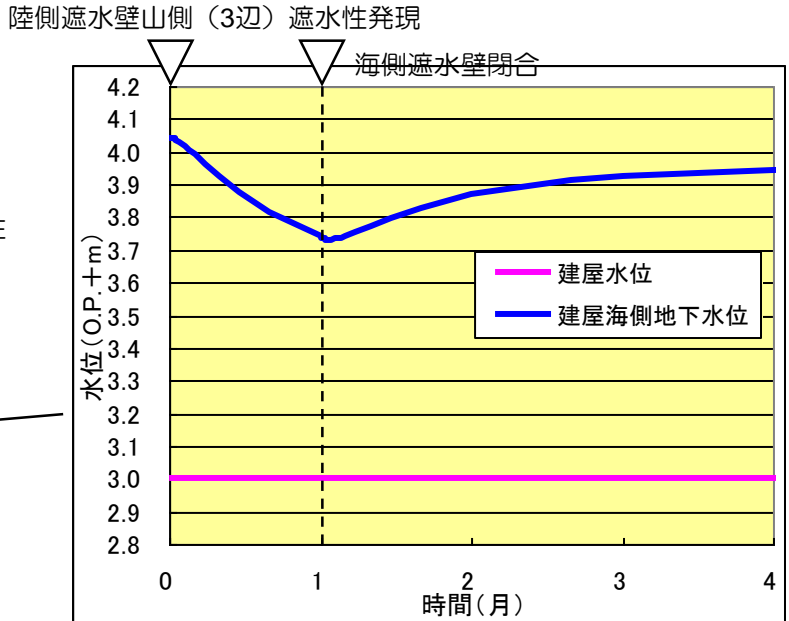
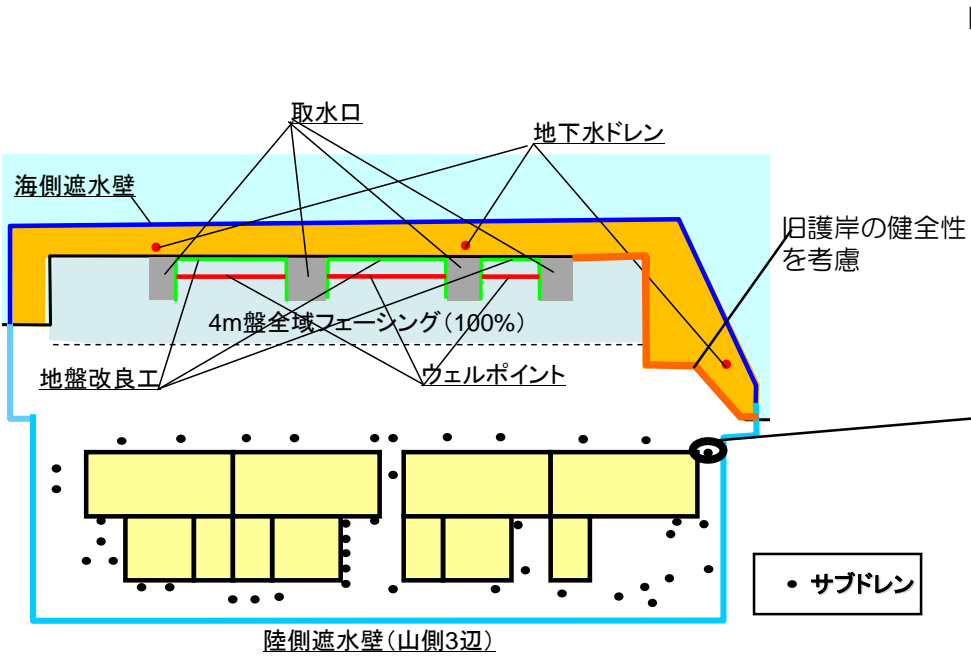


陸側遮水壁（山側）の遮水性発現から1ヶ月後に海側遮水壁を閉合した場合

- 陸側遮水壁（山側）の遮水性発現時期と海側遮水壁閉合時期が1ヶ月程度ずれた場合の建屋海地下水位の低下について解析により検討した。



- 陸側遮水壁（山側）の遮水性発現から1ヶ月後に海側遮水壁を閉合した場合でも、建屋海側における地下水位の低下は数10cm程度であり、海側遮水壁閉合により、地下水位は上昇（回復）することから、水位管理上の問題は生じない。



陸側遮水壁の遮水性発現後の地下水位変動と建屋水位

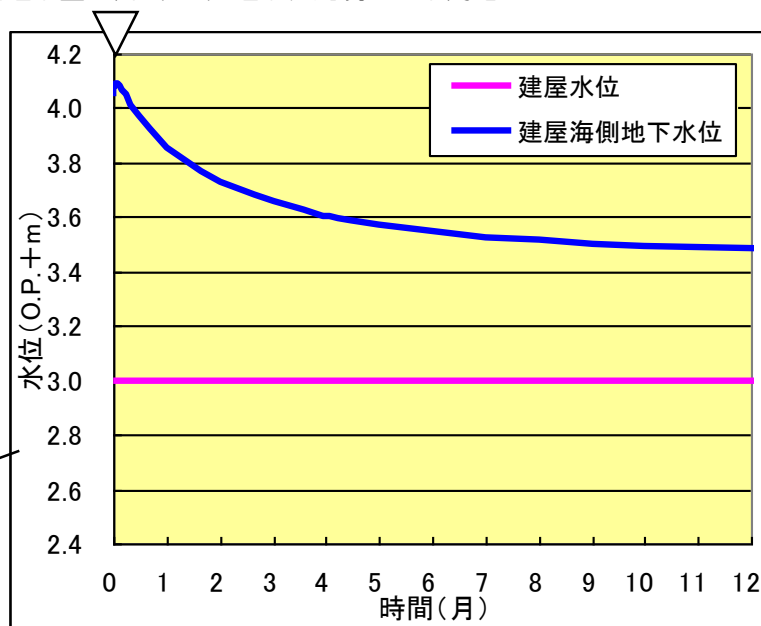
【(代替)ステップa: T₀+1~T₀+2.5ヶ月】注水による水位差確保について

- 現実的ではないが水位管理上非常に厳しい条件として、海側遮水壁未閉合、かつ、降雨浸透が無い条件で陸側遮水壁を閉合した場合の注水井からの注水による建屋海側の地下水位の維持について、解析により検討した。

