

【資料3】

福島第一原子力発電所周辺 の地質・地下水および解析

平成25年8月23日

東京電力株式会社



東京電力

報告内容の要旨

- 福島第一原子力発電所の汚染水対策を検討するにあたり、検討の基礎となる地質、地下水の情報について、既往の調査・評価結果を整理し報告する
- 地下水流動および各対策工の効果の評価を行うために、前記調査、評価結果に基づき三次元浸透流解析のモデルを作成し、解析を実施してきていることから、そのモデルと解析結果を報告する
- 新たに得られた地質・地下水情報の再現性を高めるため、修正した解析モデルと解析結果を報告する
- 今後の調査計画について報告する

目次

I. 地質・地下水

1. 地質関連
2. 地下水関連

II. 浸透流解析結果

1. 三次元浸透流解析モデル
2. 検討ケースと実施状況
3. 解析結果のまとめ

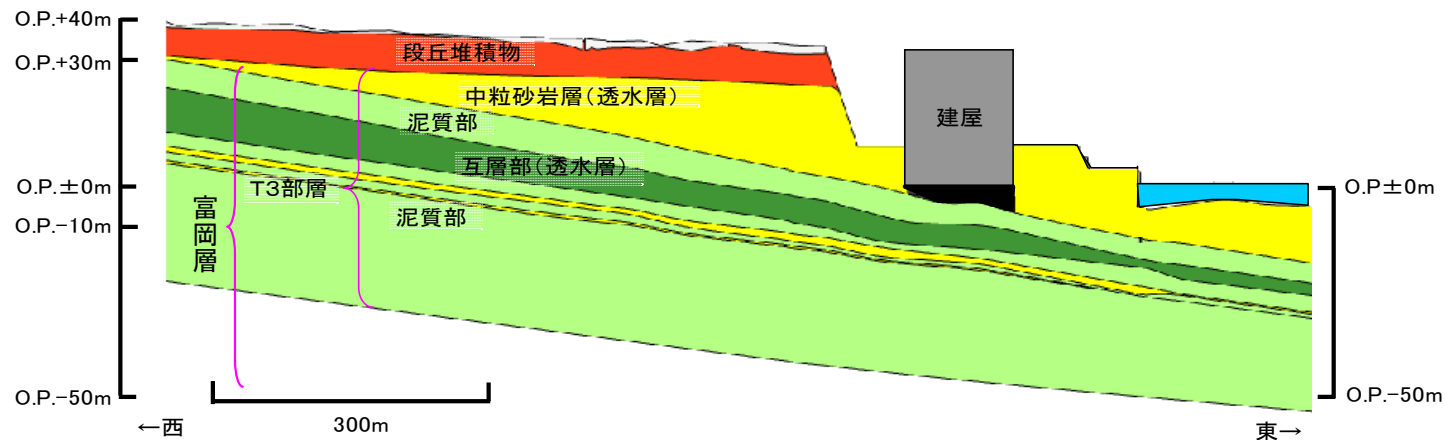
III. 浸透流解析モデルの修正案とその結果

1. 浸透流解析モデルの修正
2. 修正モデルによる解析結果

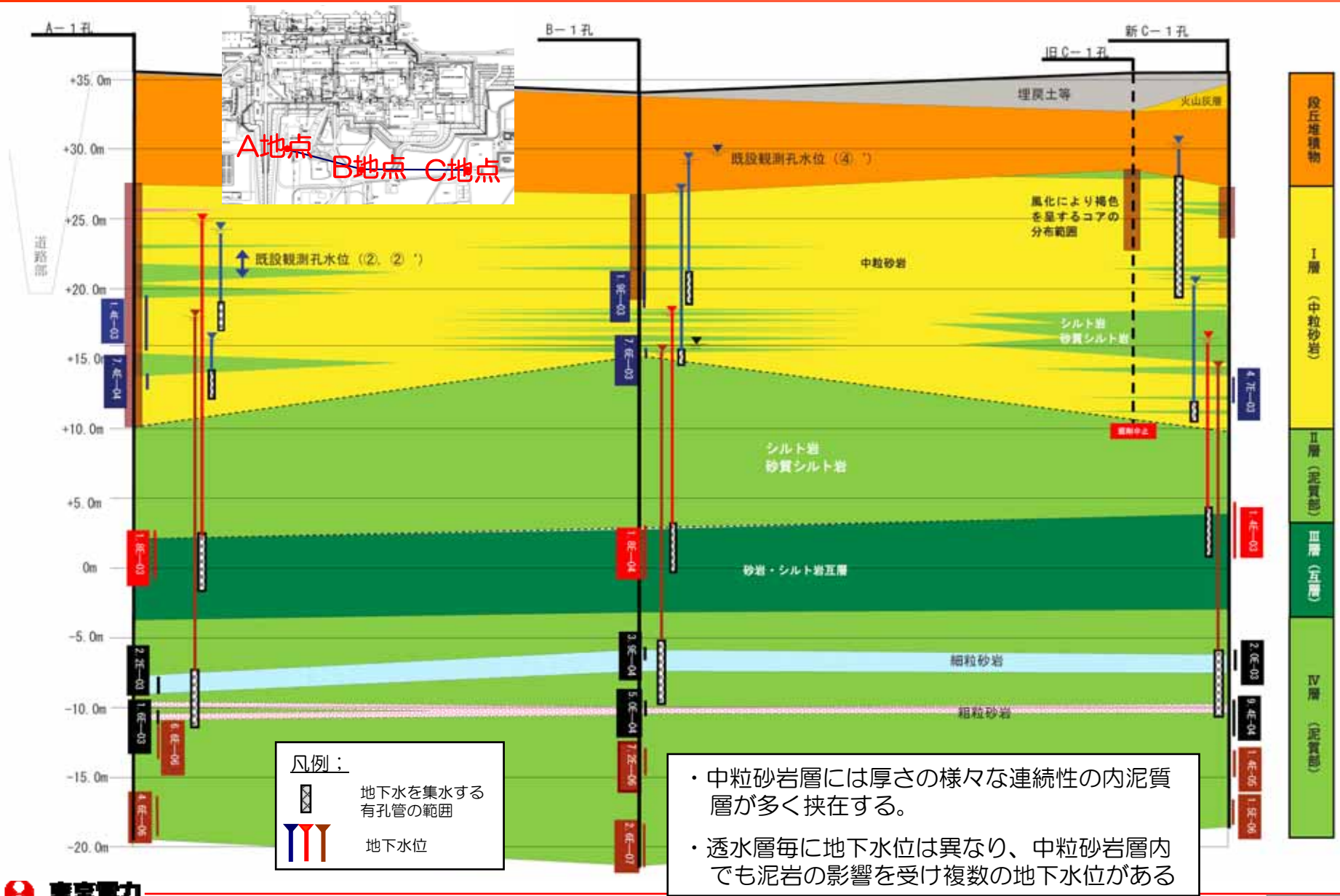
IV. 今後の調査・検討

I-1. 地質関連 (地質構造の概要)

- 敷地内は、新第三系の富岡層が、敷地全域にわたって、O.P.±0m ~ 30m程度を上限に分布する。
- その最上位のT3部層は、主として塊状の砂質泥岩~泥岩からなり、上部から中粒砂岩層、泥質部、互層部（砂岩と泥岩の互層）、泥質部から構成される。
- 富岡層は敷地の全域にわたりほぼ同じ層厚で分布し、南北方向ではほぼ水平に、東西方向では東方に2°程度傾斜する同斜構造を示している。
- 透水層は表層近くに分布する中粒砂岩層と、泥質部の下位に分布する互層部と考えられる。なお、1~4号機東側の海底面は中粒砂岩で構成されており、互層部は海底面に現れていない。
- 2つの透水層は、その間に数~10m程度の厚さで連続して分布している泥質部により遮断されていて、建屋の地下外周部は中粒砂岩層に接している。



I-1. 地質関連 (35m盤ボーリング調査結果図 (震災後))



I-1. 地質関連

(35m盤ボーリング調査結果 (震災後))

- 中粒砂岩層には、厚さが様々な連続性のない泥質層が数多く挟在し、砂質岩のみで構成されていない。
- 透水層ごとに地下水位が異なり、中粒砂岩中でも挟在する泥質層の影響を受け、複数の水位が存在する。
- 中粒砂岩層の不圧水位は、南側の新C-1孔での値が高く、北側のA-1での値が低い。
- 互層の被圧地下水は、北側のA-1での値が高く、南側の新C-1孔での値が低い。
- 各層の地下水位は降雨、採水による影響に対し、異なる挙動を示す。

I-1. 地質関連 (透水係数)

○中粒砂岩層

- ・中粒砂岩の透水係数は、 $3 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 程度
- ・なお、上記の試験結果は、ほぼ100%中粒砂岩で構成される試験区間（中粒砂岩単体）で実施されているが、中粒砂岩には多くの泥岩が挟在するため、中粒砂岩全体の透水係数を中粒砂岩単体の透水係数で評価すると、大きめの透水係数と評価している可能性はある。

○泥岩層

- ・泥岩層の透水係数は、 $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 程度

○互層部

- ・互層は、数cm～数10cm厚の泥岩・砂岩から構成されているため、鉛直方向と水平方向の透水異方性があると考えられる。

I-2. 地下水関連 (福島第一原子力発電所周辺の地形)

【参考】

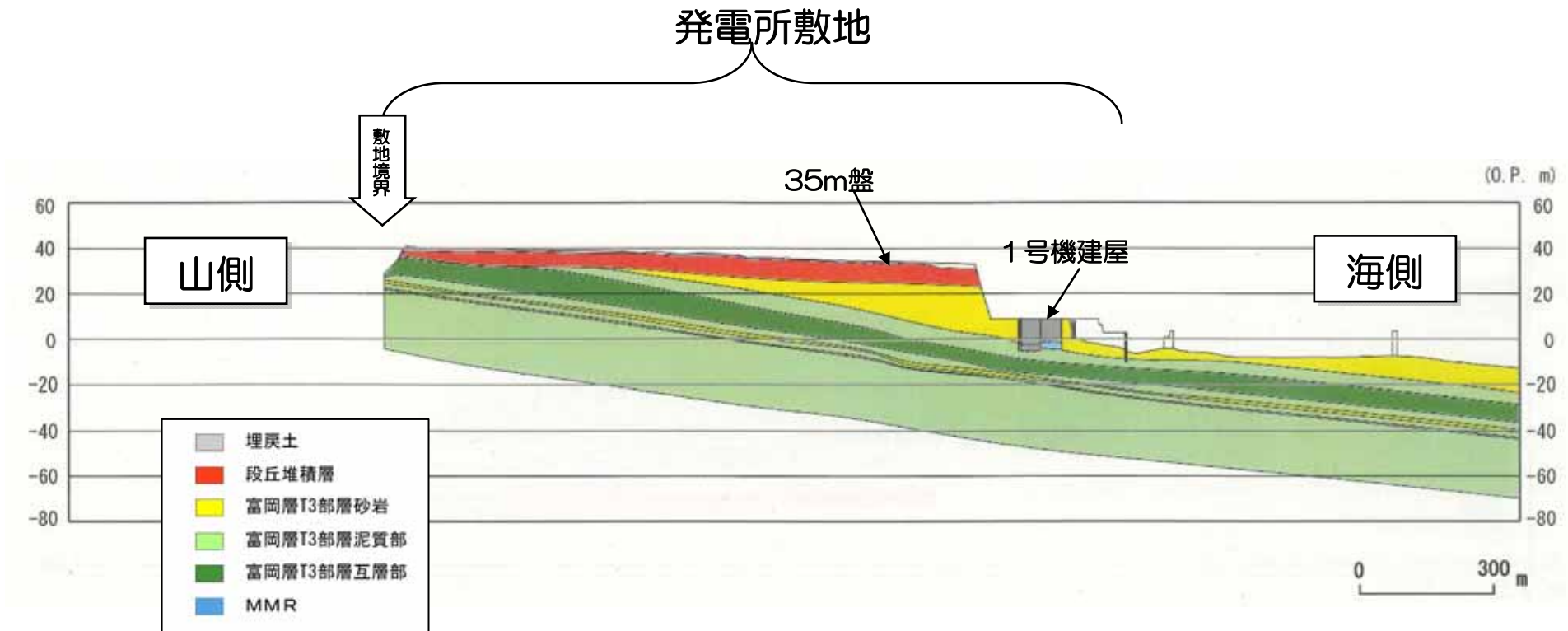
発電所の敷地は、南北を川に挟まれた海拔35m程度の台地であり、海側を掘削し海拔約10mの地盤に、発電所建屋を設置している。



I-2. 地下水関連 (中粒砂岩層と互層部の広域分布)

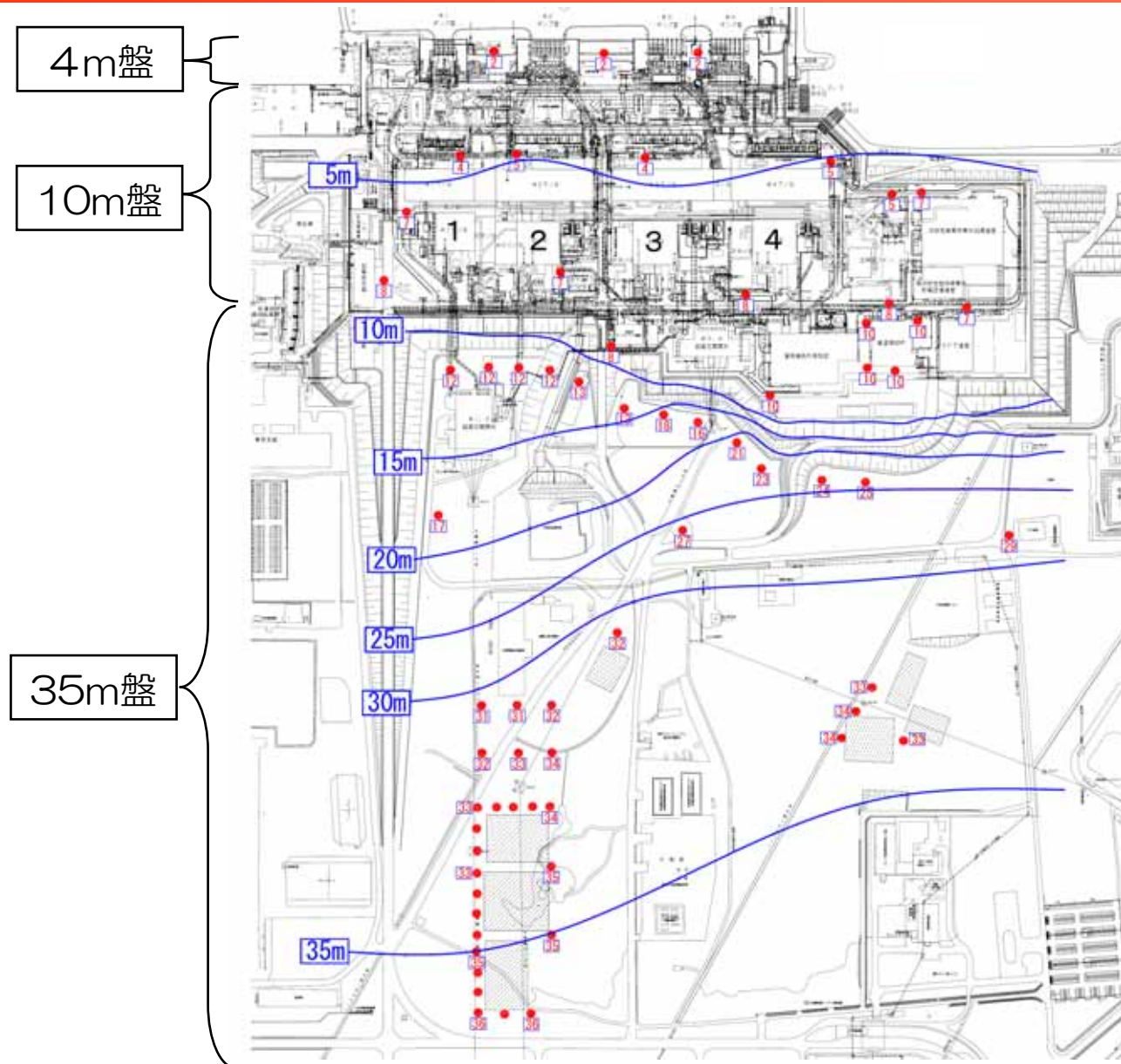
透水層である中粒砂岩層および上位の段丘堆積物は、発電所敷地の35m盤台地より西方には分布せず、その地下水の供給源は、敷地内への降雨が主であると想定される。

下部の透水層である互層部は、敷地西方で地表に露出しており、その付近が互層部の地下水供給源と想定される。



1号機付近の縦断面図

I-2. 地下水関連 (不圧地下水分布図)



I-2. 地下水関連 (不圧地下水位のまとめ)

■ 35m盤

- ・ 中粒砂岩層の不圧地下水位は、西側から東側へ流れており、やや北東方向へ偏向が認められる。
(O.P.+35~O.P.+10m程度)

■ 10m盤 (建屋西側)

- ・ 中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+8m~O.P.+10m程度

■ 10m盤 (建屋東側)

- ・ 同じく中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+3m~O.P.+4m程度

■ 4m盤

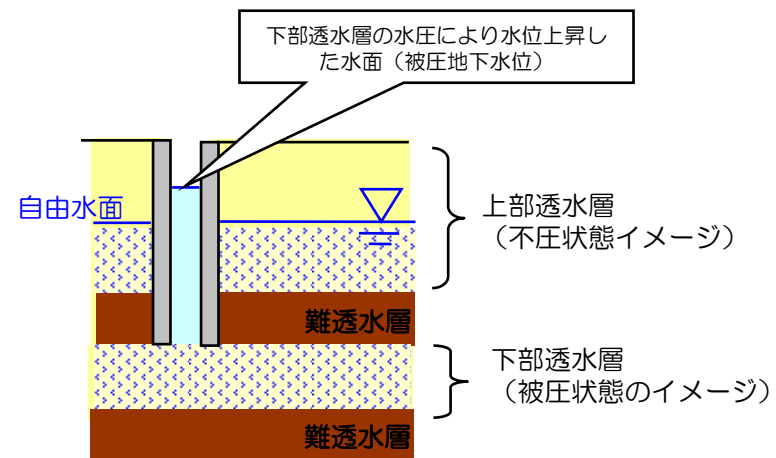
- ・ 中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+2m前後

不圧地下水と被圧地下水

不圧地下水 (自由地下水) ; 地表から最初の不透水層の上に存在し、地下水面が大気圧と釣り合っている地下水。

被圧地下水 ; 上下を不透水層で挟まれた帯留層を満たしている地下水。圧力がかかっていて、自由地下水のような地下水面はない。

(出典 ; 広辞苑)



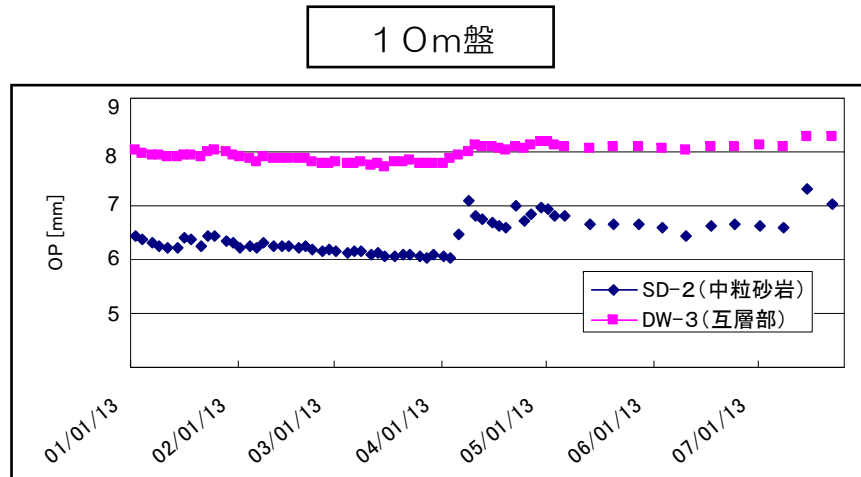
I-2. 地下水関連

(建屋周辺の被圧地下水位と不圧地下水位の比較)

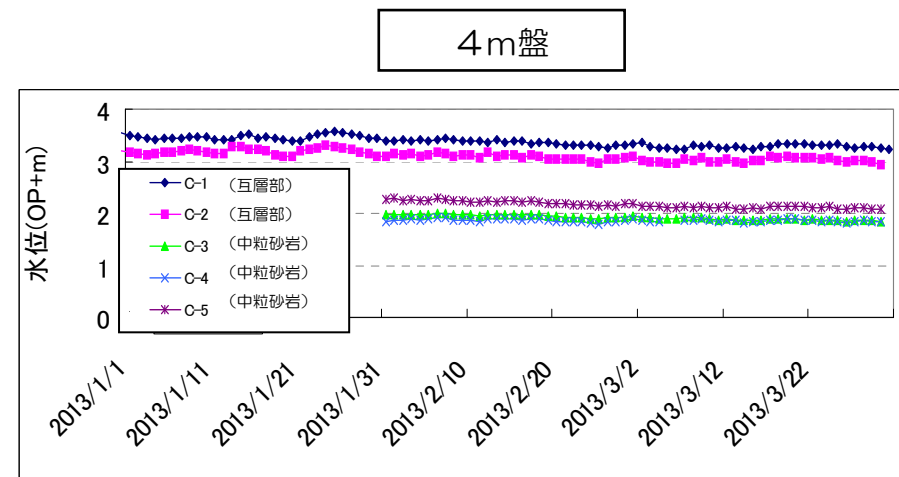
- 互層部と中粒砂岩層の水圧が異なることから、難透水層（泥質部）を挟んで、別の透水層を形成している。
- 4m盤、10m盤において、互層部の被圧された地下水位が、中粒砂岩層の自由水面を有する地下水位より高いことから、この2つの層に連絡があった場合、圧力の高い互層部（下層）から低い中粒砂岩層（上層）へ流れると考えられる。
- 35m盤においても、難透水層（泥質部）を挟んで別の透水層を形成している。水位は中粒砂岩層（上層）の水位が互層部（下層）の被圧地下水位より高い傾向がある。