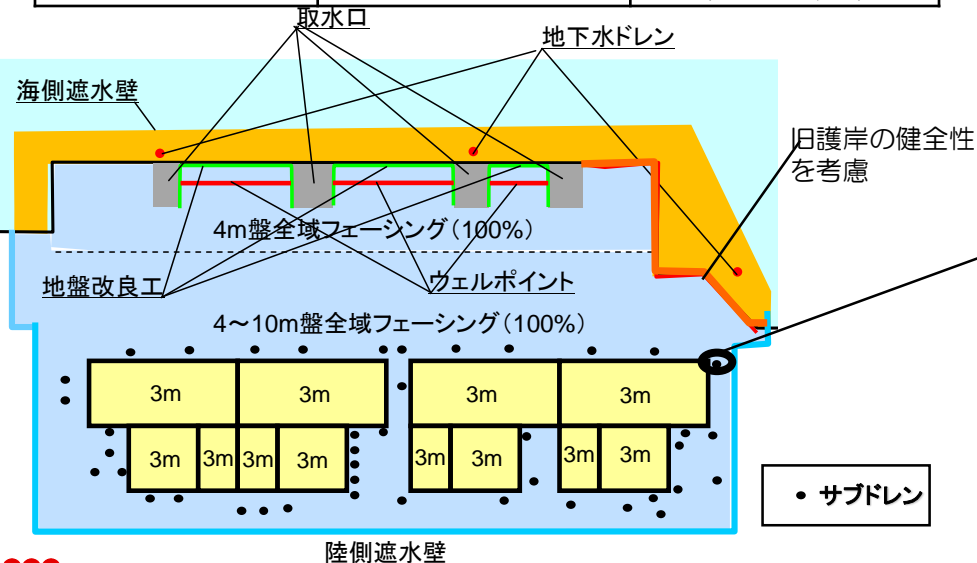
各設備		解析条件
海側(鋼管)遮水壁		未閉合
4m盤	地盤改良	完了
	揚水工 (ウエルポイント)	稼動 (稼働水位: GL-1.0m (O.P.+3.0m))
	地下水ドレン	100%
	フェーシング	100%
4~10m盤	フェーシング	100%
10m盤 (陸側遮水壁内)	フェーシング	100%
	サブドレン	非稼動
	陸側遮水壁	山側3辺閉合
	注水井からの注水	5L/分/孔×31孔 (225m ³ /日)

- 海側遮水壁未閉合、かつ、降雨浸透が無いことを仮定しても、注水井1孔当たり5L/分程度注水すれば、建屋と地下水の水位差は確保できる。
- なお、5L/分は、事前の試験にて確認している「1孔当たり10L/分以上」の半分以下である。

陸側遮水壁山側(3辺)遮水性発現・注水開始



陸側遮水壁の遮水性発現後の地下水位の経時変化

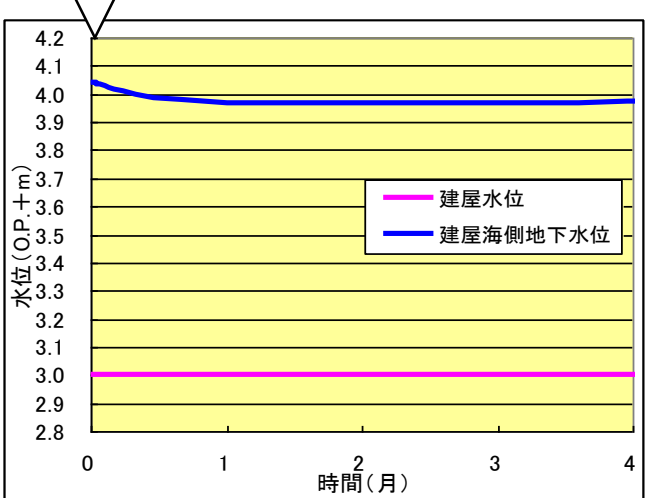


陸側遮水壁（山側）の遮水性発現時期に合わせて海側遮水壁閉合完了の場合



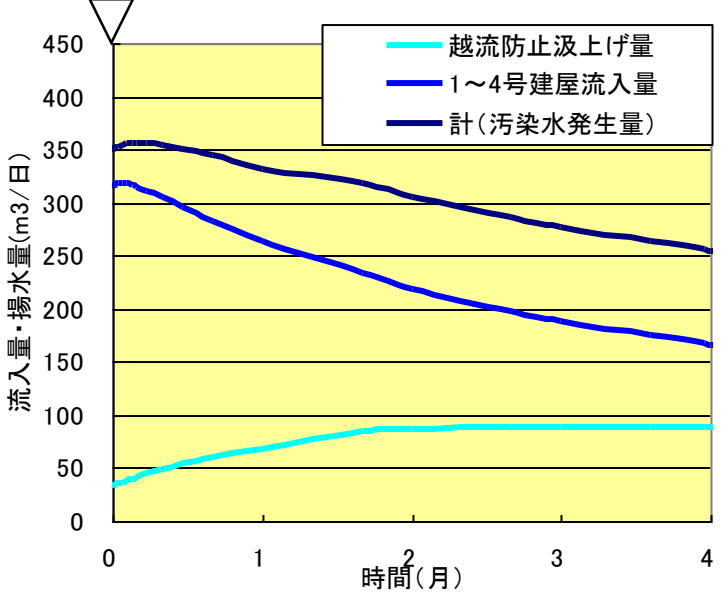
- 陸側遮水壁（山側）の遮水性発現時期に合わせて海側遮水壁を閉合した場合，建屋海側の地下水位低下が小さくなる（10cm程度）。
- 閉合後，汚染水発生量は殆ど増加することなく低減していく。

海側遮水壁閉合・陸側遮水壁山側（3辺）遮水性発現

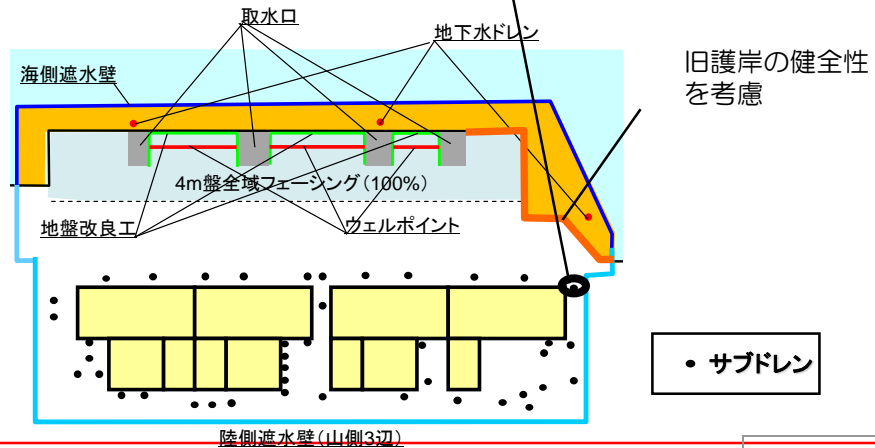


閉合後の地下水位変動と建屋水位

海側遮水壁閉合・陸側遮水壁山側（3辺）遮水性発現



閉合後の建屋流入量・4m盤揚水量



【(代替) ステップa: T₀+1~T₀+2.5ヶ月】 閉合手順に関する検討の解析条件

各設備		解析条件
4m盤	地盤改良	完了
	揚水工 (ウエル・イット)	稼働 (稼働水位： GL-1.0m (O.P.+3.0m))
	地下水ドレン	
	フェーシング	100%
4~10m盤	フェーシング	0%
10m盤 (陸側遮水壁内)	フェーシング	0%
	サブドレン	非稼働
	陸側遮水壁	山側3辺閉合
	建屋水位	O.P.+3m
	注水井からの注水	無