I-2. 地下水関連 (不圧地下水と被圧地下水の流向評価)

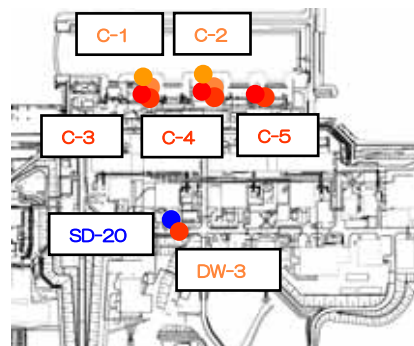
互層部の被圧された地下水位が中粒砂岩層の自由水面を有する地下水位より高い。



- ・中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+6m程度
- ・互層部の被圧地下水位は、O.P.+8m程度

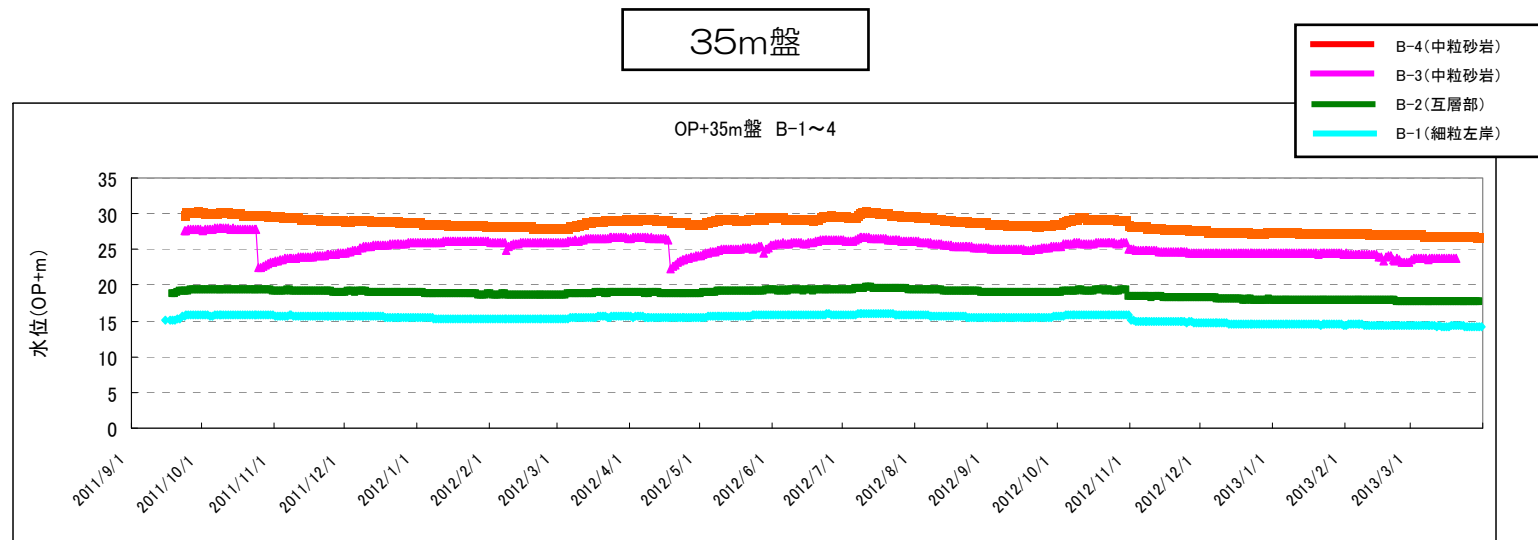


- ・中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+2m前後
- ・互層部の被圧地下水位は、O.P.+3m~4m程度

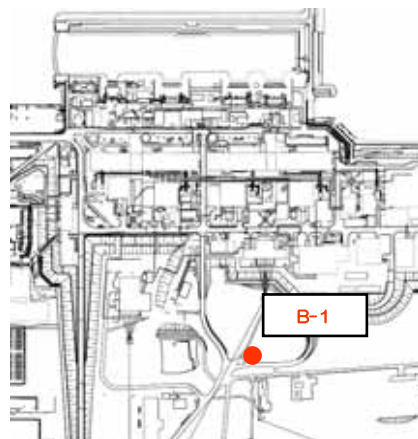


I-2. 地下水関連 (不圧地下水と被圧地下水の流向評価)

中粒砂岩層の自由水面を有する地下水位が互層部の被圧された地下水位より高い。

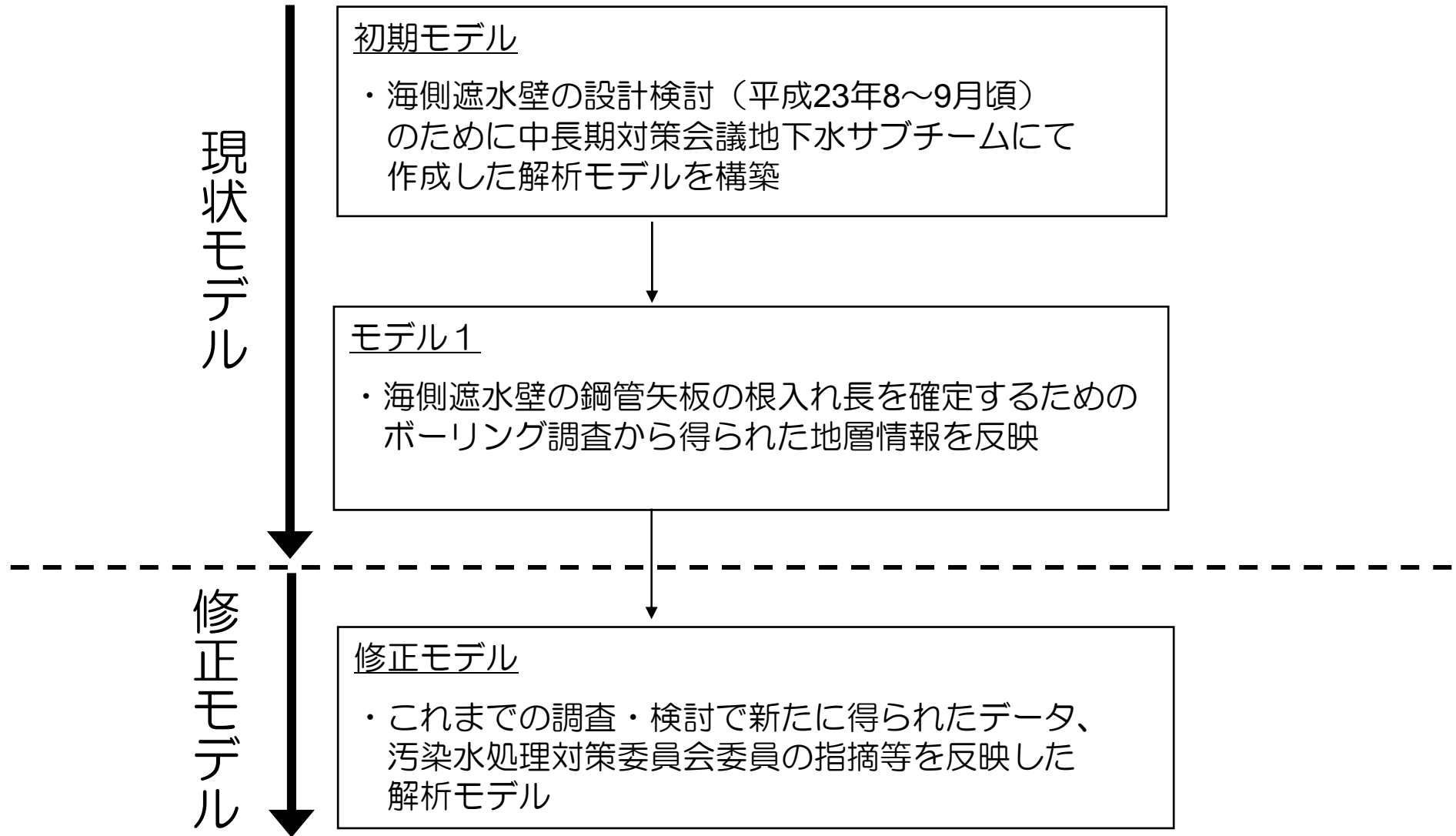


- ・中粒砂岩層の不圧地下水位は、O.P.+20~30m程度
- ・互層部および下位の細粒砂岩の被圧地下水位は、O.P.+15~20m程度



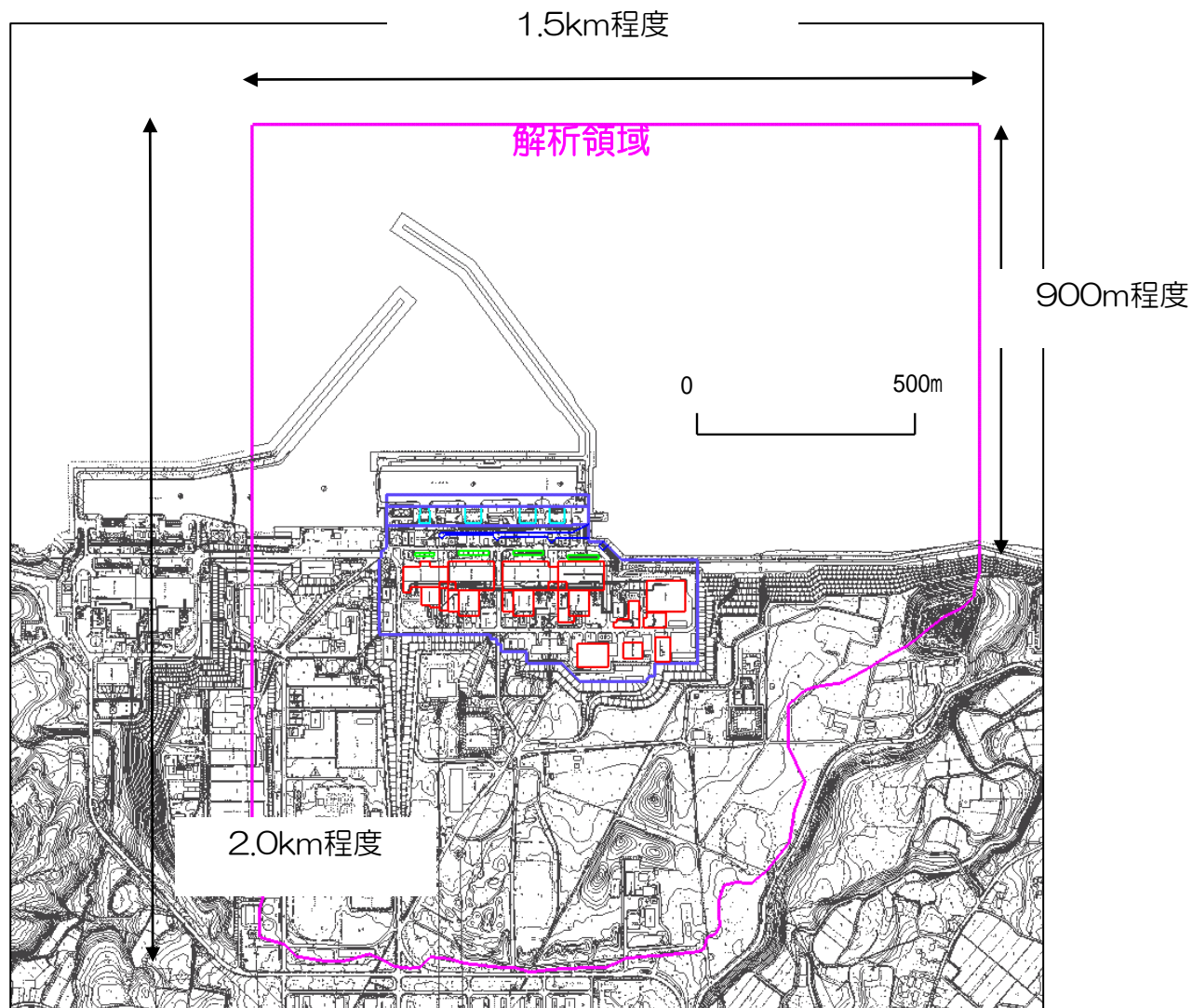
※ 1箇所 で 4 深度の地下水位を測定している

II-1. 三次元浸透流解析モデル (解析モデルの修正履歴)



Ⅱ-1. 三次元浸透流解析モデル (解析領域)

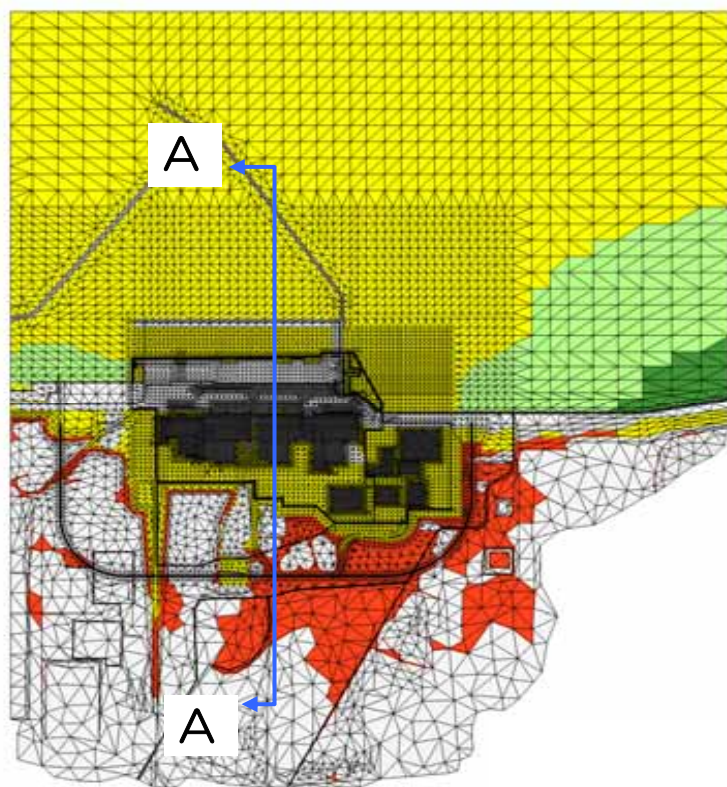
解析領域は尾根筋等を考慮し、1号機～4号機建屋周辺を中心に
南北1.5km程度、東西に2km程度



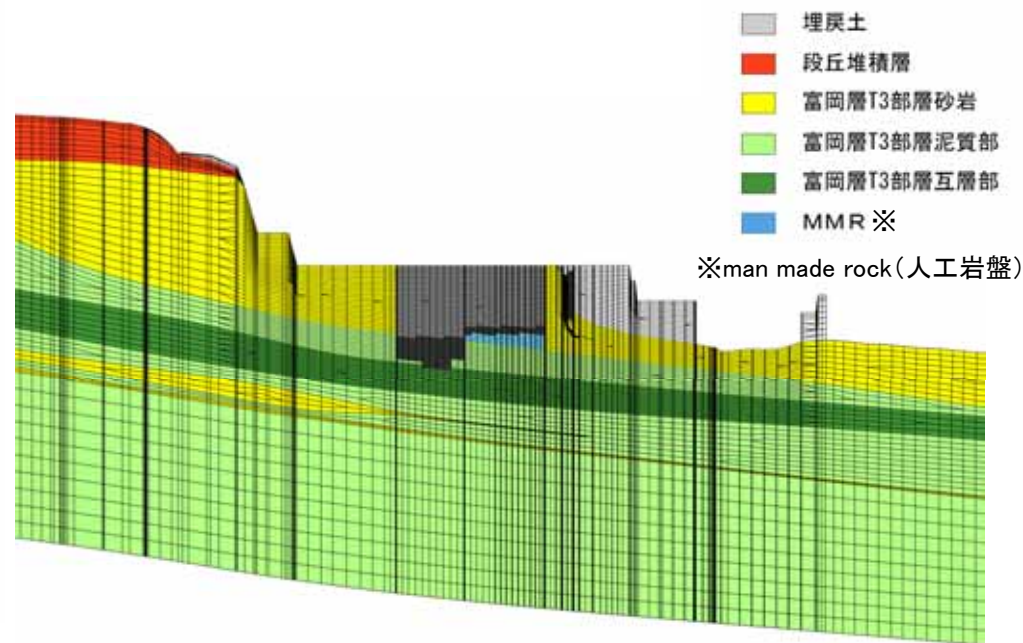
II-1. 三次元浸透流解析モデル (解析メッシュ)

現状・修正モデル

解析領域の下端は、下部の泥質部（富岡層T3層）の下端までをモデル化する



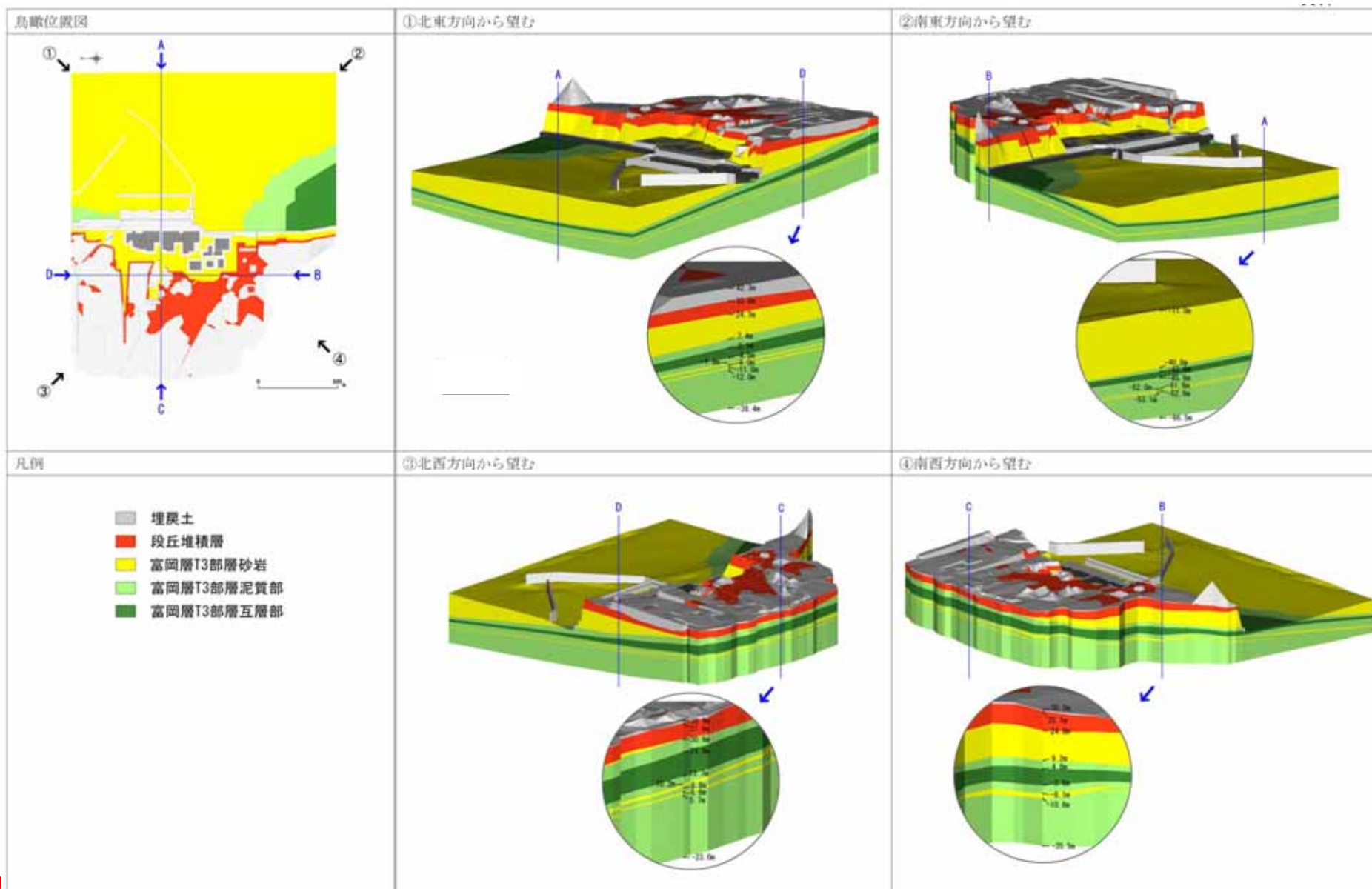
解析メッシュ（全体平面）



解析用メッシュ（A-A断面図）

Ⅱ-1. 三次元浸透流解析モデル (解析モデル鳥瞰図)

現状・修正モデル



II-1. 三次元浸透流解析モデル (解析物性値)

現状・修正モデル

既往の物理試験結果および山側ボーリング調査結果等を元に設定

地層区分		透水係数(cm/sec)		間隙率	備考
地層名	記号	水平	鉛直		
盛土	bk	2.8E-03	2.8E-03	0.46	-
段丘堆積物	tm	3.0E-03	3.0E-03	0.41	中粒砂岩と同じ値で設定
中粒砂岩	ss	3.0E-03	3.0E-03	0.41	-
泥岩	m1	1.1E-06	1.1E-06	0.54	-
互層	al	1.0E-03	1.1E-06	0.41	異方性を考慮
泥岩	m2	1.1E-06	1.1E-06	0.54	-
細粒砂岩	fs	2.3E-03	2.3E-03	0.41	-
泥岩	m3	1.1E-06	1.1E-06	0.54	-
粗粒砂岩	cs	2.0E-03	2.0E-03	0.41	-
泥岩	m4	1.1E-06	1.1E-06	0.54	-
人工岩	MMR	1.0E-05	1.0E-05	0.30	建屋への流入量(400m ³ /日)を再現できるように、建屋コンクリートの透水係数を1.0E-05cm/secとする
ピット	-	1.0E-05	1.0E-05	0.30	
建屋内	-	1.0E-05	1.0E-05	0.30	
建屋の壁	-	1.0E-05	1.0E-05	0.30	
建屋の床	-	1.0E-05	1.0E-05	0.30	地震による影響を考慮し、透水係数1.0E-04cm/secとする
既設矢板	-	1.0E-04	1.0E-04	0.30	

段丘堆積層は、砂岩と同じ物性値を採用

Ⅱ-1. 三次元浸透流解析モデル (降雨及び境界条件)

現状モデル

項目		設定条件	備考
降雨条件	年間平均降雨量	1,545mm/年	気象庁データ (福島県富岡：30年平均)
	降雨浸透率	30%	—
境界条件	水位固定境界（海側）	O.P.+1.6m	平均潮位O.P.+0.9 +平均沈下量分（0.7m）
	水位固定境界（山側）	O.P.+20.7	建屋サブドレン水位・揚水量に基づき解析により設定
	モデル北側・南側境界	不透水層	—
	モデル底部境界	不透水層	富岡層T3部層下面

II-1. 三次元浸透流解析モデル (再現性の確認 地下水位分布)

現状モデル

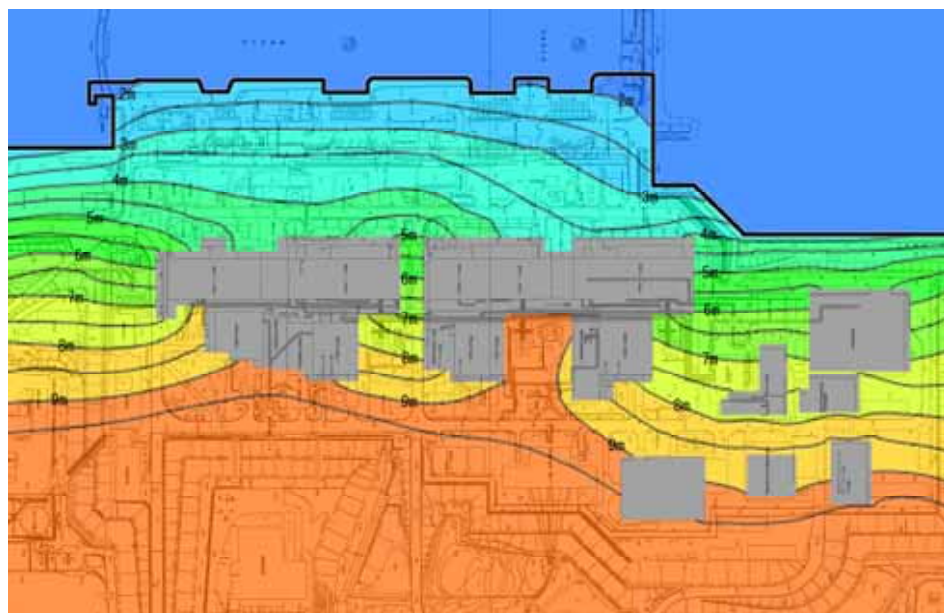
■検討目的

- ・解析モデルの再現性を確認するため、地下水位（震災後）とサブドレン揚水量（震災前）について、実測値と解析値を比較した。

■検討ケース

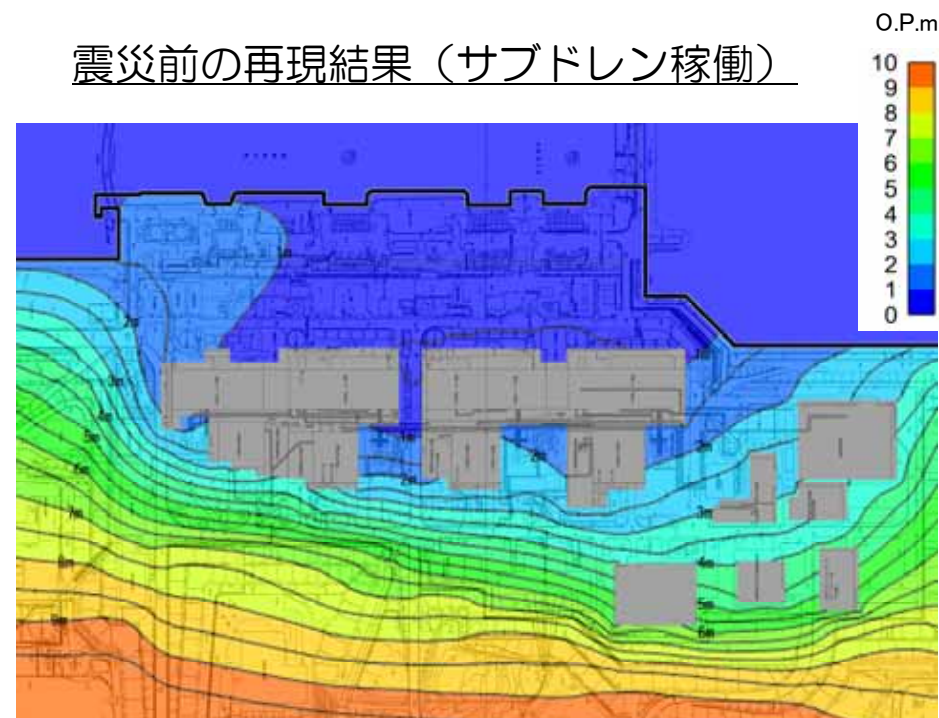
- ・震災後の再現結果（①）、サブドレン（⑤）

震災後の再現結果（サブドレン停止）



図：ケース①【初期モデル】

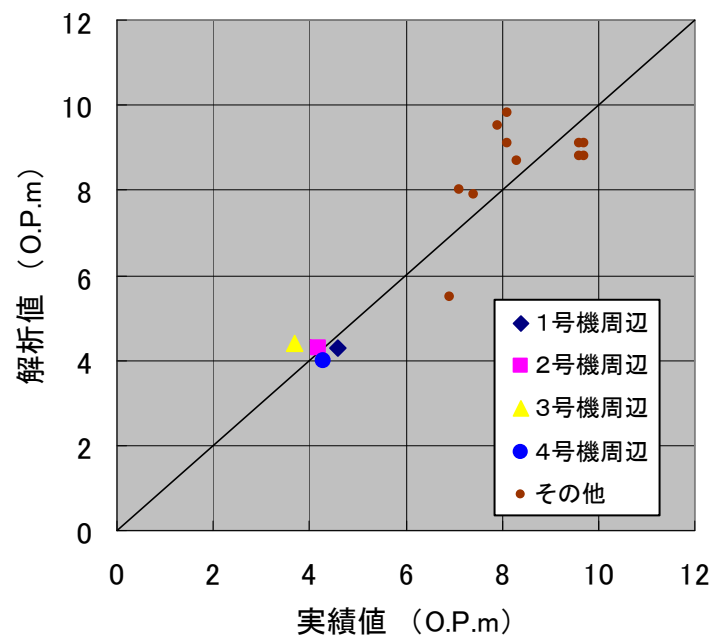
震災前の再現結果（サブドレン稼働）



図：ケース⑤【初期モデル】

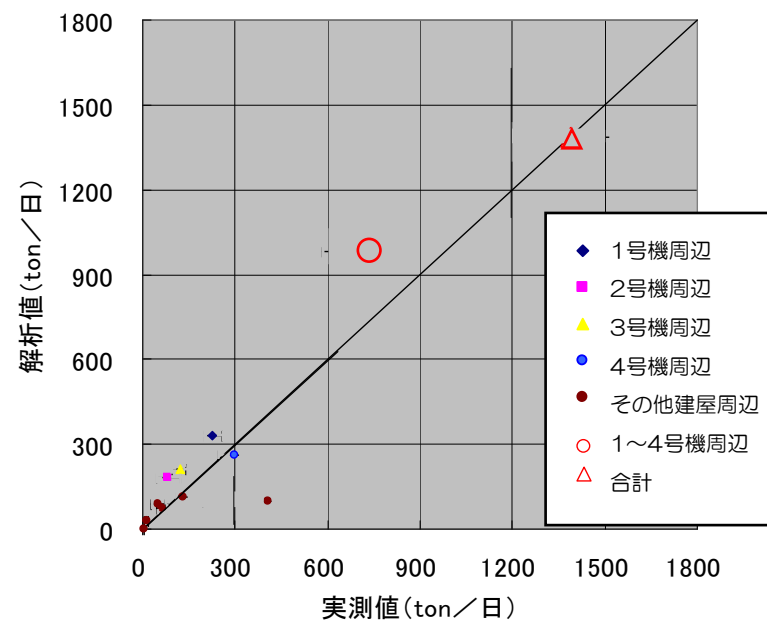
■実測値と解析値の比較

地下水位（震災後）と解析値の比較



観測日 (2011.5.12、2011.7.16)

サブドレン揚水量（震災前）と解析値の比較



観測期間 (2008.3~2011.2)

地下水位と揚水量の実測値と解析値の比較をした結果、近似した値をとることから（45度の直線に近い）建屋廻りの地下水位および揚水量を概ね再現できている

II-2. 検討ケースと実施状況

1～4号機建屋周り全体の水理地質構造を対象とした検討ケース

検討ケース	検討の概要	実施状況	
		現状モデル	修正モデル
①震災後の地下水位の再現	・ 震災後の建屋周り地下水位を再現し解析モデルの再現性を評価	実施済	実施済
②陸側遮水壁	・ 陸側遮水壁による建屋周辺地下水位低下量の評価	実施済	—
③海側遮水壁	・ 海側遮水壁設置による集水量の評価	実施済	—
④地下水バイパス	・ フル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価 ・ 段階的稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価 ・ 稼働後の建屋周辺水位低下、揚水量の時間遅れ評価の非定常解析	実施済	—
⑤サブドレン（既往）	・ フル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価	実施済	—
⑥地下水バイパス+サブドレン	・ 地下水バイパス、サブドレンフル稼働時の建屋周辺地下水位低下、揚水量の評価	実施済	—
⑦地下水バイパス+海側遮水壁	・ 地下水バイパス稼働時、海側遮水壁設置による建屋周辺地下水位低下、揚水・集水量の評価	実施済	準備中（9月上旬目途）
⑧地下水バイパス+サブドレン+海側遮水壁	・ 地下水バイパス、サブドレンフル稼働、海側遮水壁設置時の建屋周辺地下水位低下、揚水・集水量の評価	実施済	準備中（9月上旬目途）
	・ 地下水バイパス、山側のみサブドレンフル稼働、海側遮水壁設置時の建屋周辺地下水位低下、揚水・集水量の評価	—	準備中（9月上旬目途）
⑨護岸背面の地盤改良	・ 護岸背面の地盤改良の陸側に設置するポンプでの揚水量の予測	実施済	—
⑩凍土式陸側遮水壁	・ 遮水壁設置時の地下水位の評価 ・ 地下水位低下速度、リチャージによる水位上昇の評価	—	準備中（9月上旬目途）
⑪陸側遮水壁+地下水バイパス+サブドレン+海側遮水壁	・ 凍土式遮水壁の検討結果を踏まえ、各対策工による地下水位、揚水・集水量の評価	—	準備中（9月中旬目途）

個別エリアの水理地質構造を対象とした検討ケース

検討ケース	検討の概要	実施状況
⑫地下貯水槽	・ 地下貯水槽～海域の一次元核種移流拡散解析による核種の海域への到達時間の評価 ・ 地下貯水槽近傍の核種拡散範囲の評価	実施済
⑬4m盤核種移流解析	・ 三次元地下水流動解析および核種移流拡散解析による4m盤1-2号機SP室間における核種移流の推定	実施中 （8月末目途）

II-3. 解析結果のまとめ

ケース	検討条件	解析モデル	揚水量(m ³ /日)				建屋内への流入量(m ³ /日)	海域への流出量(m ³ /日)
			1~4号機サブドレン揚水量	地下水バイパス揚水量	海側遮水壁集水量	合計		
① 震災後の再現	—	初期モデル	—	—	—	0	—	—
② 陸側遮水壁	・海側遮水壁;内側水位を平均潮位-0.5mに固定 ・サブドレン;フル稼働	初期モデル	660	—	60	720	—	—
③ 海側遮水壁	・海側遮水壁;内側水位を平均潮位-0.5mに固定 ・サブドレン;フル稼働	初期モデル	0	—	570	570	—	—
④ 地下水バイパス	・地下水バイパス;フル稼働 ・サブドレン;フル稼働	モデル1	—	920	—	920	—	—
⑤ サブドレン	・サブドレン;フル稼働	初期モデル	990	—	—	990	—	—
⑥ 地下水バイパス+サブドレン	・地下水バイパス;フル稼働 ・サブドレン;フル稼働時	モデル1	1140	490	—	1630	—	—
⑦ 地下水バイパス+海側遮水壁	・地下水バイパス ・海側遮水壁;内側水位を平均潮位-0.5mに固定	モデル1	0	910	440	1350	—	—
⑧ 地下水バイパス+サブドレン+海側遮水壁	・地下水バイパス;フル稼働 ・サブドレン;フル稼働 ・海側遮水壁;内側水位を平均潮位-0.5mに固定	モデル1	1140	410	80	1630	—	—
	・地下水バイパス;中間水位(O.P.+8.0m) ・サブドレン;山側のみ中間水位(O.P.+3.5m) ・海側遮水壁;内側水位を平均潮位-0.5mに固定	モデル1	380	450	430	1260	—	—

Ⅲ-1. 浸透流解析モデルの修正 (見直しに至る経緯)

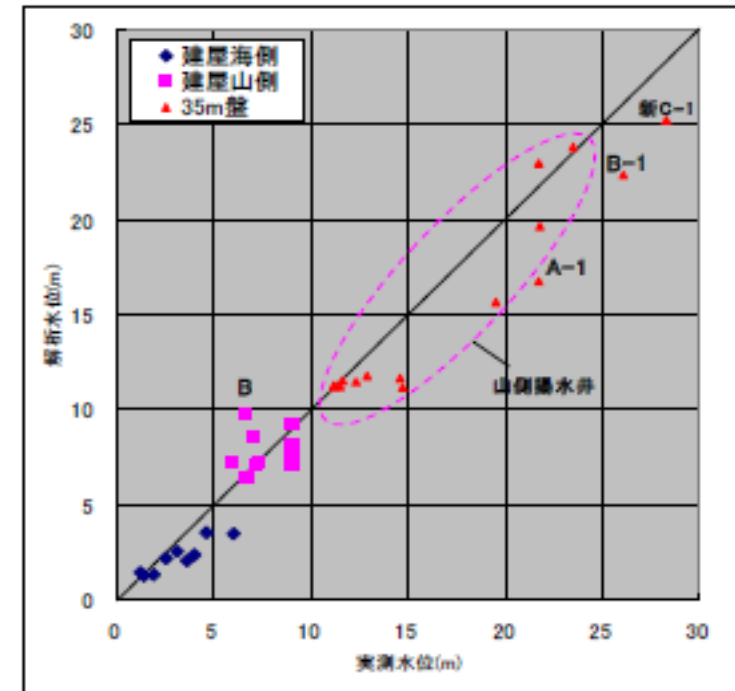
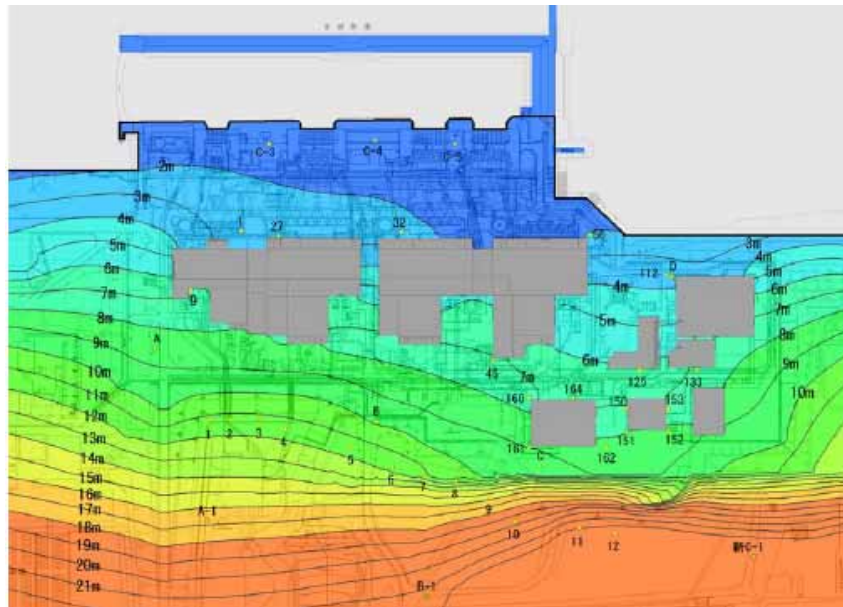
新たに35m盤の地下水位のデータが得られたため、改めて実測値と解析値を比較することで、解析モデルの再現性を高めたモデル（修正モデル）を作成した。

修正点は、不圧地下水と被圧地下水各々に別の固定境界水位を設定、中粒砂岩層中に挟在する泥岩層の影響等を評価（35m盤南側の中粒砂岩透水を $1 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ に変更）、地下水の建屋への流入をモデル内で計算する、等を考慮したモデルとした。

Ⅲ-1. 浸透流解析モデルの修正 (修正モデルでの現状再現結果 (1 / 3))

修正モデル

■不圧地下水位での解析値と実測値の比較



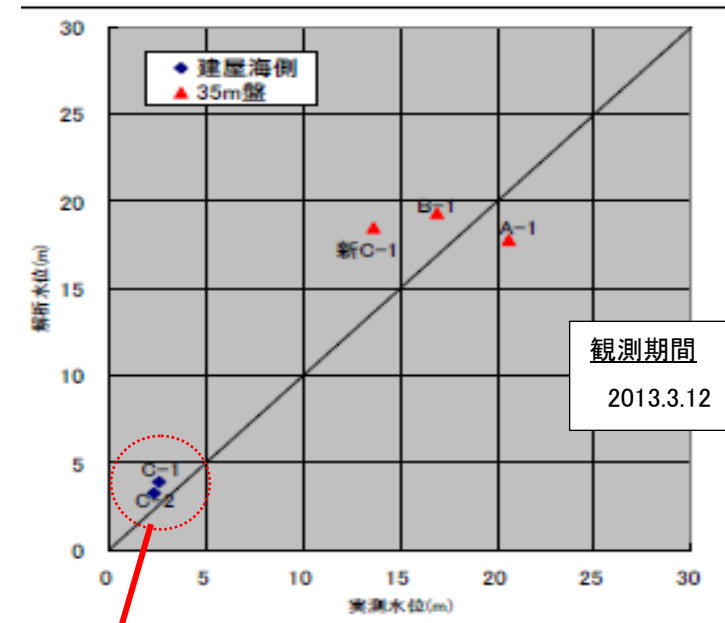
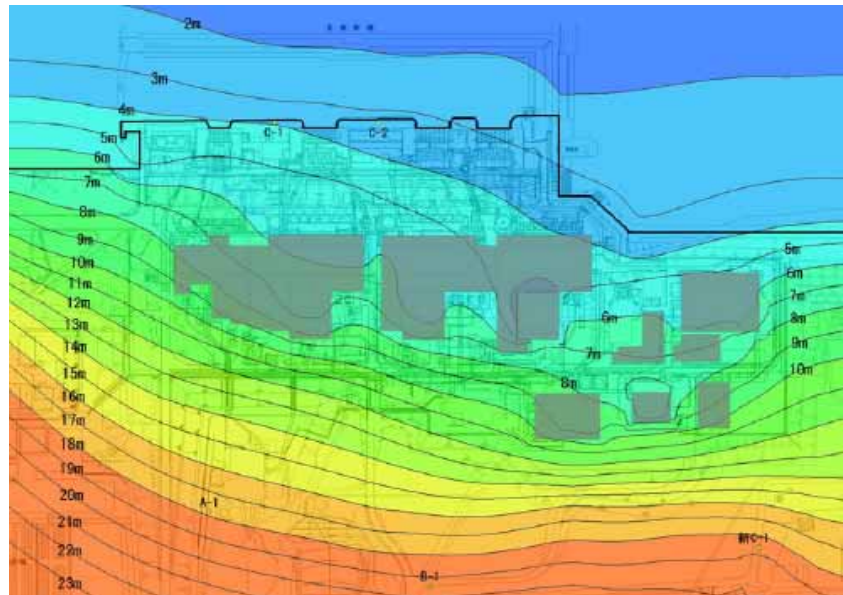
観測期間
山側揚水井 (2012.12~2013.3)
その他 (2013.3.12)

不圧地下水位における解析による再現性はほぼ認められる

Ⅲ-1. 浸透流解析モデルの修正 (修正モデルでの現状再現結果 (2/3))

修正モデル

■ 被圧地下水位での解析値と実測値の比較



実測値との比較

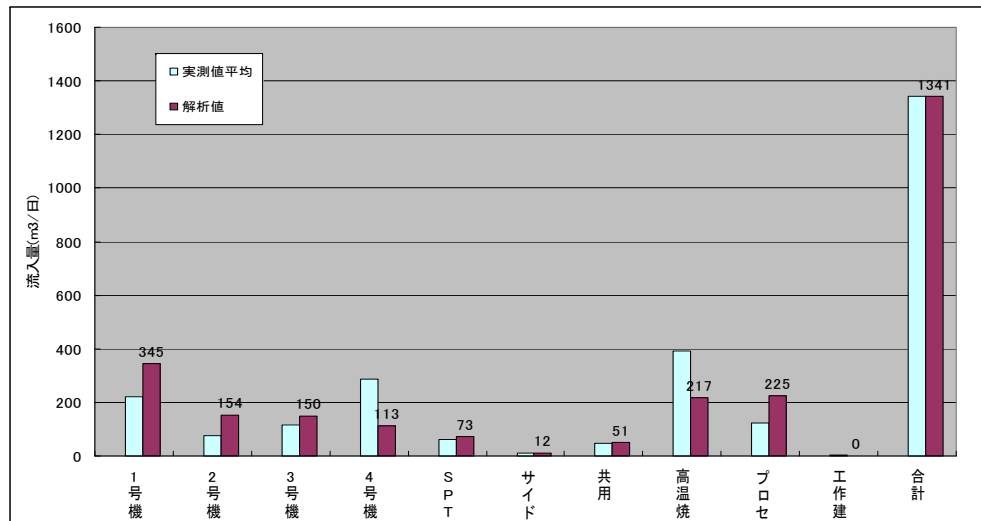
観測位置	地点名	測定日時 (被圧水位)	被圧水位(互層)		解析値/実測値 (%)
			実測水位 (O.P. m)	解析水位 (O.P. m)	
海側バウンダリ付近	C-1	2013/03中旬	2.6	3.9	150%
	C-2	2013/03中旬	2.3	3.2	139%