降雨量	約4mm/日 一定 (建屋以外の領域に降雨)	年平均降雨量1,545mm
降雨浸透率	55%	汚染水処理対策委員会報告より

別紙(1)-1 地下水位の最大低下速度の想定

[建屋水位ー建屋周辺地下水位の水位差：1mの場合]
 降雨無しの際に想定される最大の地下水位低下速度は30mm/日程度 その時の建屋流入量は約45m³/日

ケース	建屋水位	建屋周辺地下水位 (初期)	注水	注水総量 (m ³ /日)	降雨浸透(mm/日)
1	O.P. +3 m	O.P. +4 m	非稼働	0	0

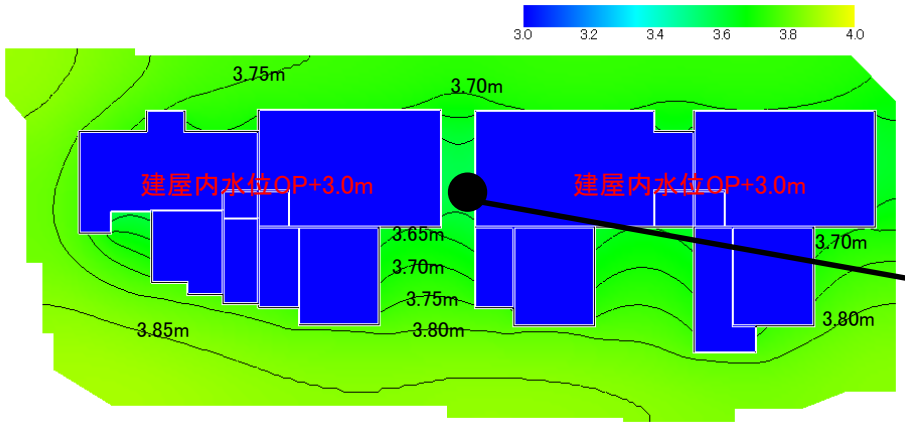
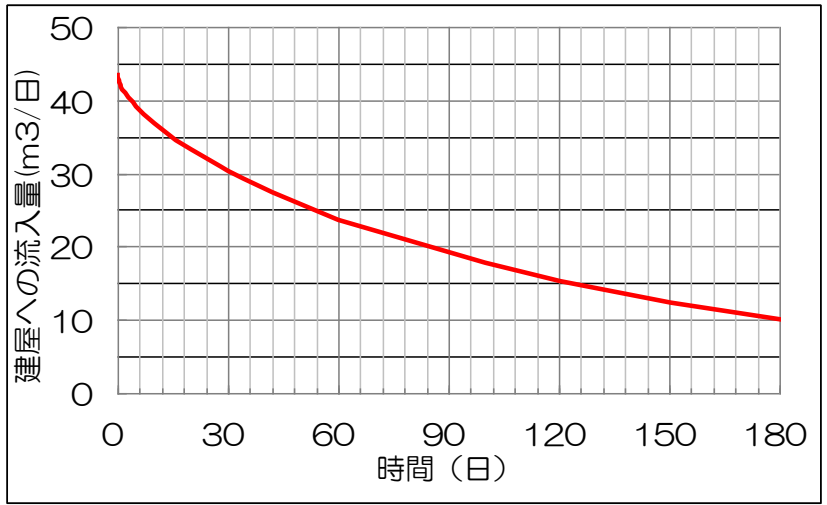
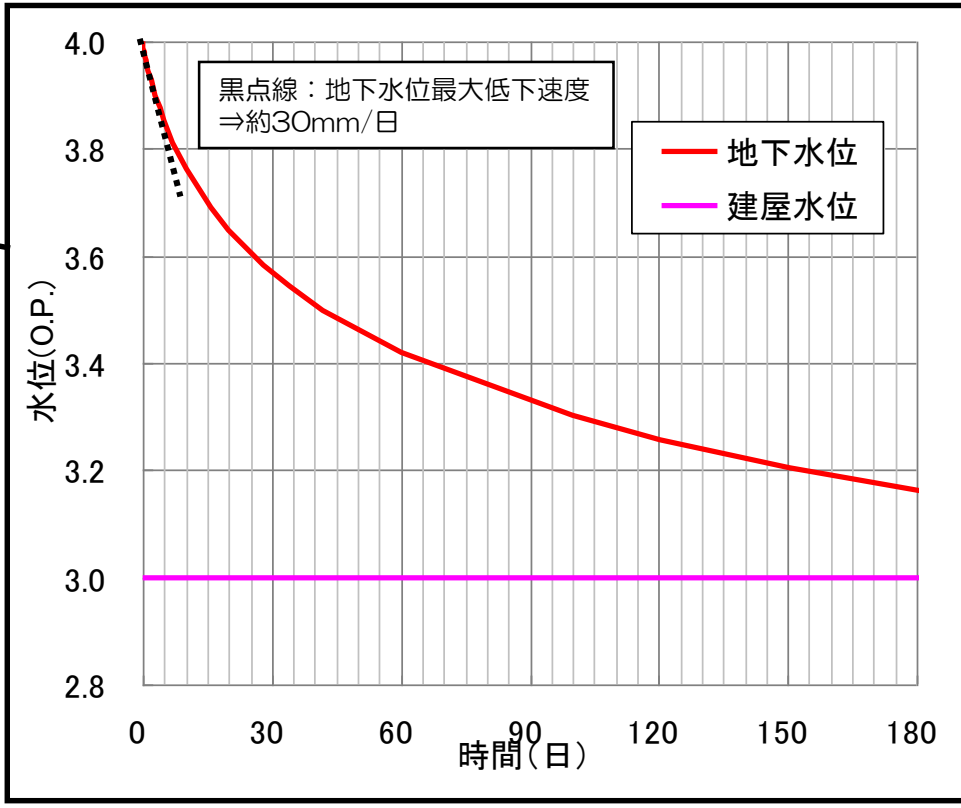


図 水位コンター (30日経過後)



別紙(1)-2 滞留水移送ポンプ容量と水位低下速度について

前頁のシミュレーションによる地下水流入量は1～4号機合計で約45m³/日である。それに対し、**各建屋の滞留水移送ポンプ1台当たりの容量は432m³/日(18m³/h)であることから、1台で排水可能な容量を有している。**

なお、建屋内水位と地下水位との水位差が小さい状態で、降雨浸透がない保守的な条件下で実施した前頁のシミュレーションでは、最も水位低下が顕著な箇所の**地下水位低下速度は30mm/日**である。下表に示すように、滞留水移送ポンプ1台による各建屋の最大水位低下速度は地下水位低下速度よりも速く、建屋内水位を地下水位より低く維持することが可能である。

号機	建屋	建屋面積* (m ²)	ポンプ容量 (m ³ /h)	建屋内の最大水位低下 速度 (mm/日)	備考
1号機	原子炉建屋	638	18	508	炉注入量4.5m ³ /hを考慮
	タービン建屋	596	18	725	
	廃棄物処理建屋	(510)	—	—	2号機廃棄物処理建屋の滞留水移送ポンプにより排水
2号機	原子炉建屋	1069	18	303	炉注入量4.5m ³ /hを考慮
	タービン建屋	5160	18	84	
	廃棄物処理建屋	1122	18	385	1号機廃棄物処理建屋分(510m ²)含む
3号機	原子炉建屋	1109	18	292	炉注入量4.5m ³ /hを考慮
	タービン建屋	6028	18	72	
	廃棄物処理建屋	585	18	739	
4号機	原子炉建屋	1133	18	381	
	タービン建屋	5095	18	85	
	廃棄物処理建屋	920	18	470	