被圧地下水位における解析による再現性はほぼ認められる

Ⅲ-1. 浸透流解析モデルの修正 (修正モデルでの現状再現結果 (3/3))

修正モデル

■ 震災前サブドレン流入量での解析値と実測値の比較



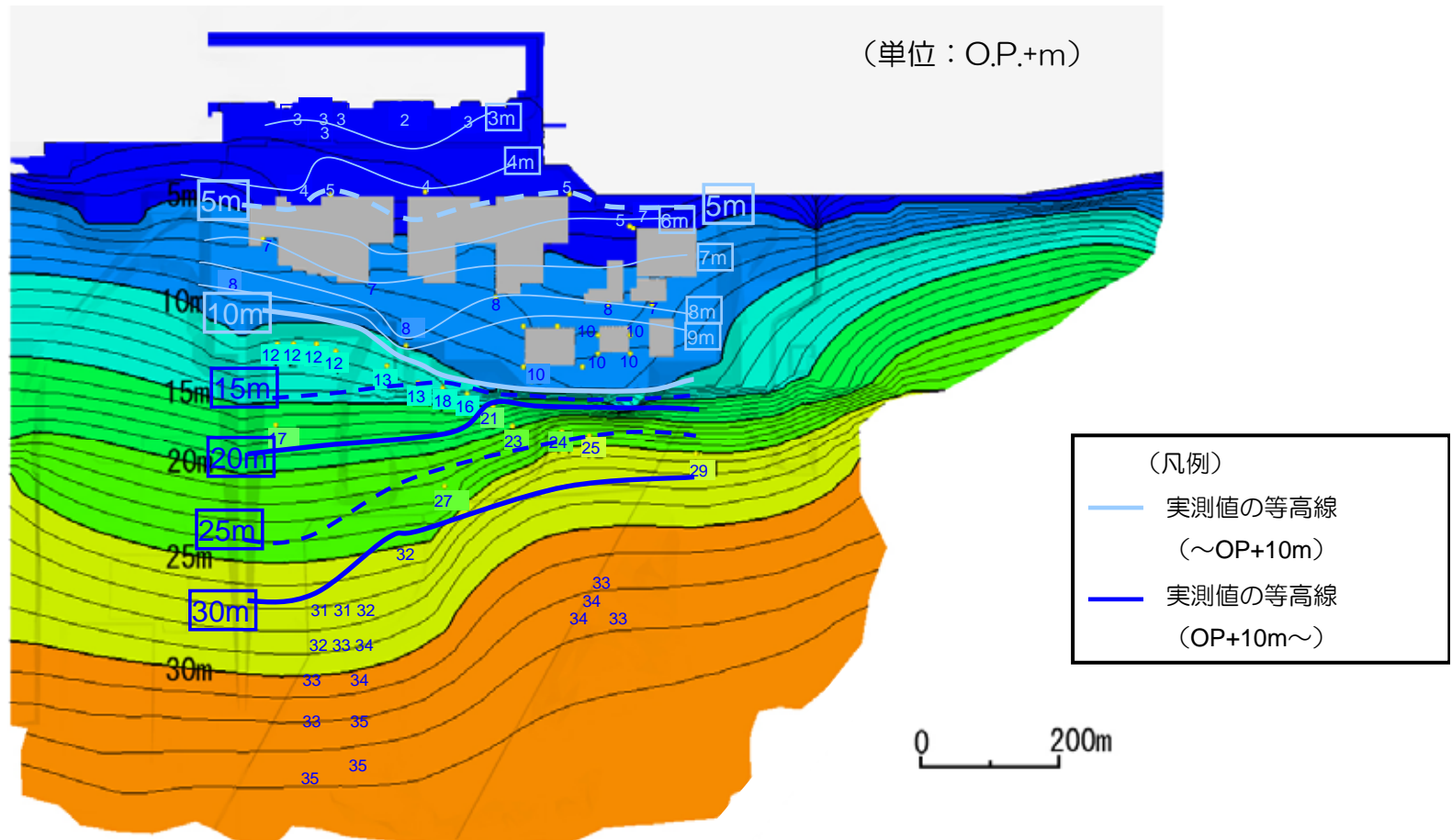
建屋名	流入量(m ³ /日)		実測値に対する 解析値の割合 (%)
	実測値 (平均)	解析値	
1号機	228	345	151
2号機	80	154	193
3号機	121	150	124
4号機	298	113	38
SPT建屋	63	73	116
サイトバンカ	13	12	92
共用プール	48	51	106
高温焼却炉建屋	405	217	54
プロセス建屋	129	225	174
工作建屋	3	0	0
合計	1388	1340	97

サブドレン流入量における解析による再現性はほぼ認められる

Ⅲ-1. 浸透流解析モデルの修正 (地下水位コンターの比較)

修正モデル

解析(色コンター)と実測(等高線)の比較



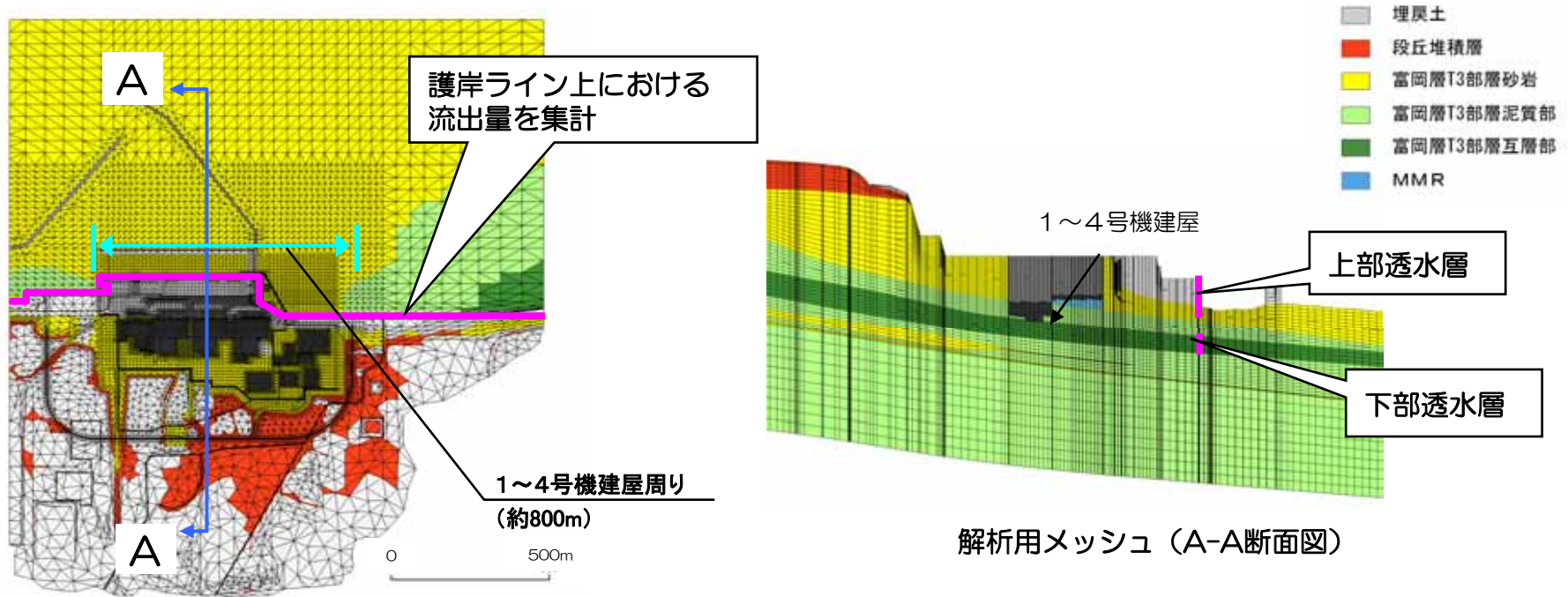
海側および山側で解析値が実測値より低いものの、解析による再現性がおおよそ認められる

Ⅲ-1. 浸透流解析モデルの修正 (海域への流出量の評価 (1 / 2))

修正モデル

■ 流出量の算出

- ・ 護岸付近の海域への流出量について、上部透水層と下部透水層を対象に集計した。



	海域への流出量 (m ³ /day)		建屋への流入量 (m ³ /day)
	モデル全体	1~4号機建屋周り (800m区間)	
修正後	約1100	約400	約400

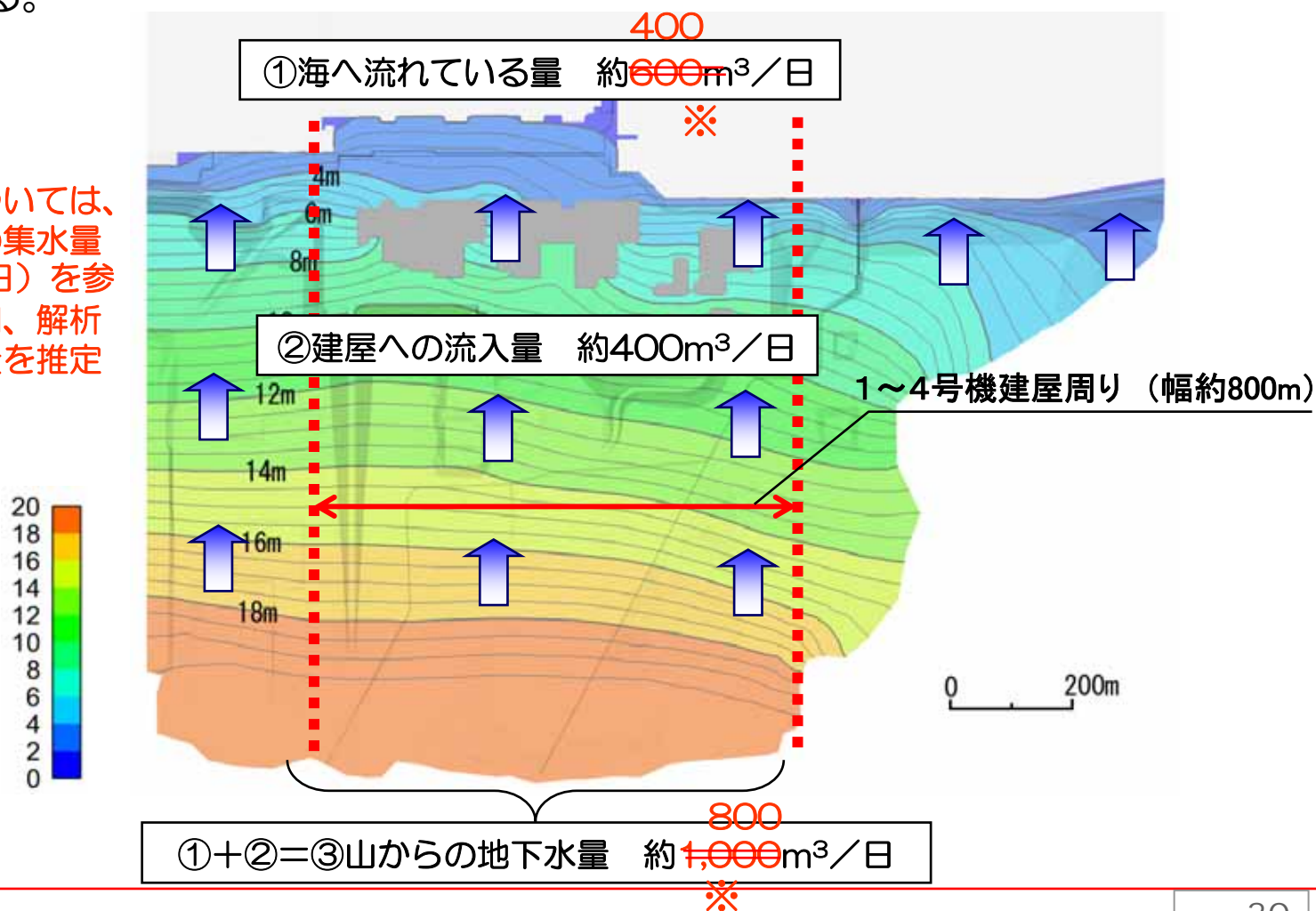
Ⅲ-1. 浸透流解析モデルの修正 (海域への流出量の評価 (2/2))

修正モデル

■地下水流下のイメージ

- 1～4号機建屋周りの地下水は、山側から約800m³/日程度の地下水が流れ込み、このうち建屋内へ約400m³/日流入し、残りの約400m³/日が海域へ流出しているものと想定される。

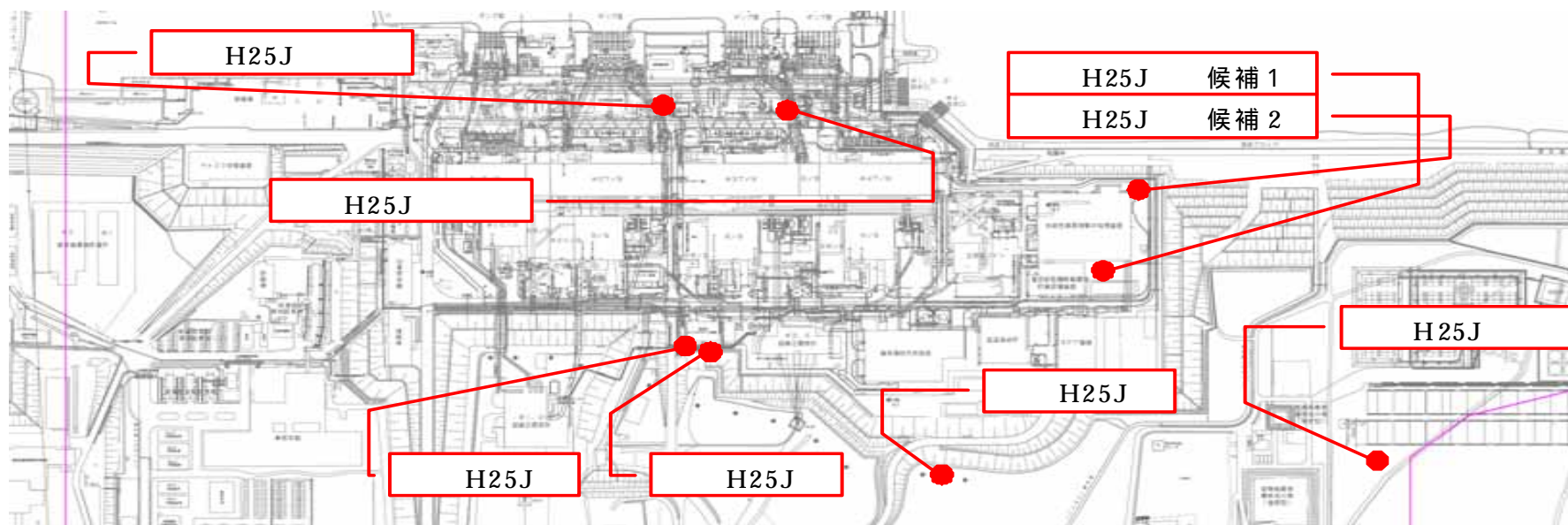
※海に流れている量については、これまで海側遮水壁の集水量の解析結果(600m³/日)を参考にしていたが、今回、解析により海域への流出量を推定した。



IV. 今後の調査・検討

- 修正モデルを用いて各対策工による地下水の挙動について解析を行う。
- 10m盤互層部、35m盤の中粒砂岩層の地下水位等を調査を行い、結果を順次、解析モデルに反映する予定。
- 必要な箇所については、範囲を限定した詳細な解析を行う。

IV. 今後の調査・検討 (ボーリング調査概要)



調査孔	H25J	H25J	H25J	H25J	H25J	H25J	H25J	
主目的	敷地南部不圧地下水位（境界条件とのフィッティング）	#4 側 35m 盤の不圧地下水位の計測	・T3 部層細粒砂岩・粗粒層の地下水位測定 ・互層層厚・性状確認	・互層被圧地下水位の測定 ・互層性状の確認（但し、地下水位観測を優先し、陥入は互層内で停止）				
施工	実施盤	35m 盤	35m 盤	10m 盤	10m 盤	10m 盤	10m 盤	10m 盤
	Bo. 目標地質	泥岩 1m 陥入	中粒砂岩内	T3 部層粗粒砂岩内	互層内	互層内	互層内	互層内
	設計 Bo. 長	25m	20m	30m	30m	20m	20m	25m
	Bo. 仕様	86 オールコア	86 オールコア	86 オールコア	86 オール コア	86 オール コア	86 オール コア	86 オール コア
水位計設置	1 箇所	1 箇所	1 箇所	1 箇所	1 箇所	1 箇所	1 箇所	

IV. 今後の調査・検討 (4m盤核種移流解析 (1/2))

○個別エリアの検討ケースとして、4m盤1,2号機スクリーンポンプ室間において、三次元地下水流動解析及び核種移流拡散解析により核種移行状況を推定する。

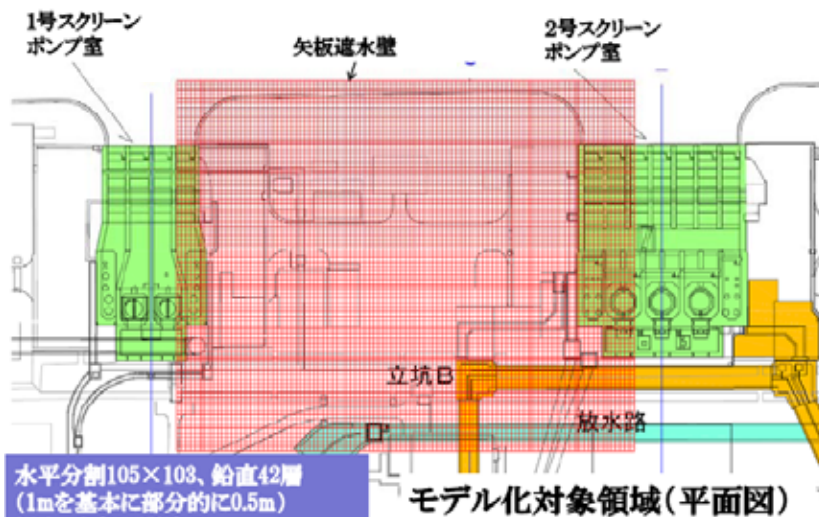
<解析目的>

- ・核種の海への流出量及び流出抑制対策効果の評価、漏えい箇所、漏えい量及び汚染範囲の推定を行う。

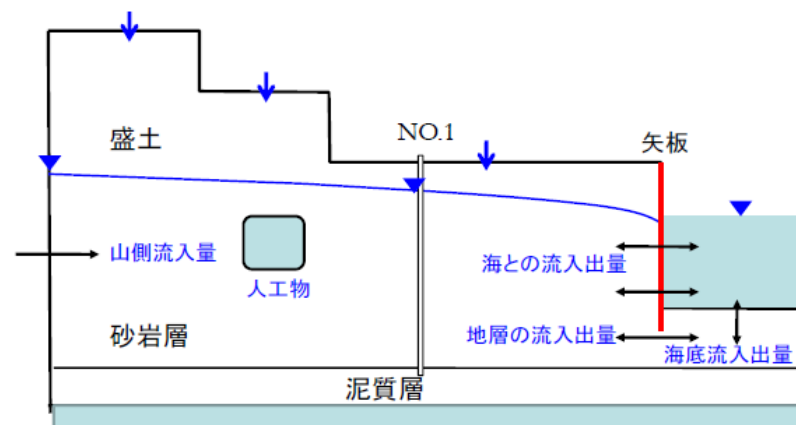
<解析領域>

- ・南北100m、東西100m
- ・護岸からタービン建屋側へ1,2号機スクリーンポンプ室に挟まれたエリア
- ・トレンチ、放水管等の主な地下構造物を反映してモデル化
水平分割：105×103 鉛直：42層 (1mを基本に部分的に0.5mメッシュ)

領域設定および格子分割



モデル概念図



IV. 今後の調査・検討 (4m盤核種移流解析 (2/2))

<解析条件>

- ・地層形状・物性、陸側水位、潮位変動、降雨、矢板透水性を考慮
- ・1～4号機建屋周り全体の検討ケースと整合させる。
- ・核種移行評価に必要な分配係数について、4m盤土壌の実測値を取得するため脱離試験の方法を検討中

<実施状況>

- ・地下水流動解析について、解析結果が水位変動の実測値と整合するよう入力する条件を修正しながら解析中

(最初の設定条件)

- ・モデル設定

 - 山側境界の地下水位：3m

 - 海側水位：平均潮位 O.P 1.35m (小名浜潮位データ)

 - 地表面境界：降雨なし、降雨あり

 - 矢板透水係数： $1.0 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$

- ・汚染設定

 - 汚染物質：トリチウム

 - 汚染源濃度：測定値の最大濃度

 - 汚染位置：管路下部の砕石層全体

- ・解析期間

 - 事故前から調査孔掘削前まで

- ・解析ケース

 - 調査孔掘削、揚水による影響考慮

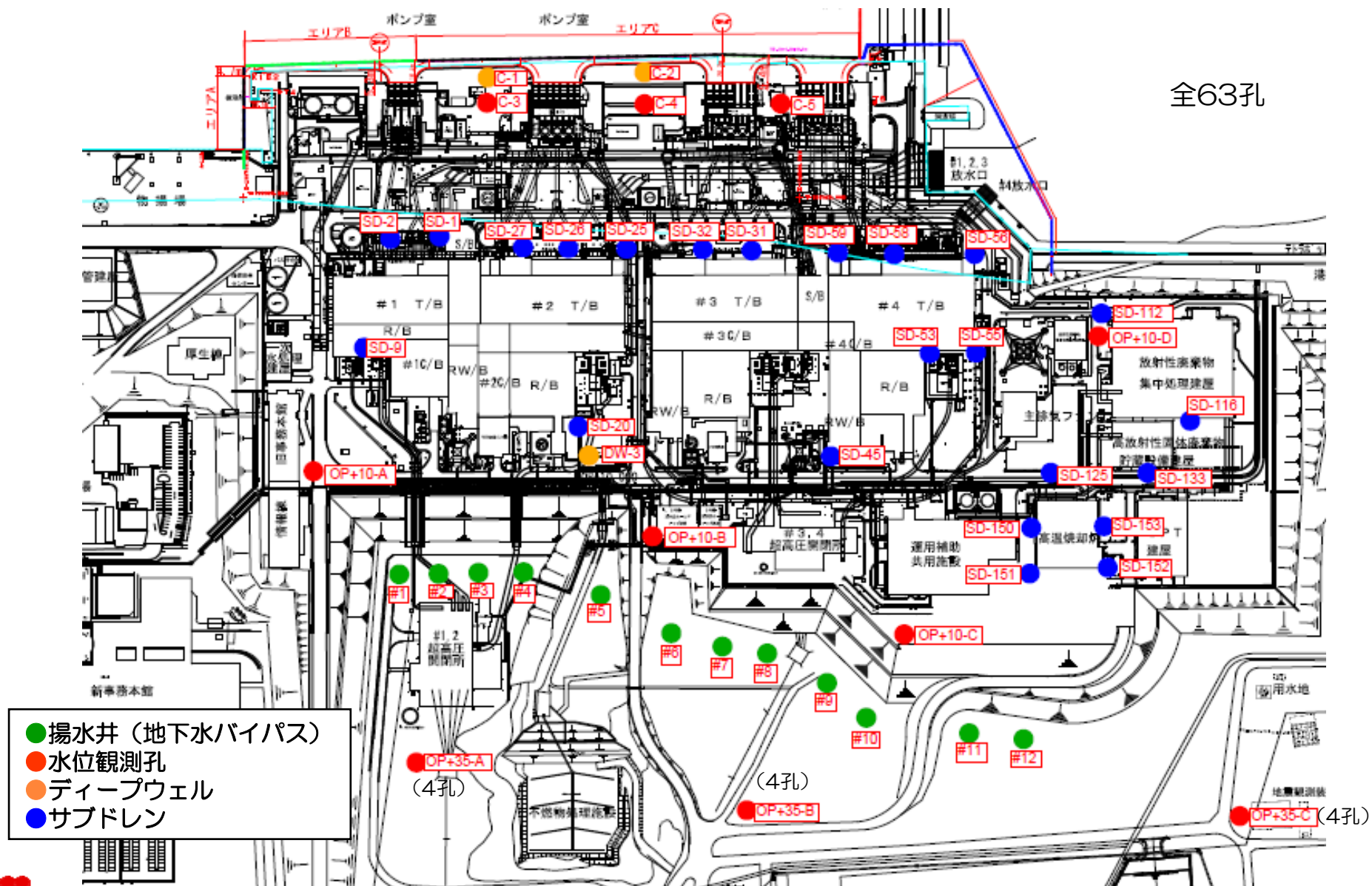
 - 地盤改良の有無による今後の予測

参考資料

地下水関連 (地下水位調査孔位置図 (震災後：建屋周辺))

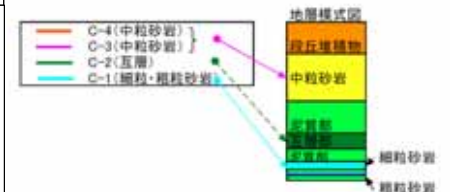
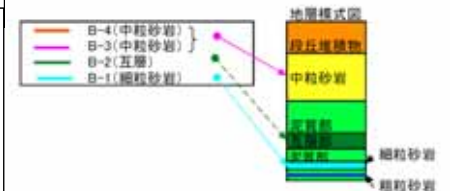
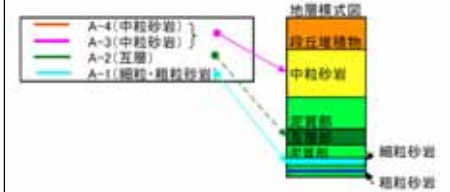
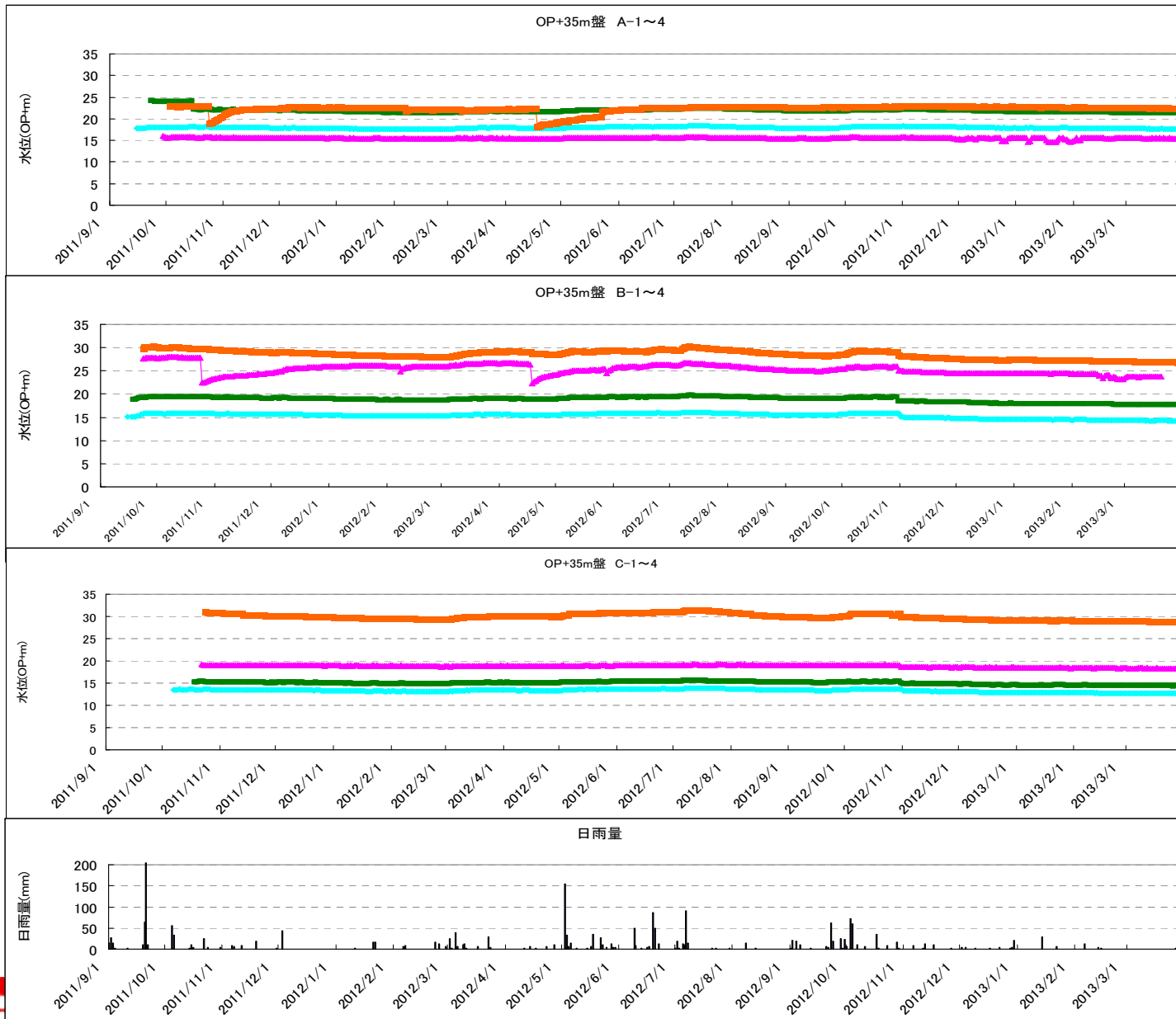
【参考】

全63孔



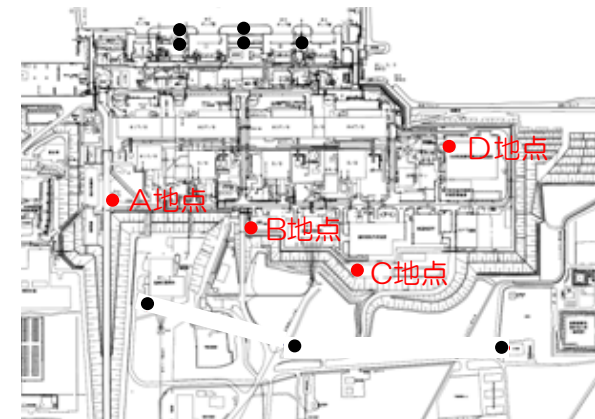
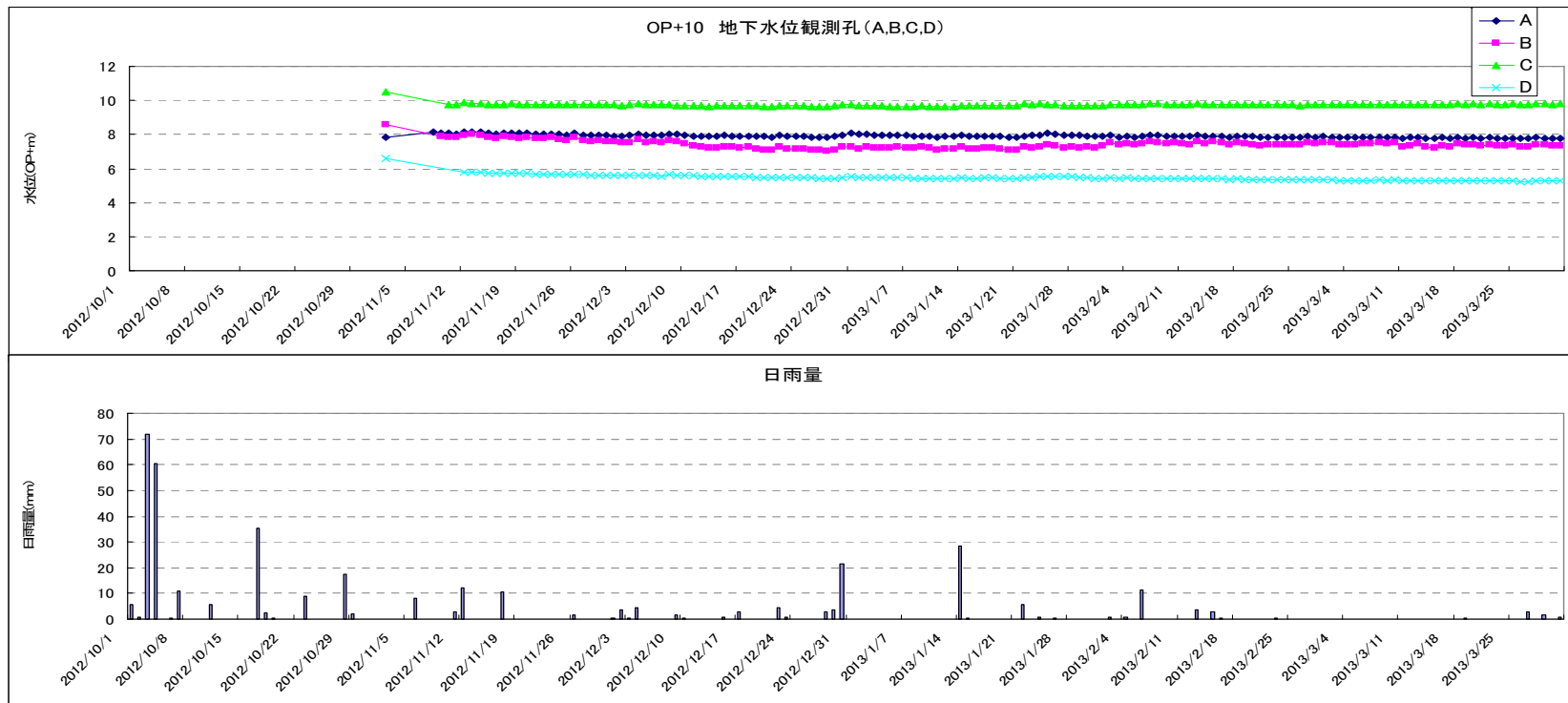
地下水関連 (35m盤地下水位測定結果)

【参考】



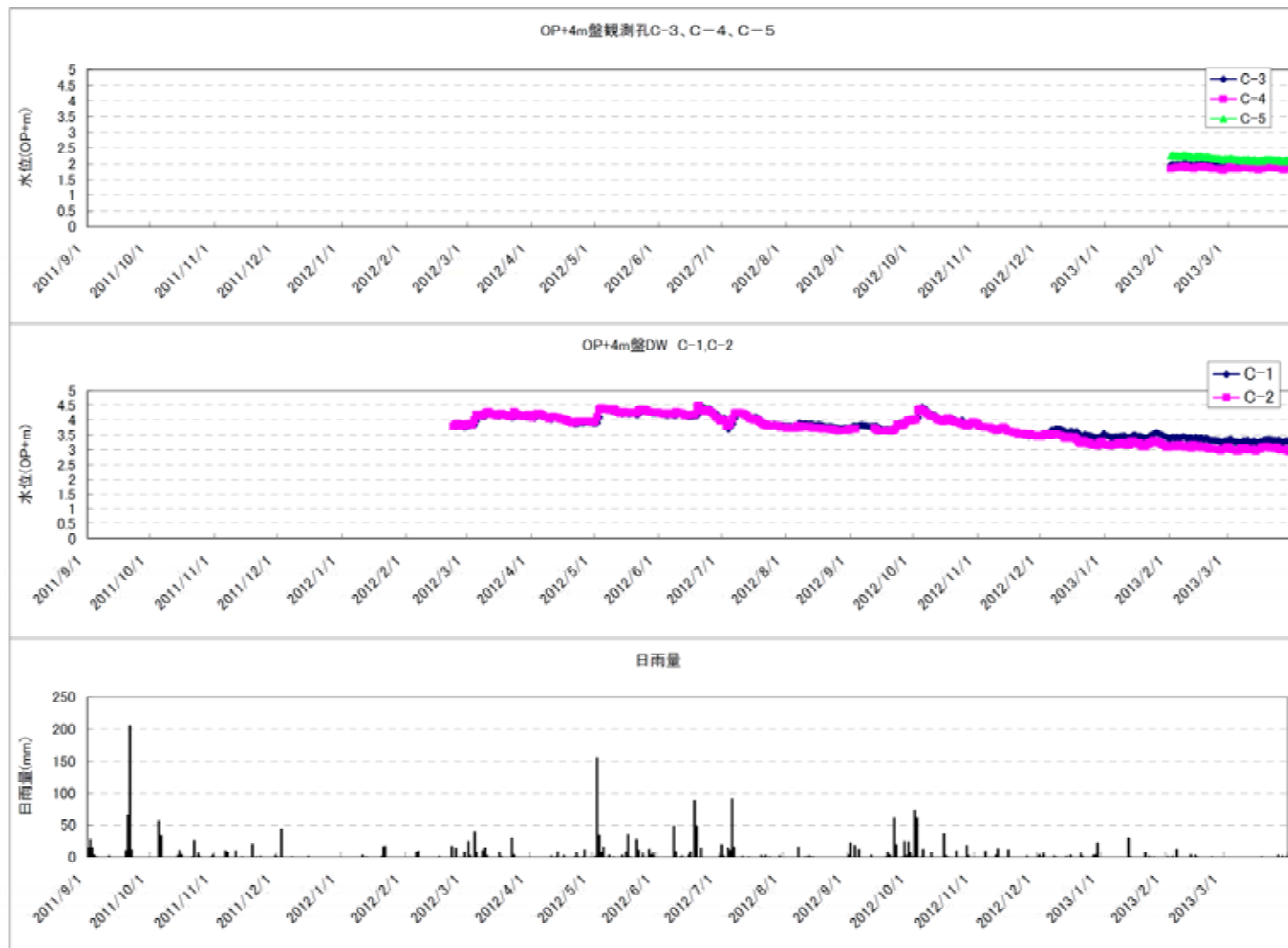
地下水関連 (10m盤地下水位測定結果)

【参考】



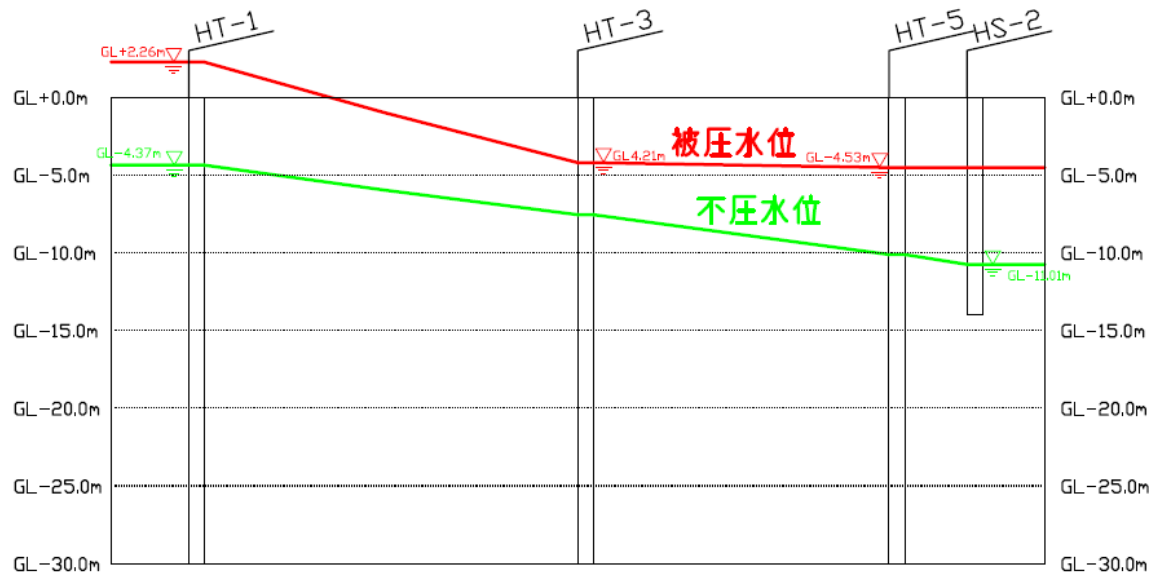
地下水関連 (4m盤地下水位測定結果)

【参考】



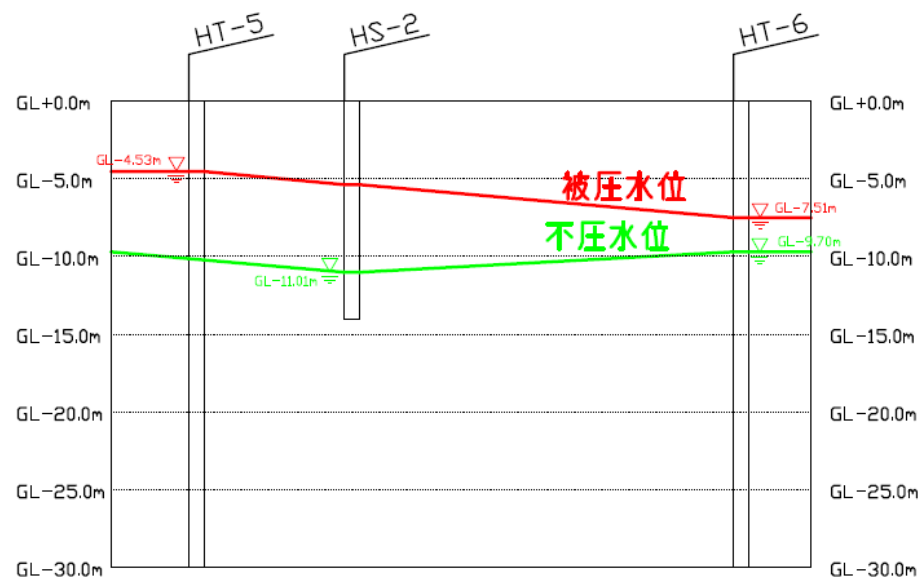
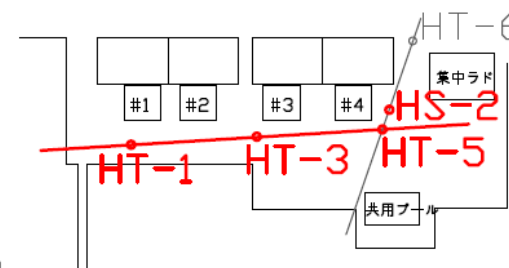
地下水関連 (建屋周辺の被圧地下水位と不圧地下水位の比較)

【参考】

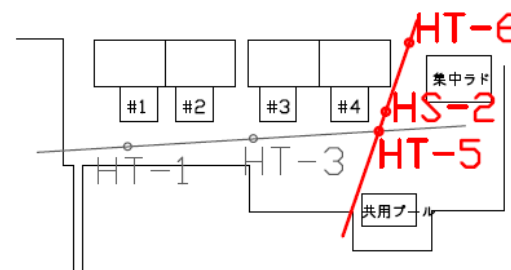


※震災前 (平成18年度)