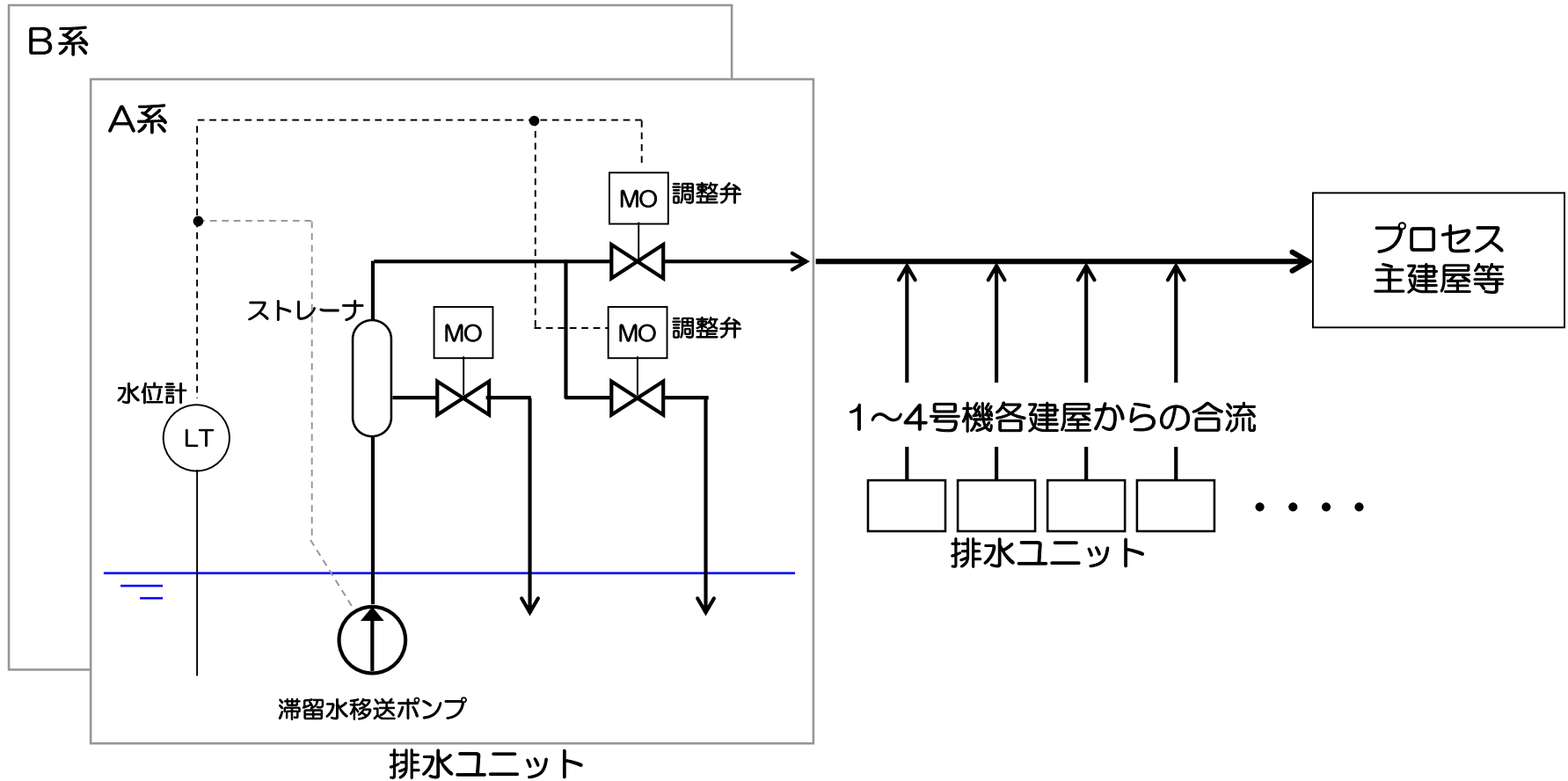


最も水位低下が顕著な箇所の地下水位低下速度：30mm/日より大きい

※ 平成23年6月2日 経済産業省原子力安全・保安院提出「福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含む水の保管・処理に関する計画について」添付資料-3に記載の建屋面積

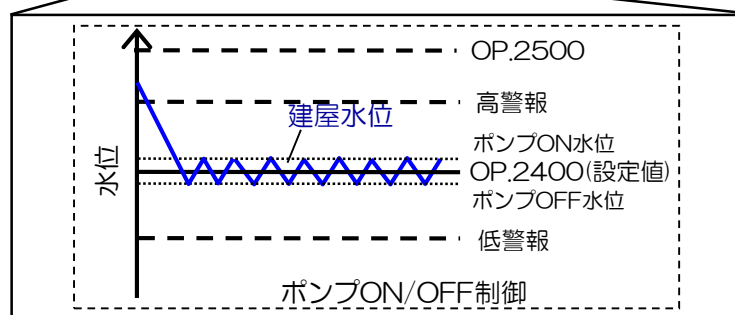
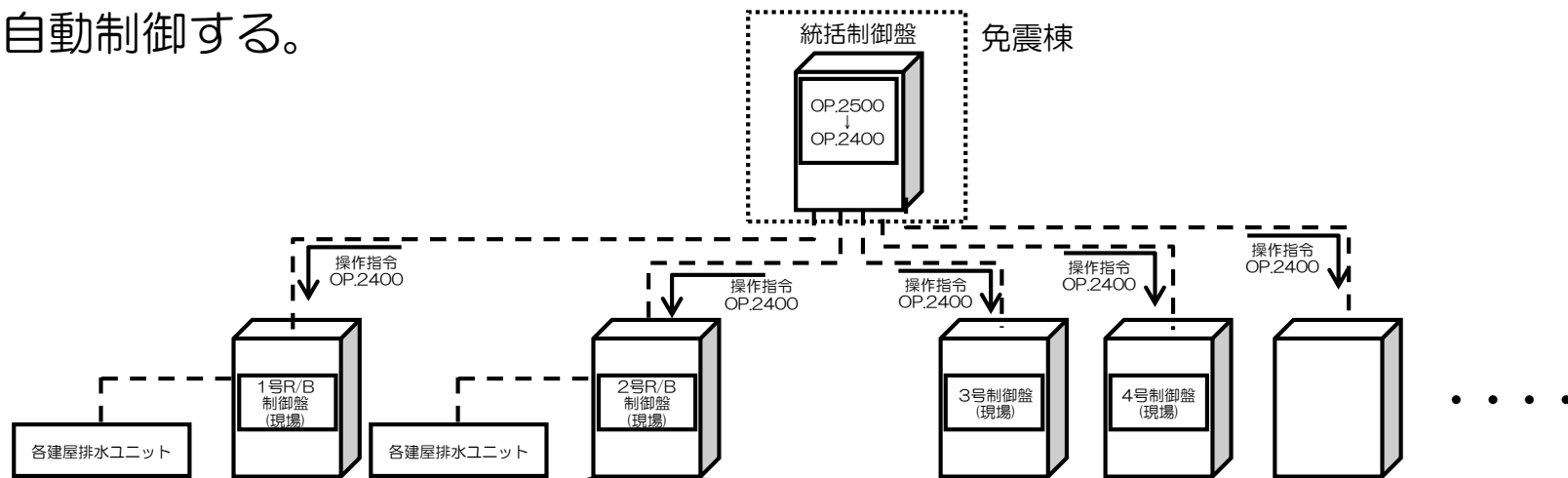
別紙(2)-1 系統構成について

- 水位計，水位計からの信号により制御を行う調節弁，移送ライン等の詰まりを防止するストレーナ等で構成される排水ユニットを構築。
- 排水ユニットは，多重化（A系，B系）する。