地下水位測定位置

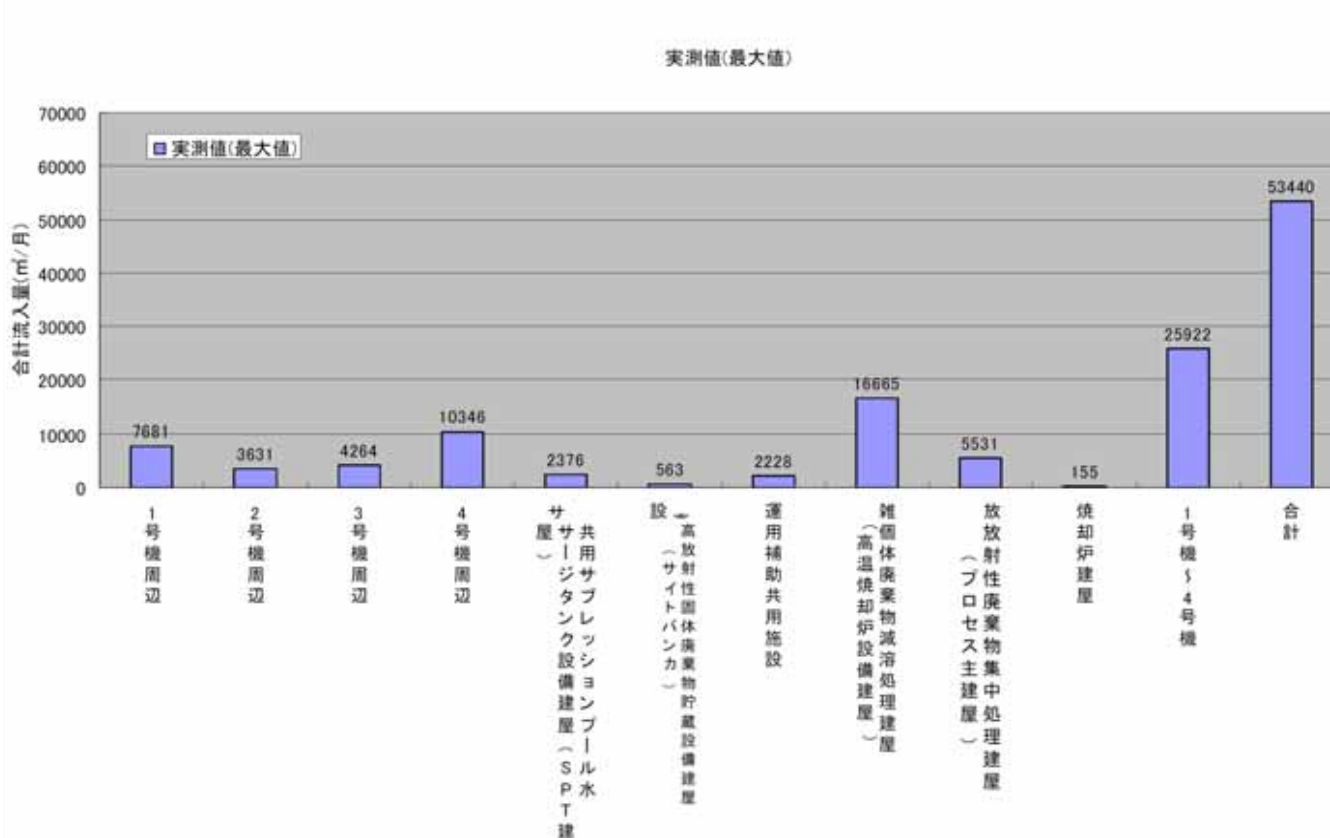


地下水位測定位置



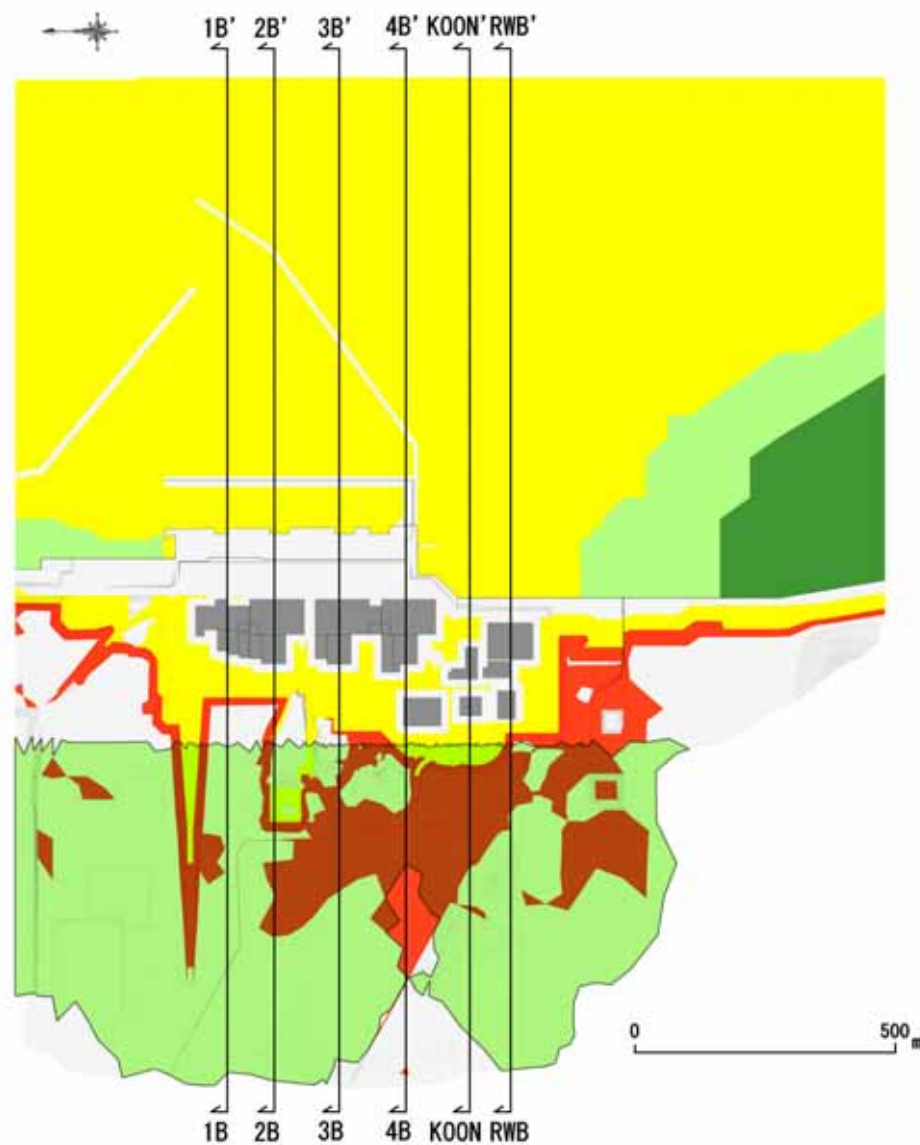
地下水関連 (サブドレン流入量の実績)

【参考】

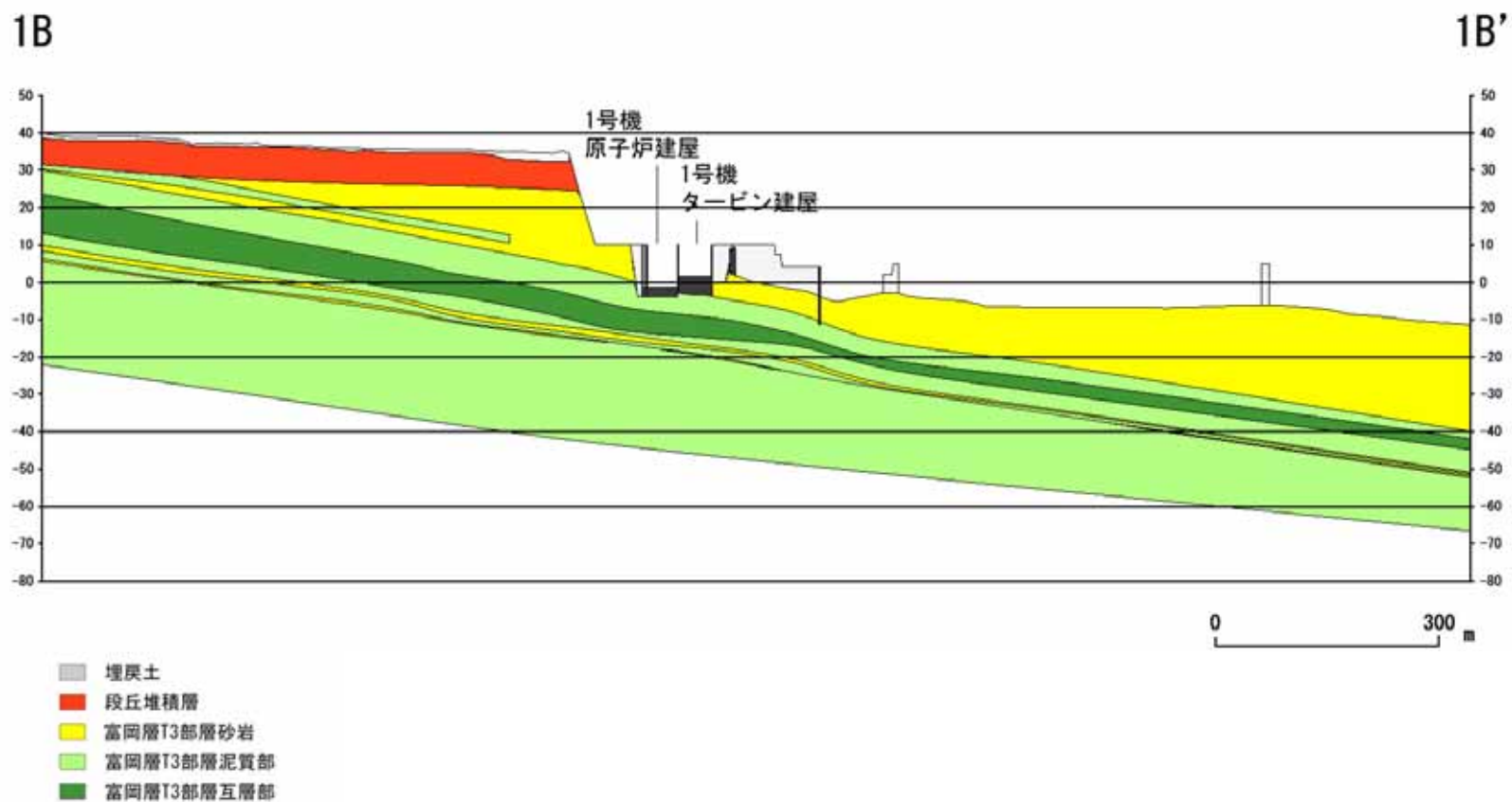


(期間：2008.3～2011.2)

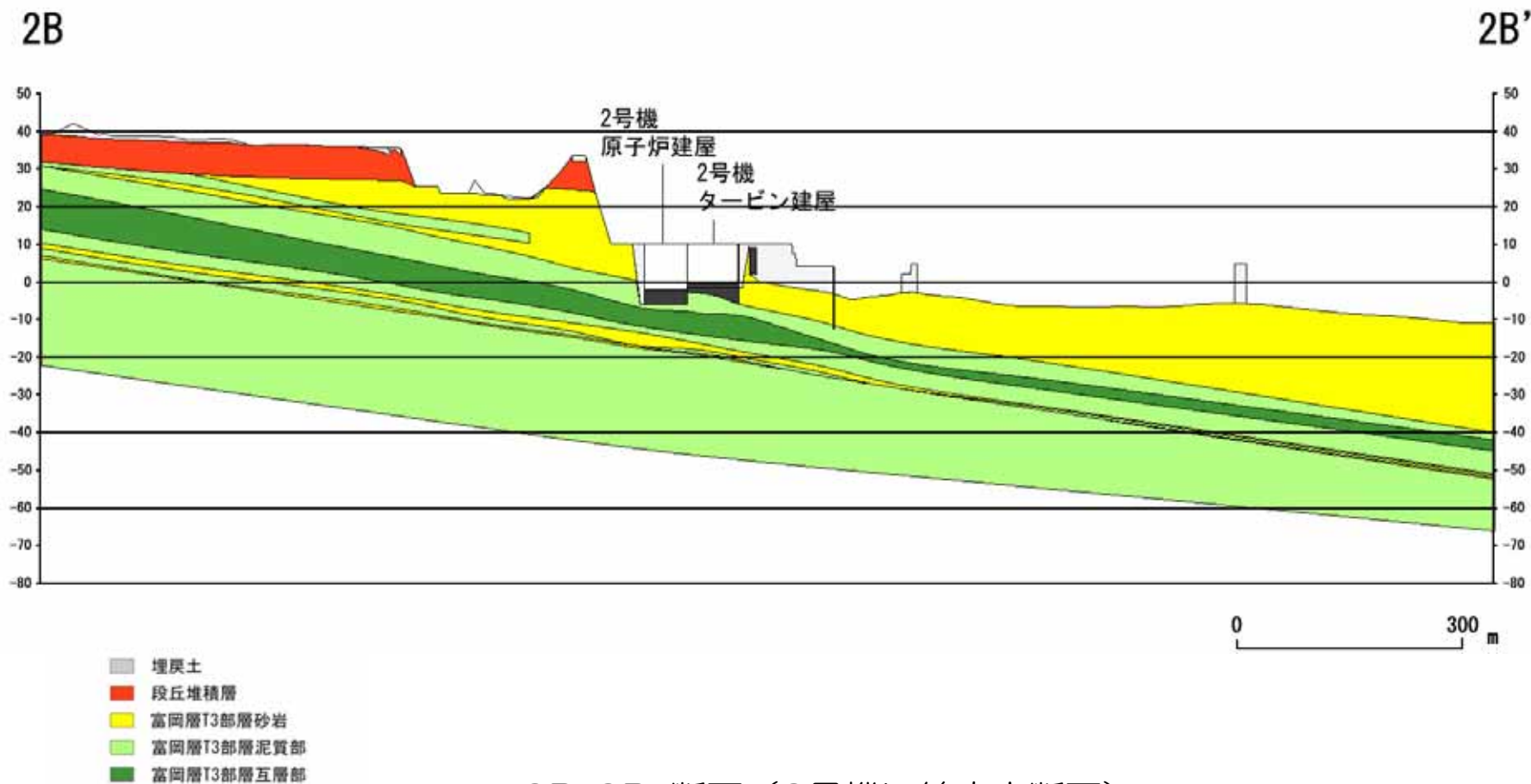
	対象建屋廻りのサブドレンへの合計流入量(m³/月)		
	平均	最大	最小
1号機周辺	6849	7681	5959
		2010年5月	2010年2月
2号機周辺	2409	3631	1410
		2008年9月	2010年2月
3号機周辺	3635	4264	2819
		2010年10月	2010年2月
4号機周辺	8933	10346	7291
		2009年11月	2010年2月
共用サブプレッションプール水サージタンク設備建屋(SPT建屋)	1901	2376	1420
		2009年10月	2010年2月
高放射性固体廃棄物貯蔵設備建屋(サイトバンカ)	379	563	192
		2009年11月	2008年3月
運用補助共用施設	1435	2228	837
		2009年10月	2011年2月
雑固体廃棄物減溶処理建屋(高温焼却炉設備建屋)	12156	16665	5900
		2009年5月	2010年2月
放射性廃棄物集中処理建屋(プロセス主建屋)	3872	5531	3278
		2009年12月	2010年2月
焼却炉建屋	87	155	40
		2008年4月	2010年2月
合計	41655	53440	29146
合計流入量(m³/日)	1344	1724	940



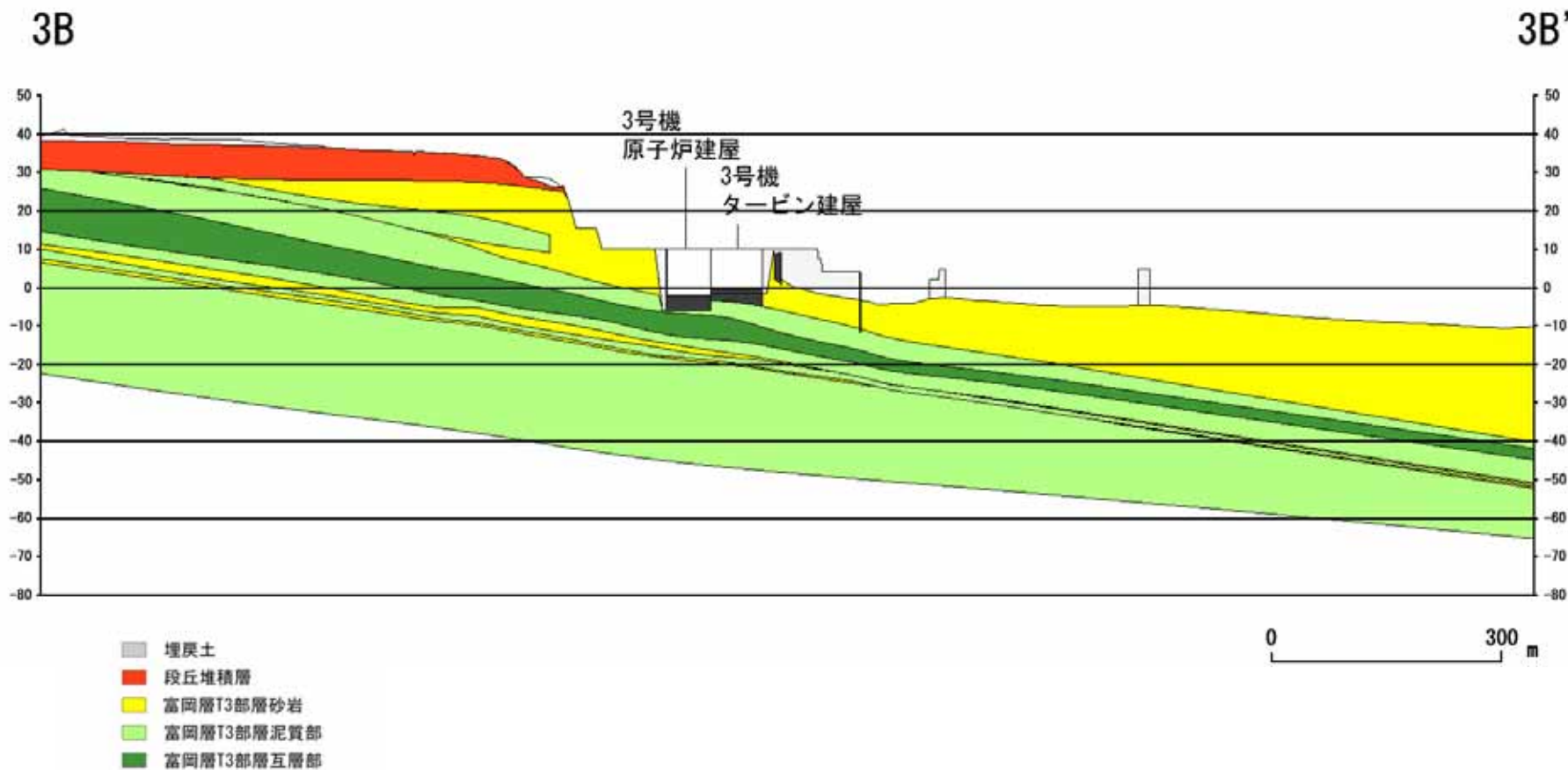
平面図



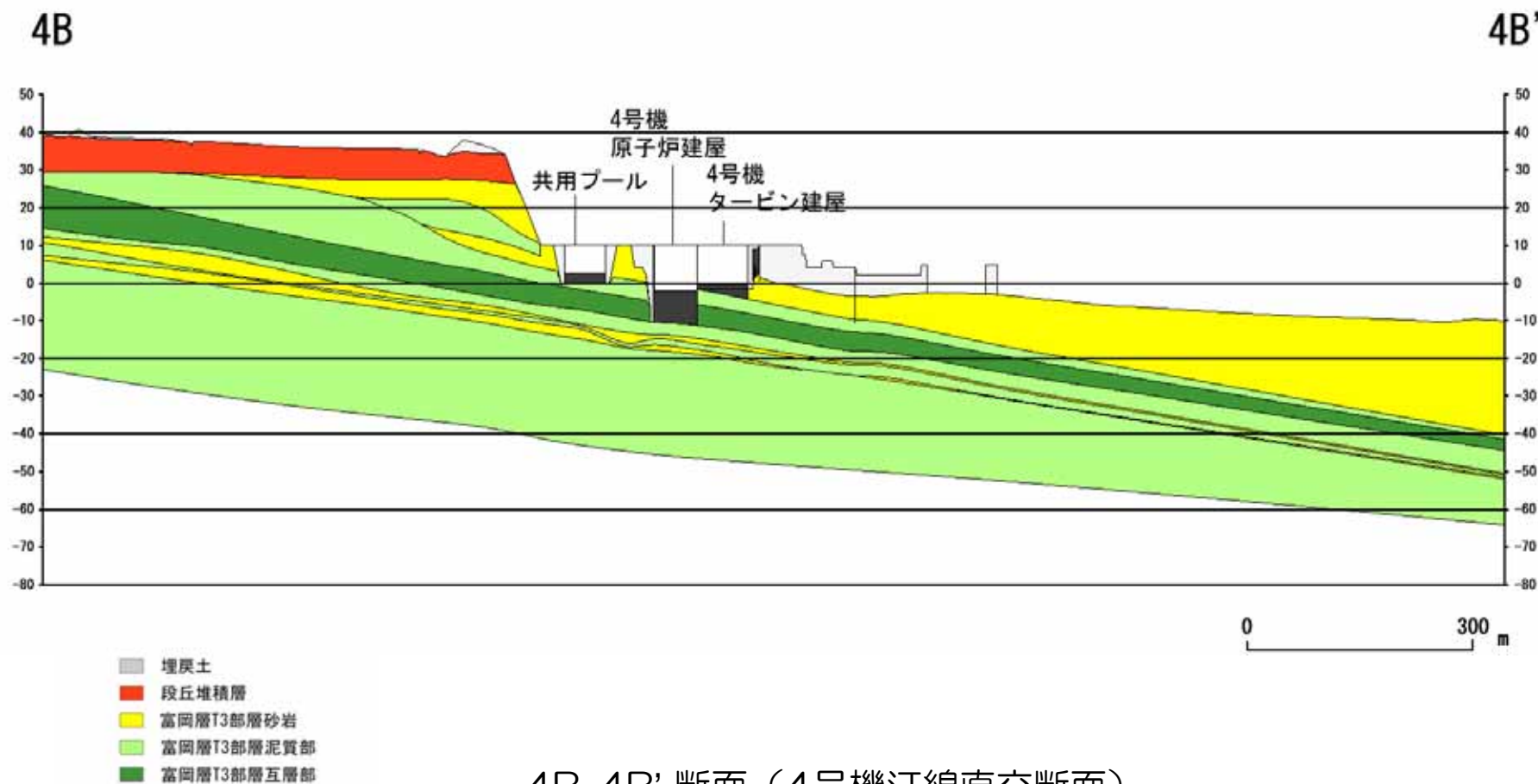
1B-1B' 断面（1号機汀線直交断面）



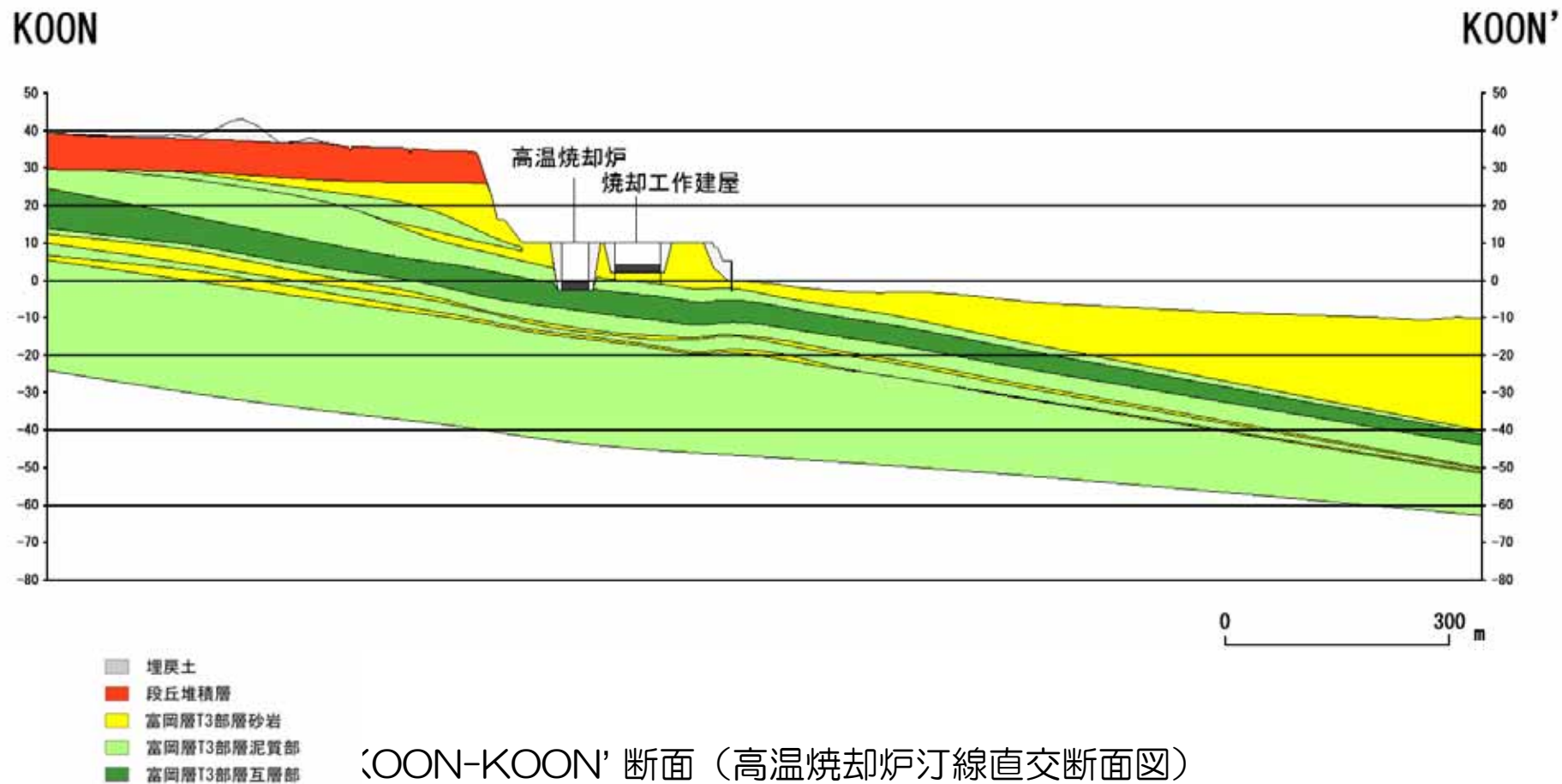
2B-2B' 断面（2号機汀線直交断面）

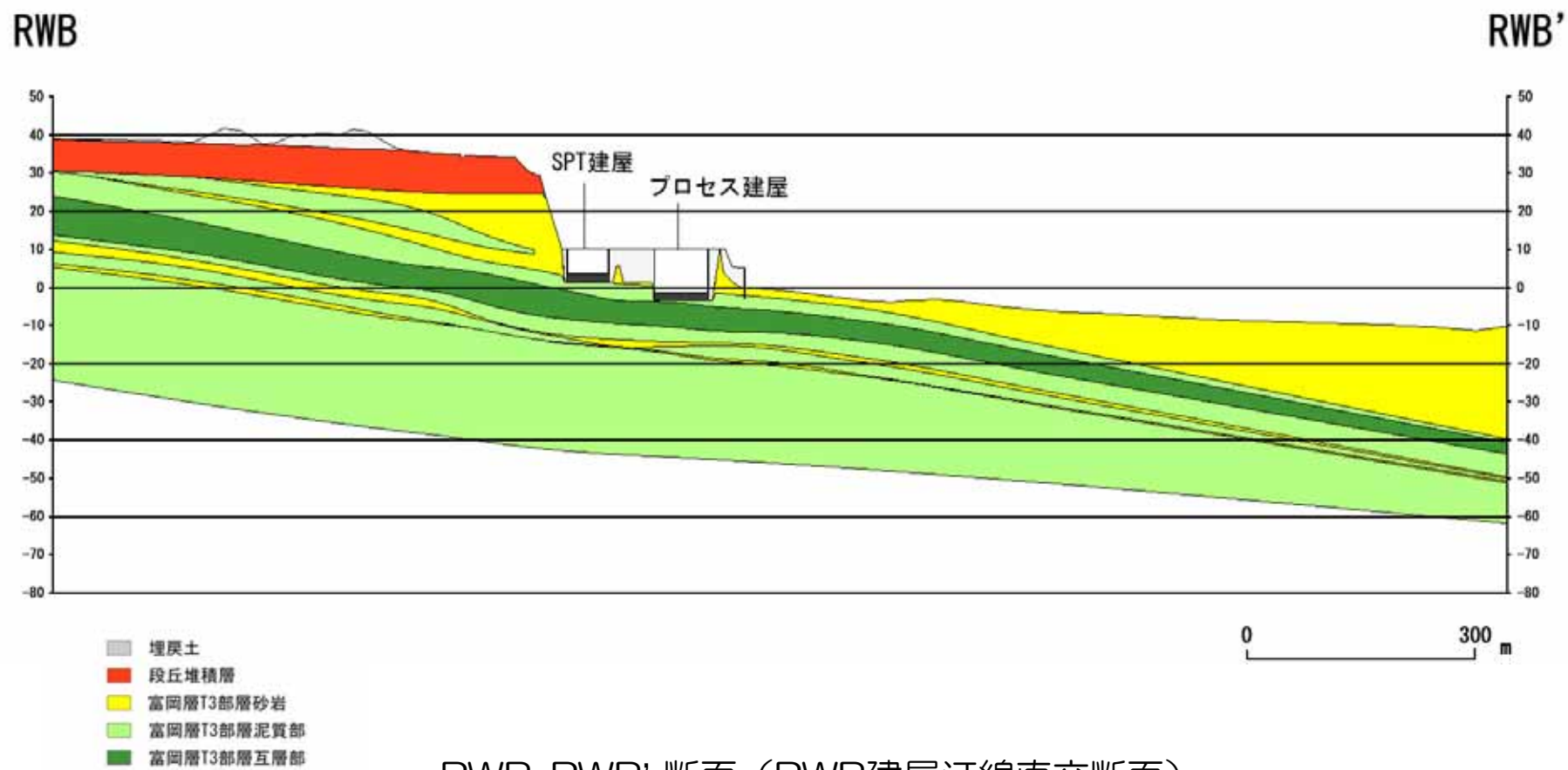


3B-3B' 断面（3号機汀線直交断面）



4B-4B' 断面（4号機汀線直交断面）





RWB-RWB' 断面（RWB建屋汀線直交断面）

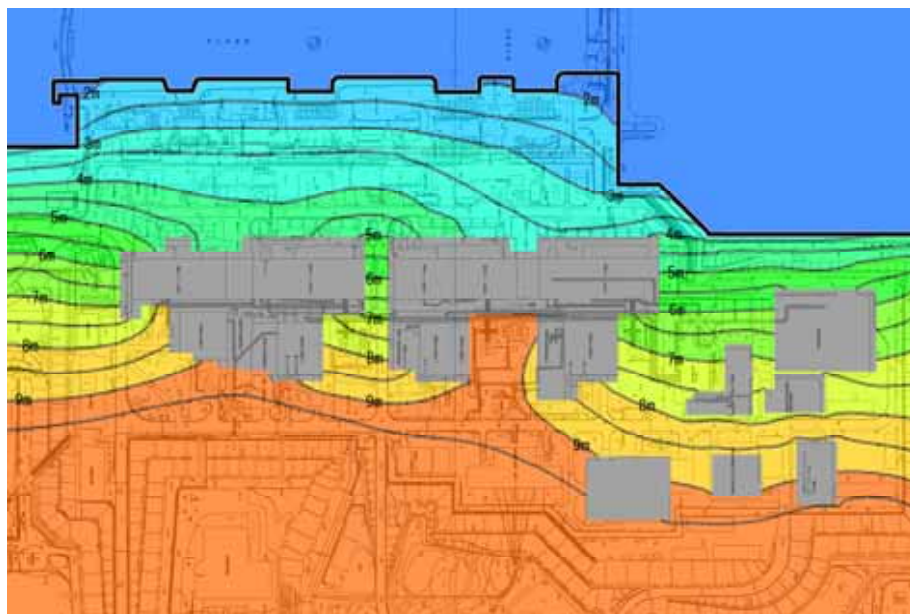
■概要

- ・海側遮水壁の鋼管矢板の根入れ長を確定するためのボーリング調査（7箇所）したところ、全体的に地層構成が数m程度深かったところから、解析メッシュの修正を行った。

■検討ケース

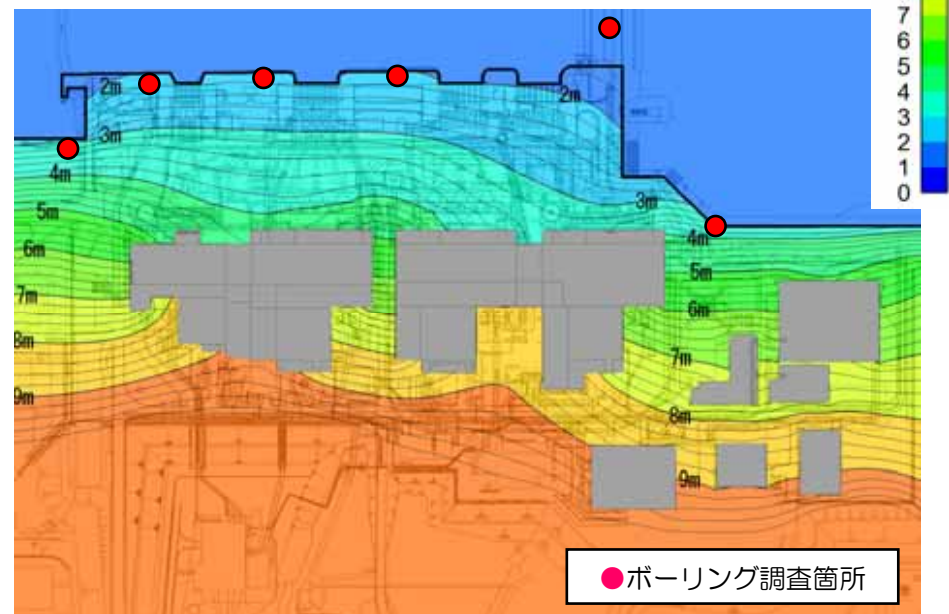
- ・震災後の再現（ケース①）

ボーリング調査結果の反映前



ケース①；震災後の地下水位の再現【初期モデル】

ボーリング調査結果の反映後



ケース①；震災後の地下水位の再現【モデル1】

初期モデルに比べて、モデル1は護岸付近で若干低い傾向が見られるが大きな変化は見られない。

■検討目的

- ・海側遮水壁および陸側遮水壁について、以下の評価を行った。

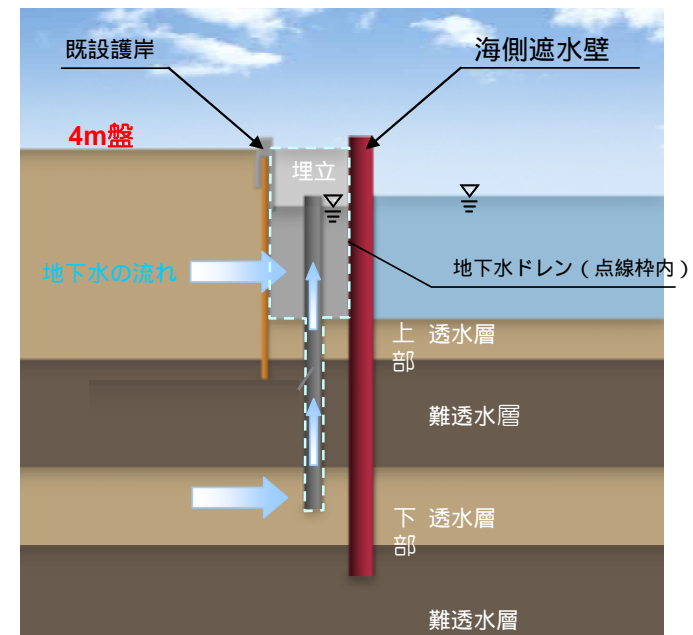
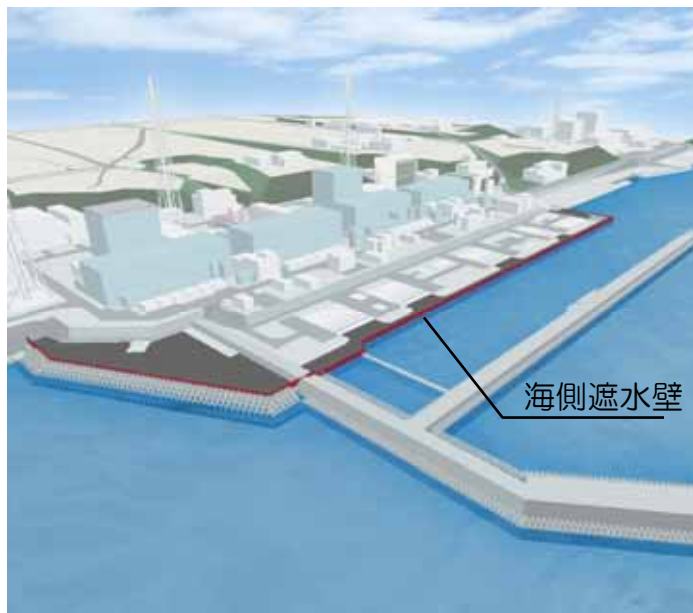
- ①海洋汚染拡大防止効果
- ②建屋内滞留水の地下水への流出リスク

■検討の結果

- ・海側遮水壁を設置することにより、建屋周り地下水の海洋へ流出を防止できることを確認。
- ・陸側遮水壁を設置すると、建屋周りの地下水位が大きく低下し、建屋内滞留水の地下水への流出リスクが高まることを確認。

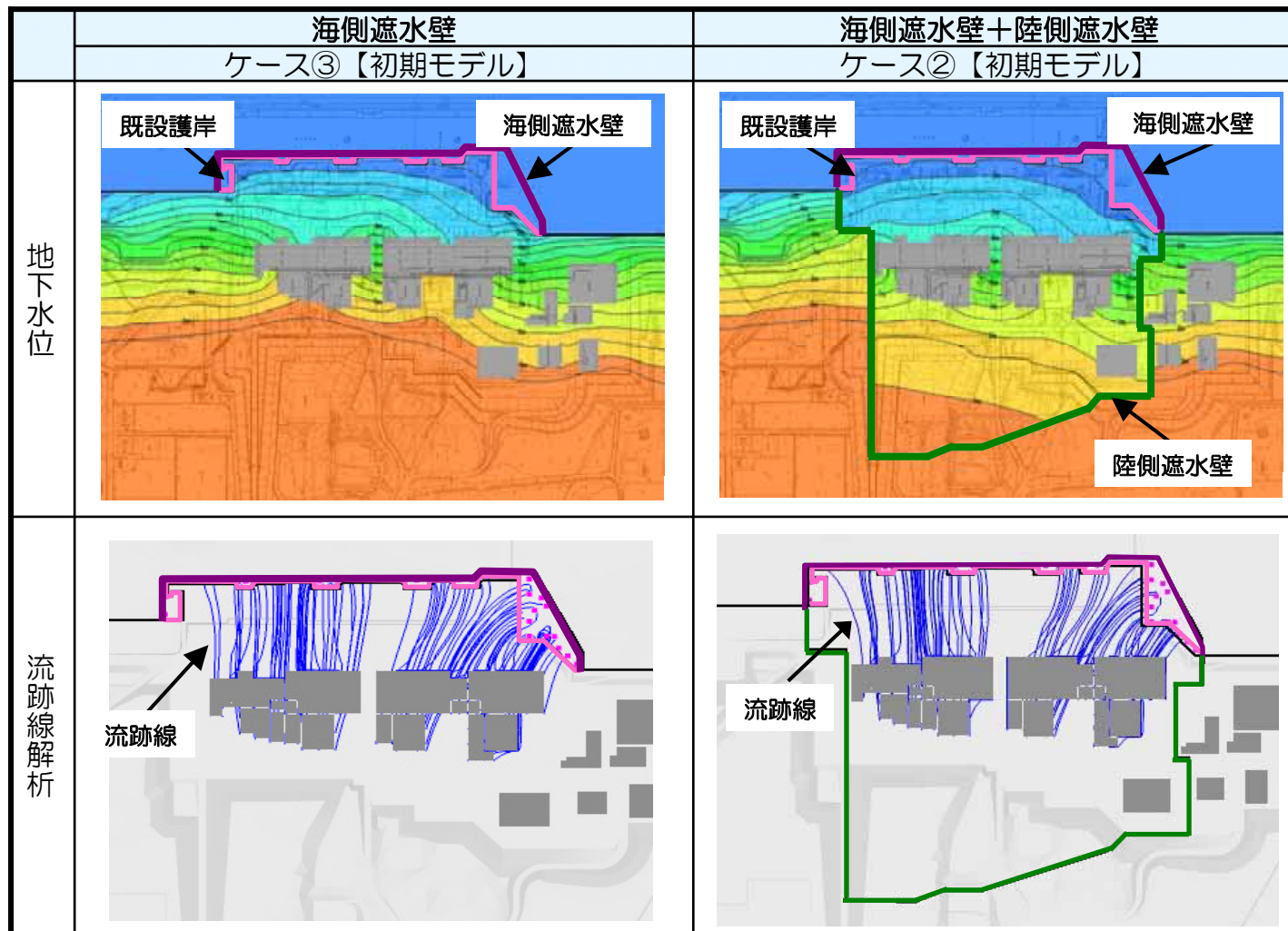
■検討ケース

- ・震災後の再現（ケース①）、陸側遮水壁（ケース②）、海側遮水壁（ケース③）



海側遮水壁設置後の護岸付近の断面図イメージ

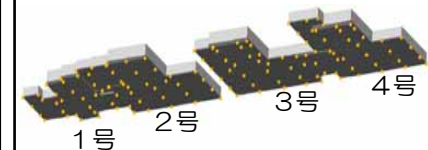
海側遮水壁および陸側遮水壁の検討（２）



検討条件

- ・地下水ドレン位置で地下水位を平均潮位-0.5mに管理した場合を想定

【流跡線解析】地下水の流跡線に基づき、建屋底面に放射性物質を模擬した粒子を配置し、粒子の移動経路を解析する。



粒子の配置図（黄色の点）

- ・流跡線解析の結果、建屋周りの地下水は海側遮水壁により海域に流出しない結果となった。
- ・建屋周り地下水位の低下は、海側遮水壁の場合は、0～0.5m程度の低下であるが、陸側遮水壁を設置する場合は1～2m程度低下することから建屋内滞留水が漏れ出すリスクが高い。

地下水バイパスの検討

■検討目的

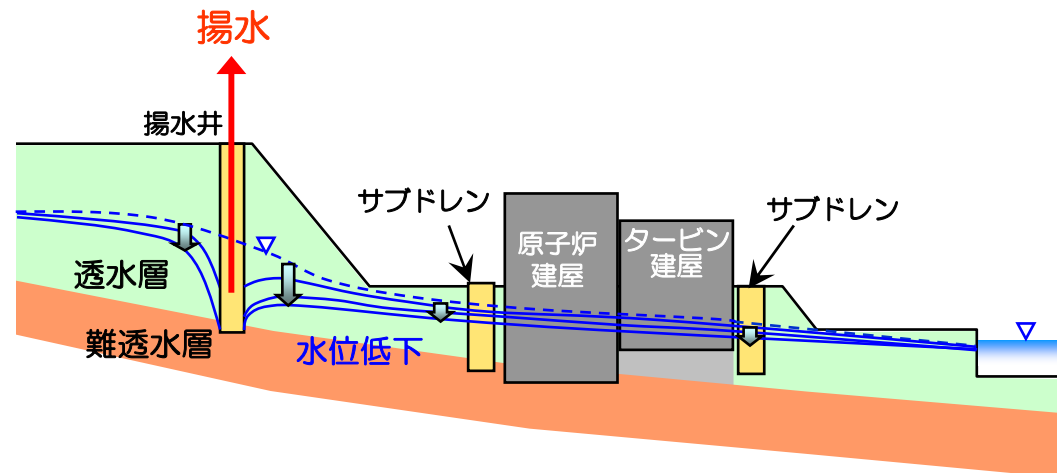
- 地下水バイパスによる建屋内への地下水流入の低減効果を評価するため、建屋周りの地下水低下量を想定した。

■検討の結果

- 地下水バイパスの揚水井の水位を、井戸の下端まで低下させた場合（最大低下時）、建屋周りの地下水位は、山側で3m程度、海側で1m程度低下し、この時の建屋内への地下水流入の低減効果は100m³程度と想定される。