別紙(2)-2 建屋水位制御方法について

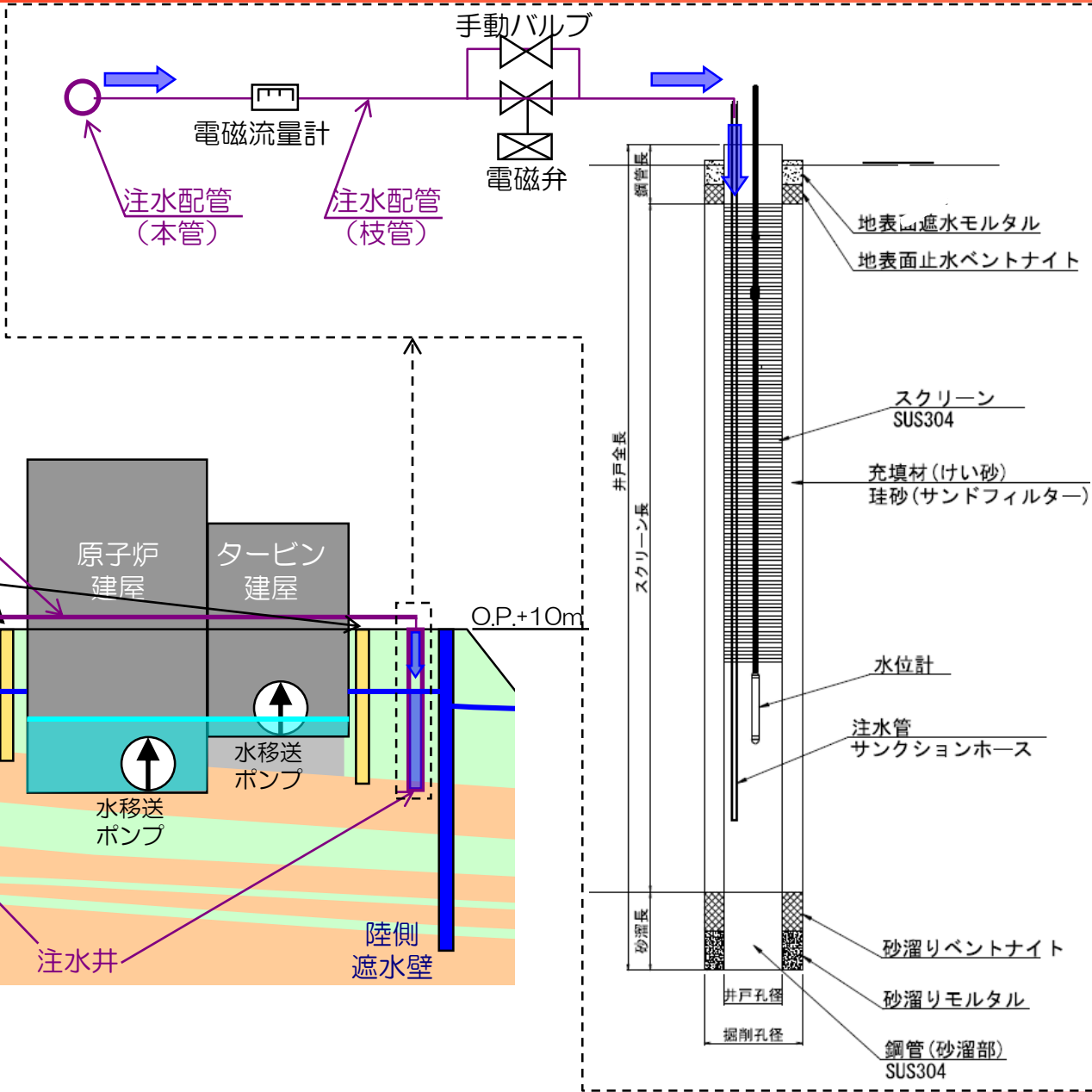
- 建屋水位については常時監視する。
- 各建屋の排水ユニットは、確実に制御可能なポンプのON-OFF制御により水位一定制御を行う。
- 各建屋の滞留水移送ポンプ稼働水位を統括制御盤にて設定することで、建屋水位を自動制御する。



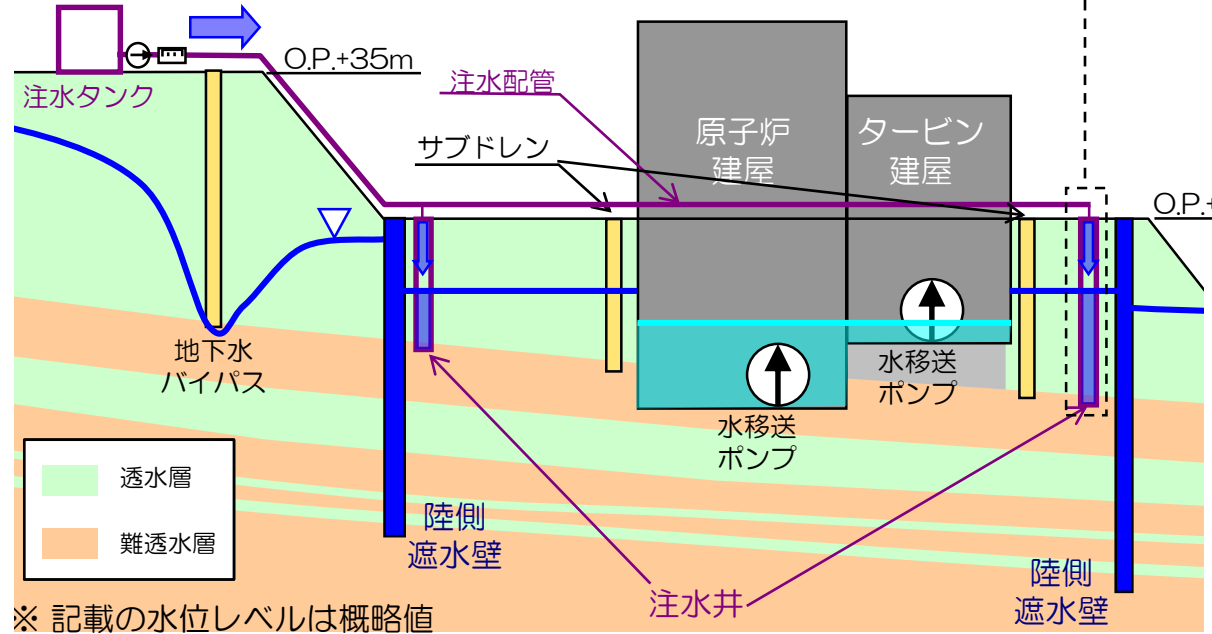
制御システム構成イメージ

別紙 (3) 注水設備概要 (断面図)

注水井内径：450mm
 注水井深さ：10~20m程度
 (中粒砂岩層および埋戻し土に水を供給)



最大送水量：約360m³/日

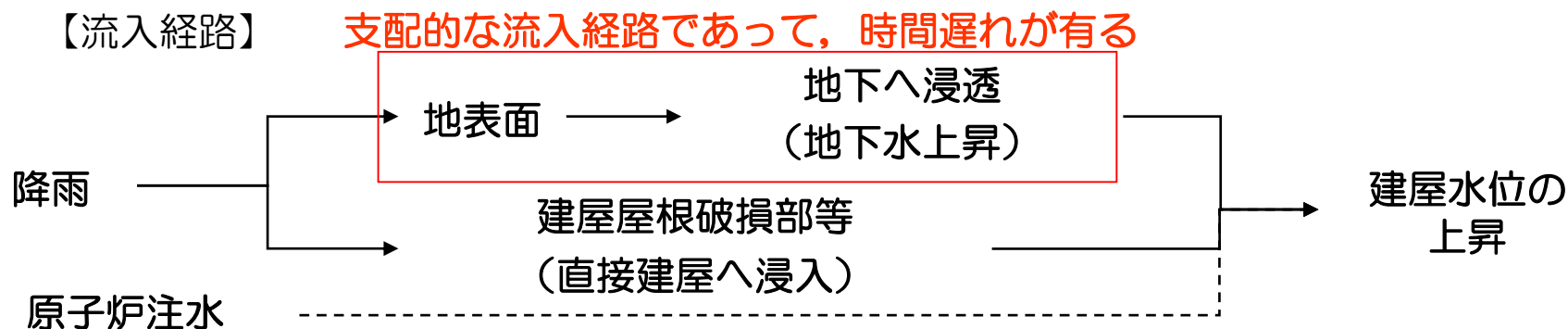


透水層
 難透水層

※ 記載の水位レベルは概略値

別紙(4)-1 滞留水移送ポンプの排水容量について(1/2)

- 滞留水移送ポンプの排水容量の検討にあたって、降雨によって、地下水と建屋の水位差が逆転しないよう、必要排水量等を検討した。
- 実際の降雨時の挙動では、降雨による地下水位の上昇で建屋への流入量が上昇すると考えられるが、保守的な評価を行うため、地下水位の上昇量は考慮せず、降雨による建屋の水位上昇量のみを評価した。
- 流入経路による時間の遅れを考慮して、実測データを元に評価した。



- 実測データは震災後の24時間最大降雨を記録した日^{※1}とし、降雨の影響のある期間^{※2}の流入データ^{※3}における水位上昇量を算出した。
- 建屋の水位上昇評価は、排水しない場合および80m³/hで排出した場合の水位上昇量(1日)を、以下の通り算出し、その結果から、累計を算出した。

水位上昇量(1日)(排出しない場合)

$$= (\text{建屋への流入量} + \text{原子炉注水量}) / 23,000\text{m}^2 \text{ [※4]}$$

水位上昇量(1日)(80m³/hで排出した場合)

$$= (\text{建屋への流入量} + \text{原子炉注水量} - 80\text{m}^3/\text{h} \times 24\text{h}) / 23,000\text{m}^2 \text{ [※4]}$$

※1: 平成23年9月21日 205mm/24h

※2: 通常400m³/日程度の地下水流入量に対し有意な流入量増加が見られる期間

※3: 建屋内水位データの変動量、炉注水量および滞留水処理量により算出

※4: 1~4号機の滞留水が存在している建屋面積の合計

別紙(4)-2 滞留水移送ポンプの排水容量について(2/2)

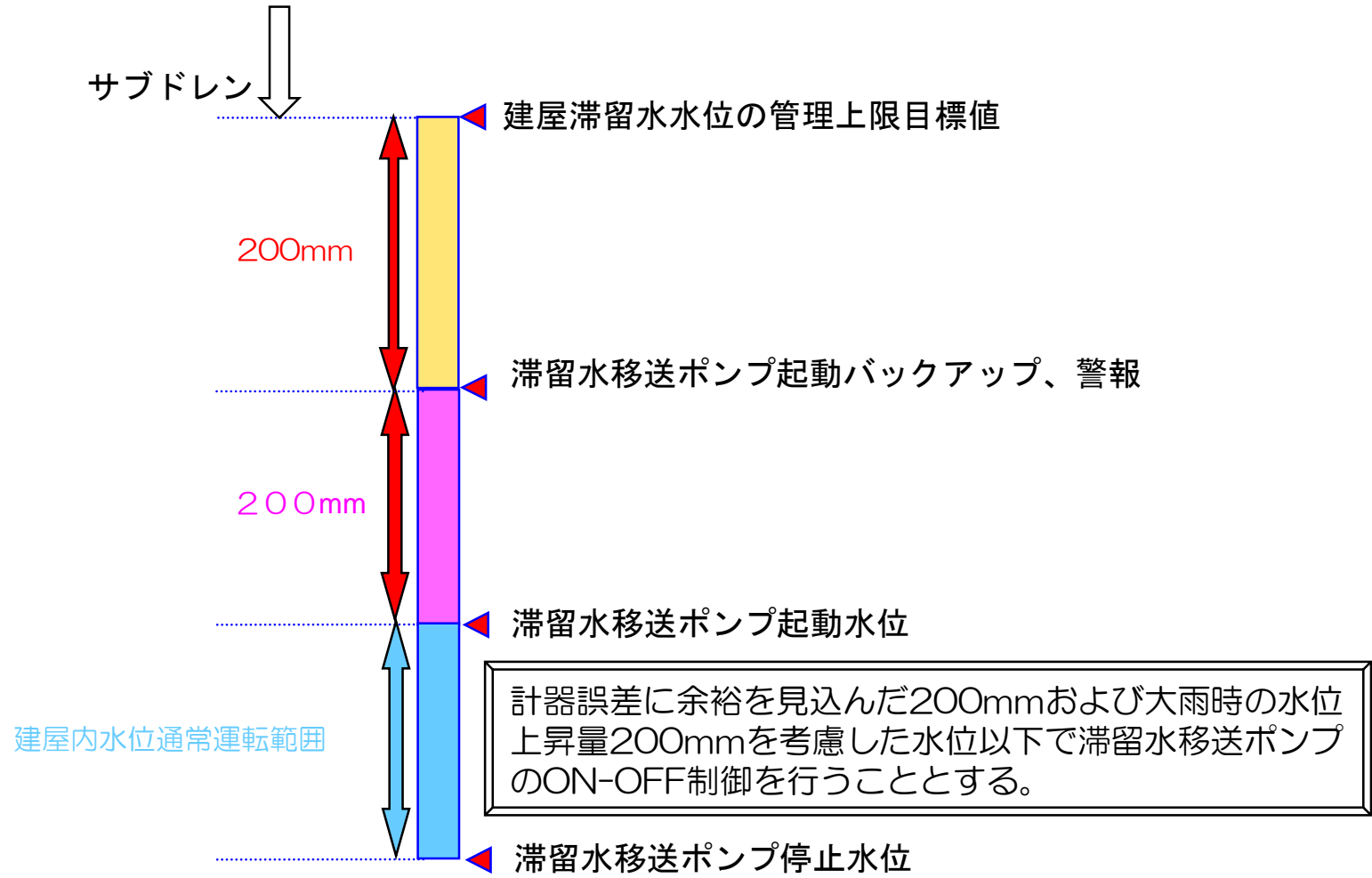
日付	降雨量 [mm]	1日あたり205mmの降雨時 (震災後の24時間最大降雨)			
		建屋への流入量 [m ³]	水位上昇量(1日) [mm]	水位上昇量(累計) [mm]	80m ³ /h排水時※の 水位上昇量(累計) [mm]
2011/9/20	64.5	580	39	39	39
2011/9/21	204.5	1341	71	110	27
2011/9/22	10.5	3557	164	274	105
2011/9/23	0	1089	60	334	85
2011/9/24	0	432	32	366	34
2011/9/25	0	520	36	402	-13

※：9/21から滞留水移送ポンプを起動すると仮定した

上表より、震災後の24時間最大降雨を記録した時は、排水しない場合の建屋内水位の上昇は402mmである。また、80m³/h排水時の水位上昇量は最大でも105mmであった。

また、上記評価結果から、浪江地区観測最大の降雨実績(285mm/24h)を考慮した場合には排水しない時の水位上昇は526mmとなったが、80m³/h排水時の水位上昇量は最大でも198mmであった。

別紙（４）-3 滞留水移送ポンプの通常運転範囲について

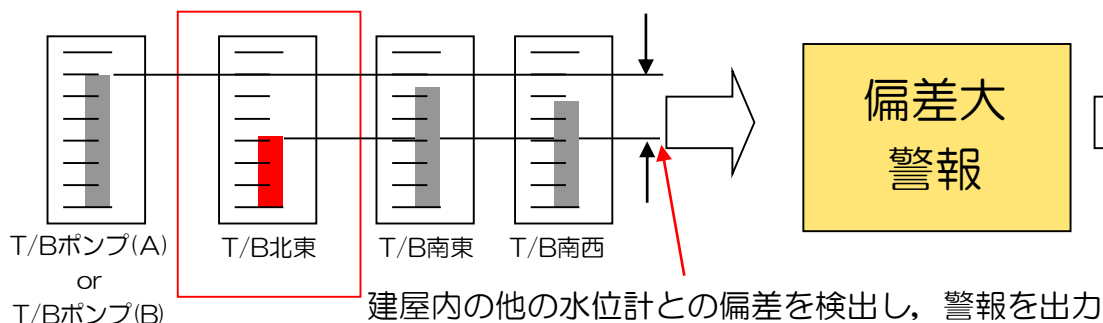


地下水と建屋水位の水位差は、降雨による地下水位の上昇分が見込まれるため、更に保守性を有した値と考えられる。

別紙(5) 建屋水位・地下水位の監視と管理方法

- 建屋水位データおよび地下水位データ(サブドレン水位)を免震棟に伝送し、一括管理を行う。各々の水位データを基に、以下の警報を出力させ、水位を管理する。
 - 偏差大 : 建屋水位の指示値の中で偏差が大きい水位計を検出し警報を出力
 - 水位差小 : 地下水位と建屋水位の水位差にて警報を出力
- 「偏差大」は、水位計の異常や建屋水位の挙動等の異常の検出、「水位差小」は、地下水位ー建屋水位間の水位差の管理を目的に設定。

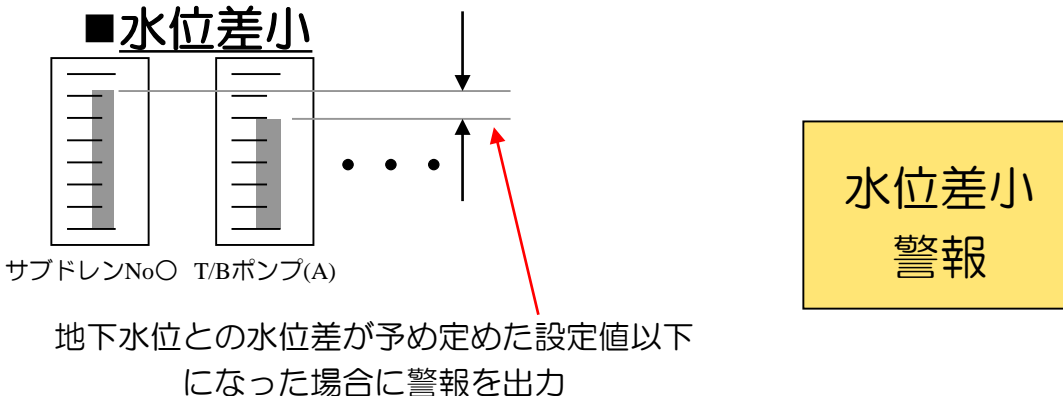
■ 偏差大



<対応>

- ①現場で実水位を計測し、以下を確認する。
 - ・水位計の単体故障
 - ・局所的な残水
- ②計器校正および水中ポンプ投入による残水処理等を実施する。

■ 水位差小



水位差小
警報

- ①他の水位計を確認し、偏差によるものではないことを確認する。
(偏差による場合は上記手順)
- ②水位設定を免震棟にて変更し、建屋水位を低下させる。

別紙(6) 建屋の区画と滞留水移送ポンプ・水位計設置箇所(1号機) 1/4

- 区画の境界線
- 建屋内排水系や貫通部等を介して連通しているエリアの境界線
- 土壌と面した外壁に存在する貫通部
- ポンプ設置箇所と区画され、連通性が不明な箇所であり、かつ土壌と面した外壁に貫通部がある箇所
- ポンプ設置箇所と建屋内排水系等を介して連通しており、かつ土壌と面した外壁に貫通部がある箇所
- ポンプ設置箇所
- 水位計設置箇所

水位計を設置し、局所的な水の滞留を監視する。滞留が確認された場合は水中ポンプにより排水を行う。

土壌と面した外壁がないため水位計設置不要

土壌と面した外壁に貫通部が存在しないため、水位計設置不要

土壌と面した外壁に貫通部が存在しないため、水位計設置不要

土壌に面していないため水位計設置不要

連通性なし (H/B室)

連通性なし (D/G(B)室)

扉開のため2号Rw/Bと区画無し

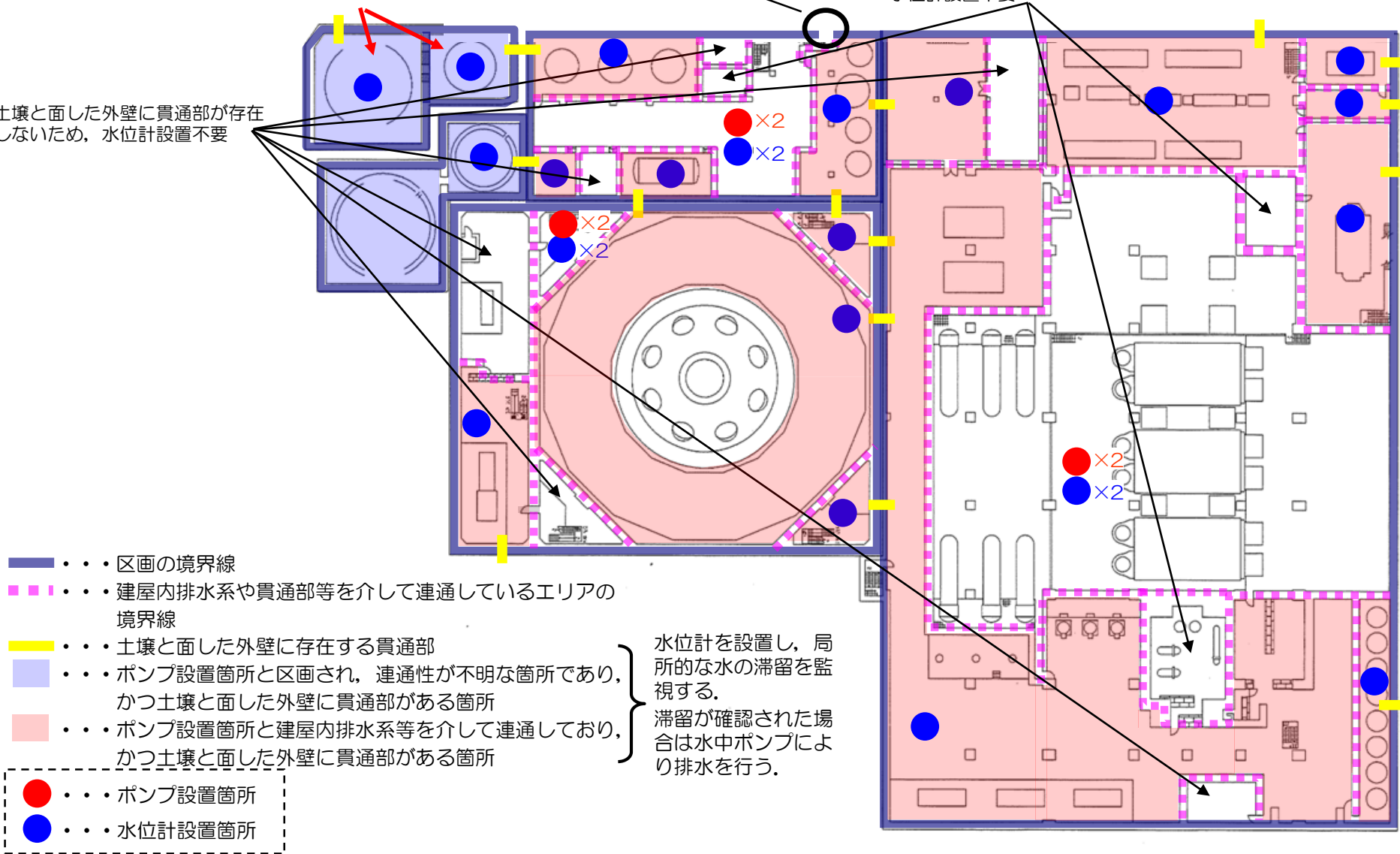
別紙(6) 建屋の区画と滞留水移送ポンプ・水位計設置箇所(2号機) 2/4

連通性なし
(2号機増設廃棄物地下貯蔵建屋)

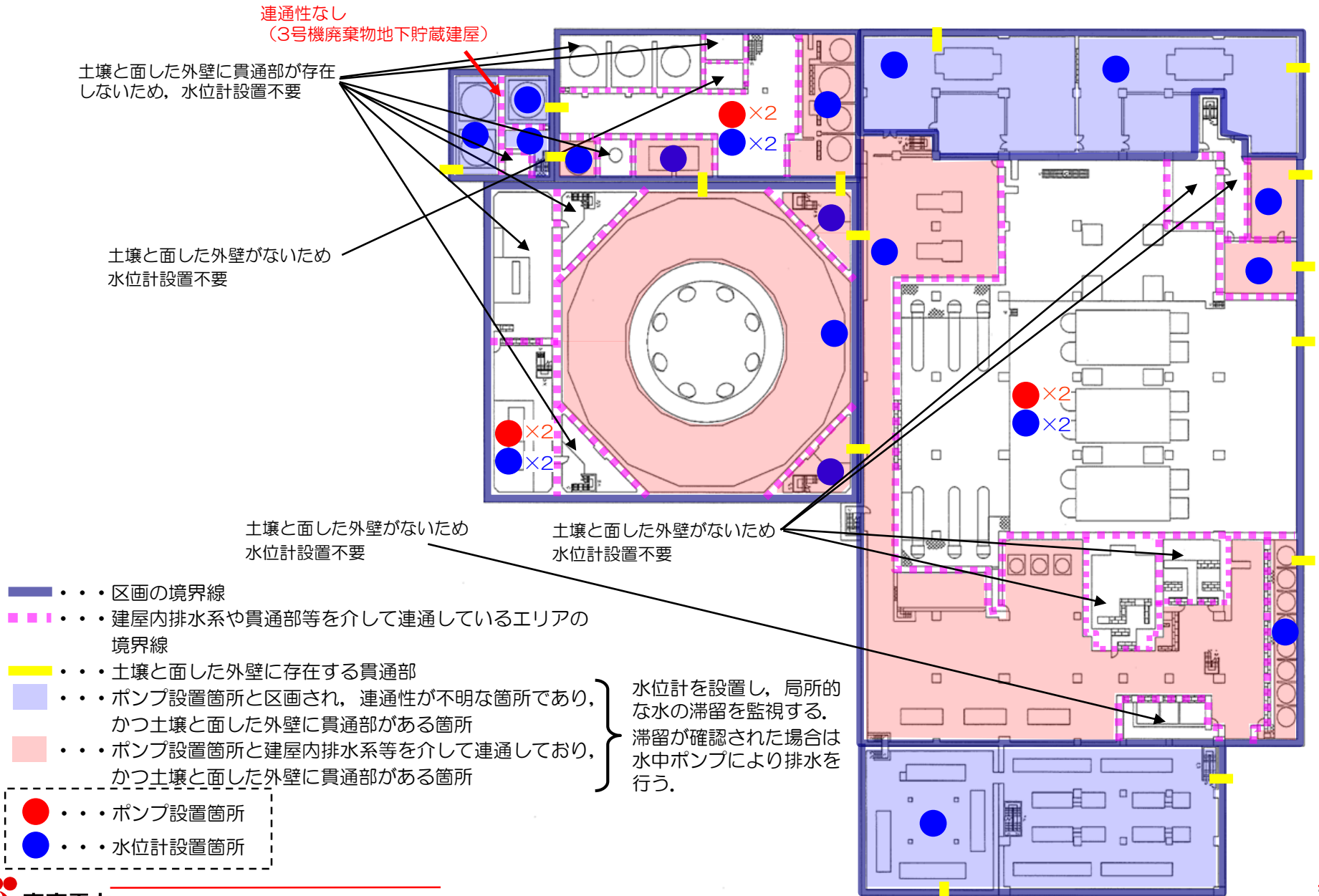
扉開のため1号Rw/Bと区画無し

土壌と面していないため、
水位計設置不要

土壌と面した外壁に貫通部が存在しないため、水位計設置不要



別紙(6) 建屋の区画と滞留水移送ポンプ・水位計設置箇所(3号機) 3/4



別紙(6) 建屋の区画と滞留水移送ポンプ・水位計設置箇所(4号機) 4/4

連通性なし
(4号機廃棄物地下貯蔵建屋)

土壌と面した外壁に貫通部が存在しないため、水位計設置不要

- 区画の境界線
- ■ ■ 建屋内排水系や貫通部等を介して連通しているエリアの境界線
- ■ ■ 土壌と面した外壁に存在する貫通部
- ■ ■ ポンプ設置箇所と区画され、連通性が不明な箇所であり、かつ土壌と面した外壁に貫通部がある箇所
- ■ ■ ポンプ設置箇所と建屋内排水系等を介して連通しており、かつ土壌と面した外壁に貫通部がある箇所

- ● ● ポンプ設置箇所
- ● ● 水位計設置箇所

水位計を設置し、局所的な水の滞留を監視する。滞留が確認された場合は水中ポンプにより排水を行う。

土壌と面した外壁がないため水位計設置不要

土壌と面した外壁に貫通部が存在しないため、水位計設置不要