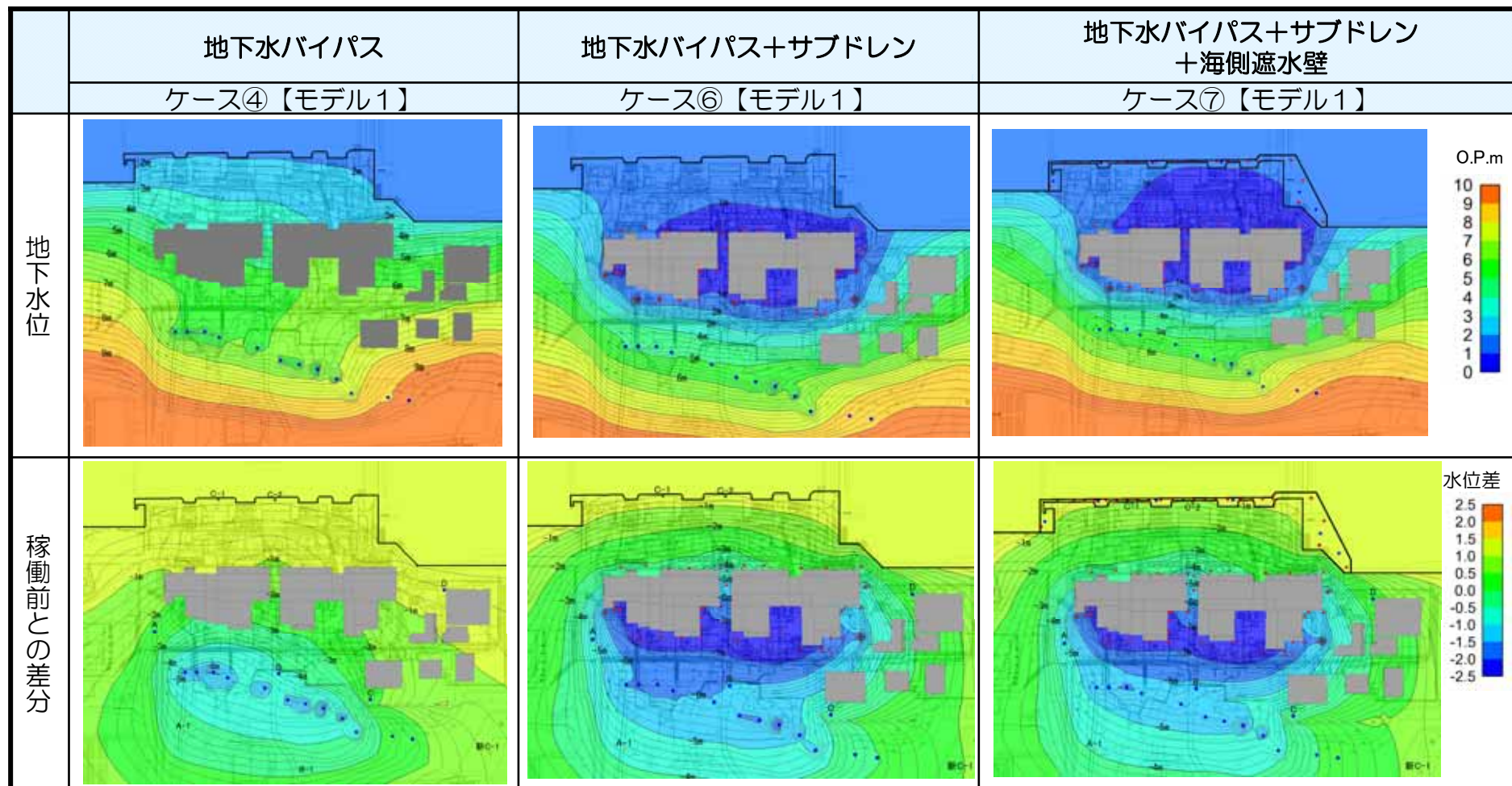
■検討ケース

- 震災後の再現（ケース①）、陸側遮水壁（ケース②）、海側遮水壁（ケース③）



地下水バイパスの検討（解析結果）

【参考】 現状モデル



- 地下水バイパスのみの稼働で、揚水井の水位を底部まで低下させた場合、建屋周りの地下水位は、山側で3m程度、海側で1m程度低下する。
- 地下水バイパスの水位低下の効果は限定的で、建屋周り全体を水位を大きく低下させるには、サブドレンが必要。（⇒地下水バイパスはサブドレンの補助的な位置付け）

護岸背面の地盤改良（ケース⑨） （解析モデル）

【参考】

現状モデル

■検討目的

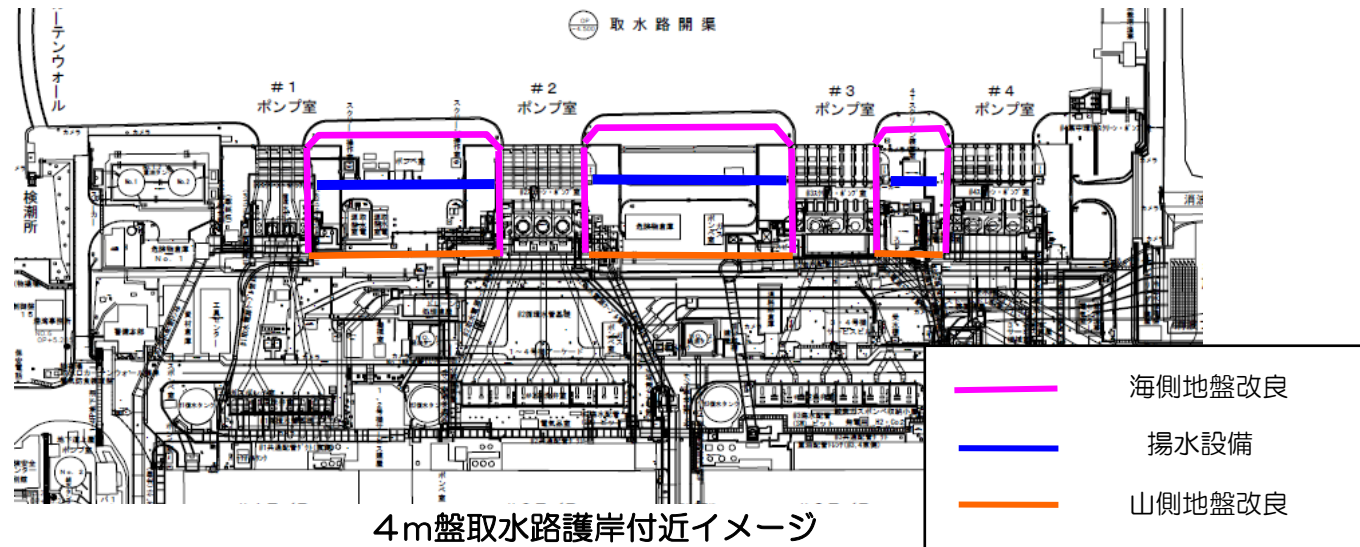
- ・ 解析モデルに取水口間 護岸背面に、地盤改良および揚水設備を配置し、護岸背面の地盤改良の上部（O.P.+2.2m）を超えない予想排水量を試算した。

■検討結果

- ・ 全体で1日あたりくみ上げ量は60m³程度と想定される。

■解析ケース

- ・ 護岸背面の地盤改良（ケース⑧）

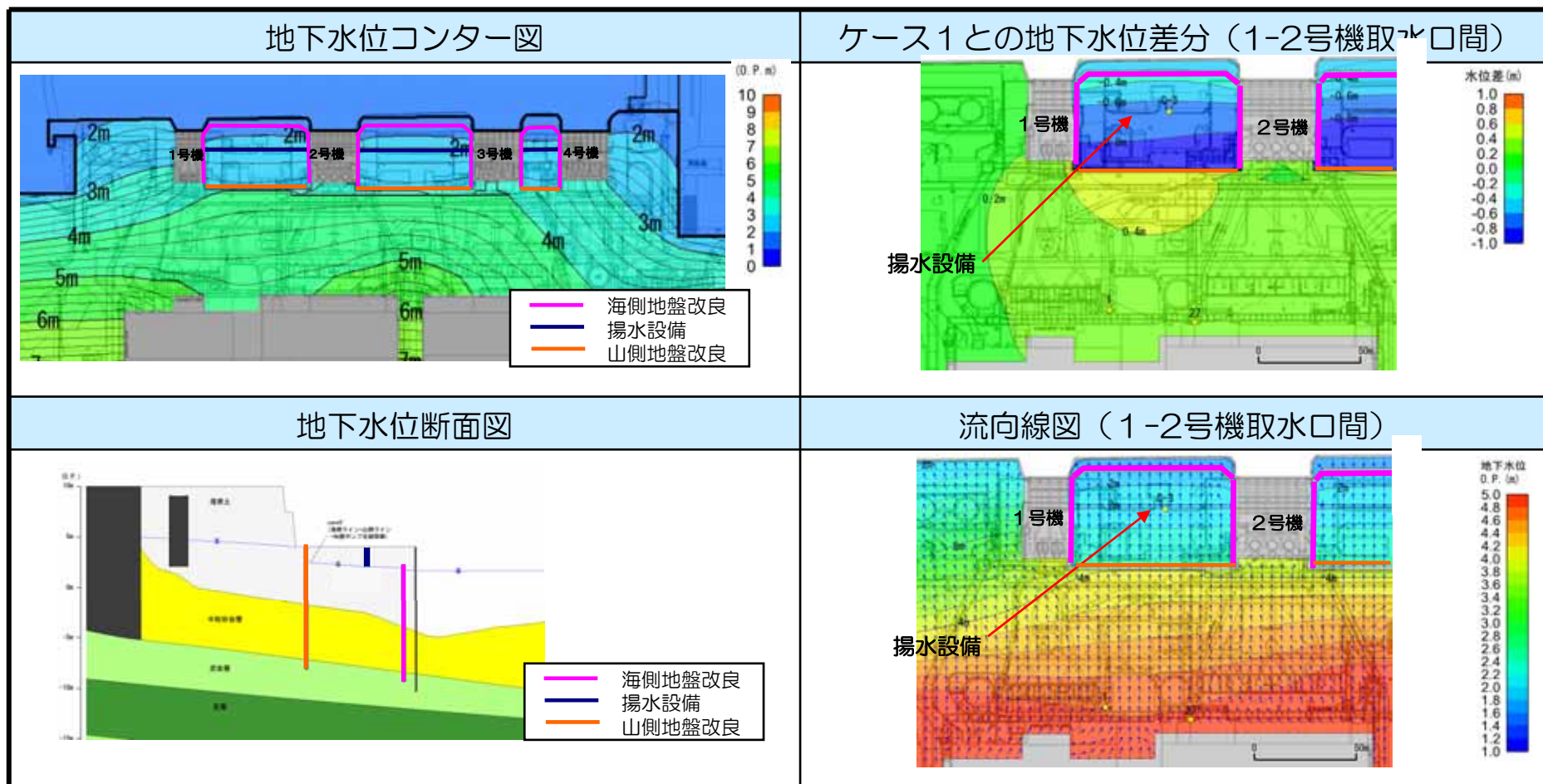


護岸背面の地盤改良（ケース⑨）

（ケース4；護岸背面の地盤改良＋揚水設備によるくみ上げ＋山側地盤改良後）

【参考】

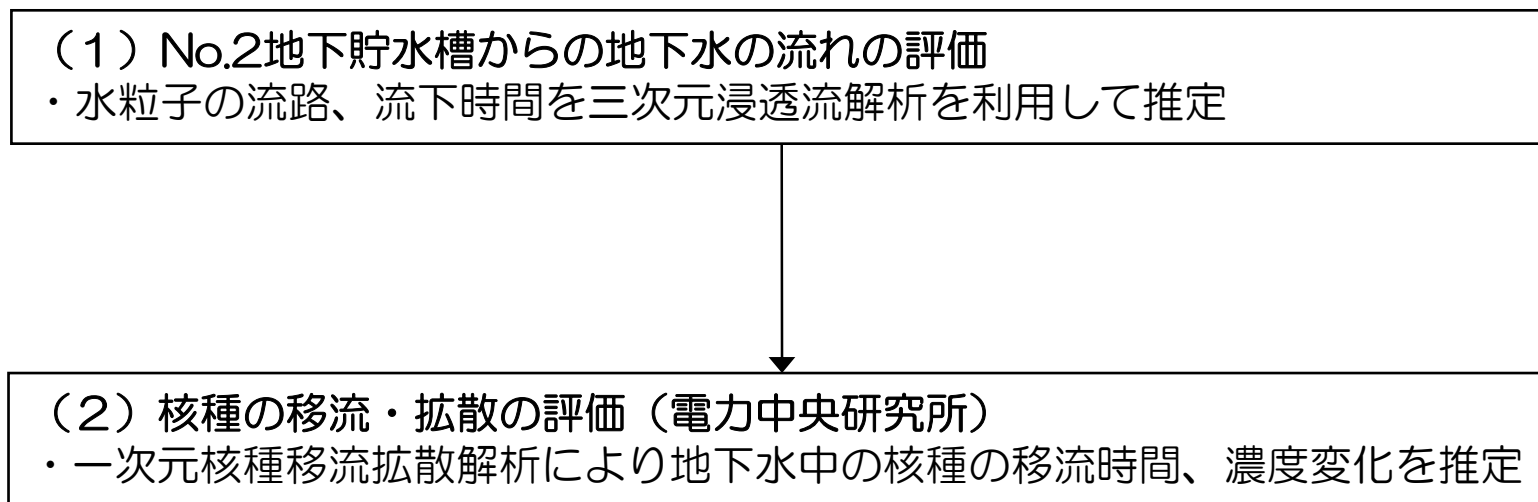
現状モデル



	1-2号機護岸背面 くみ上げ予想量	2-3号機護岸背面 くみ上げ予想量	3-4号機護岸背面 くみ上げ予想量	合計
山側地盤改良後	約20m ³ /日	約30m ³ /日	約10m ³ /日	約60m ³ /日

■漏えい監視の補助データとするため、No.2地下貯水槽の周辺において、三次元モデルを用いて、放射性物質拡散の解析を実施した。

■No.2地下貯水槽周辺の拡散解析の流れ

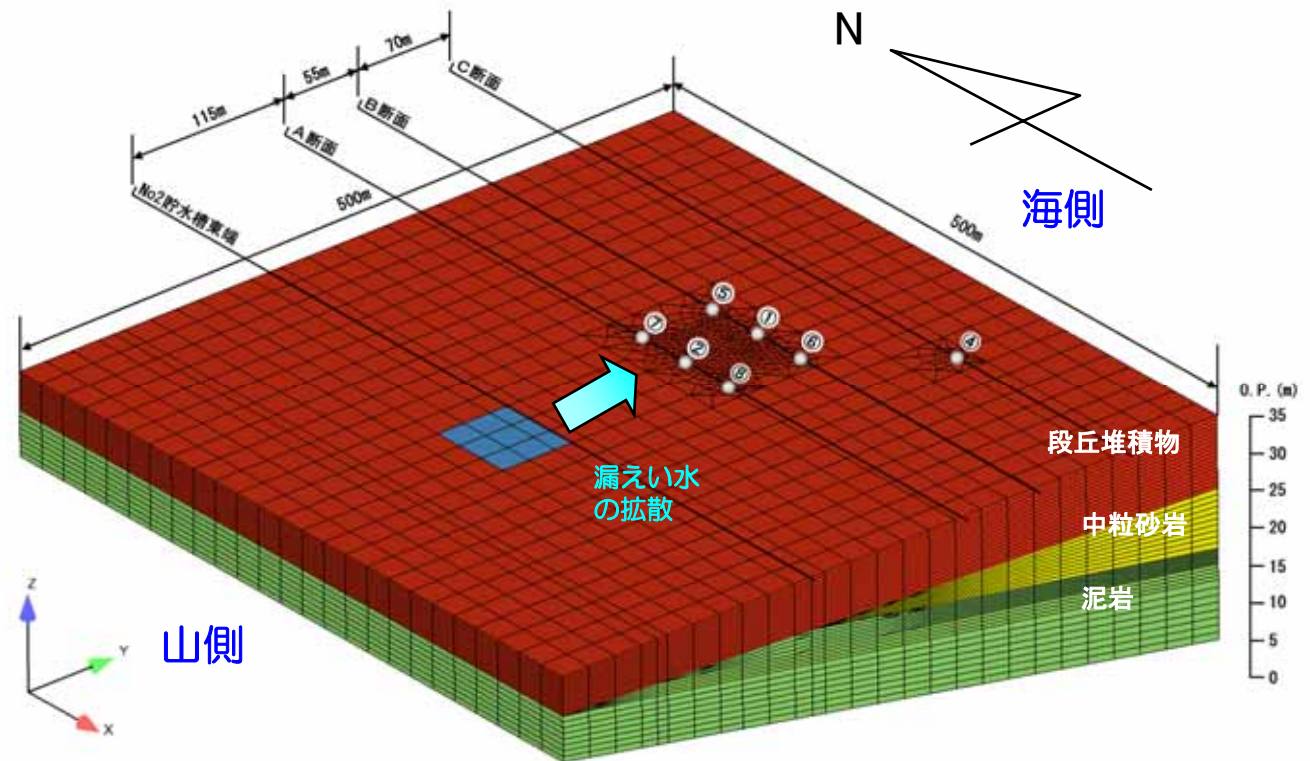
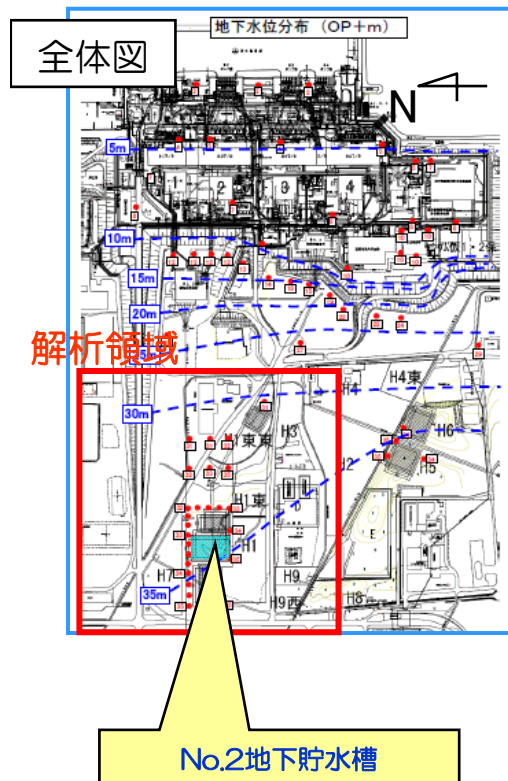


地下貯水槽（ケース⑬） （解析モデル）

【参考】

平成25年6月14日
監視・評価検討会資料

- ・ 平面的な解析領域は、No.2地下貯水槽および周辺の観測孔を含む、南北500m、東西500mとしている。
- ・ 鉛直方向の解析領域は、透水層（段丘堆積物、中粒砂岩）下部の難透水層（泥岩）の下端までをモデル化している。



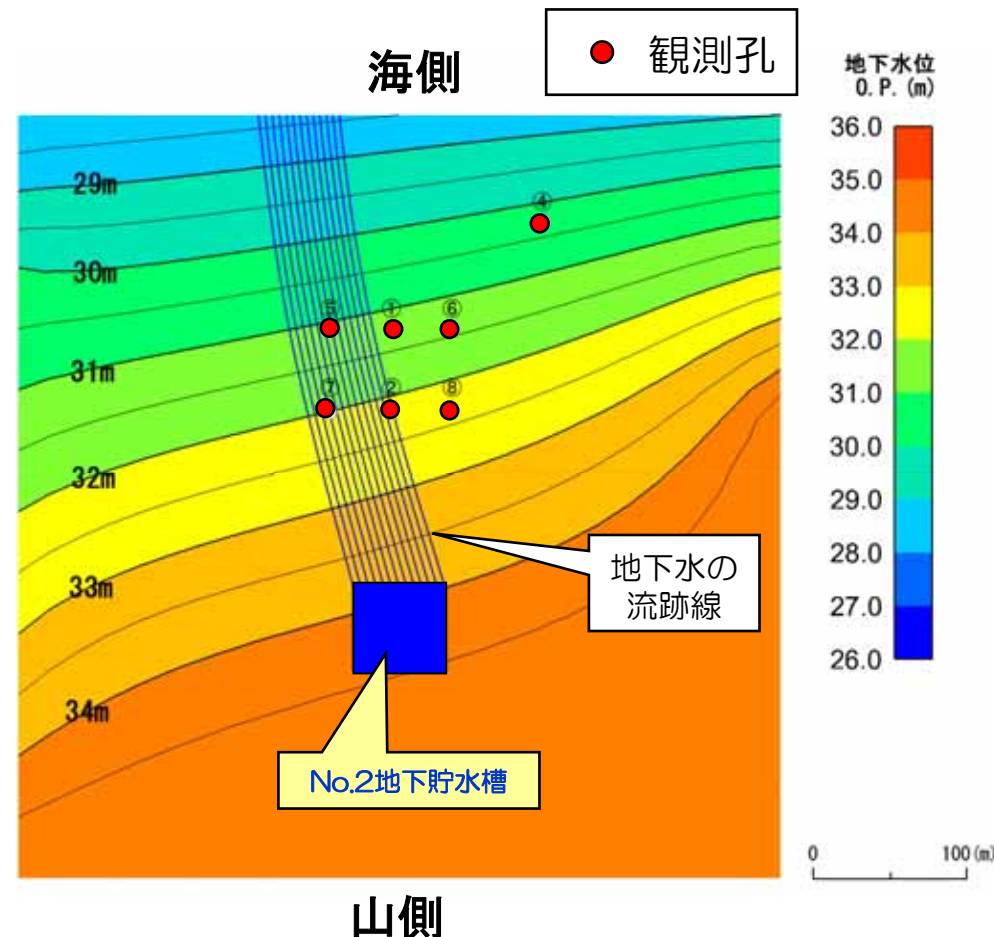
＜ No.2地下貯水槽からの地下水の流れの評価＞

実測データに基づく現状の地下水位分布



解析領域

解析による地下水位分布の再現結果



- ・現状の地下水分布を解析モデルで再現した結果、概ね整合している。
- ・No.2地下貯水槽付近の地下水は、山側から海側に向かって流れている。

地下貯水槽（ケース⑬） （核種の移流・拡散の評価）

【参考】

平成25年6月14日
監視・評価検討会資料

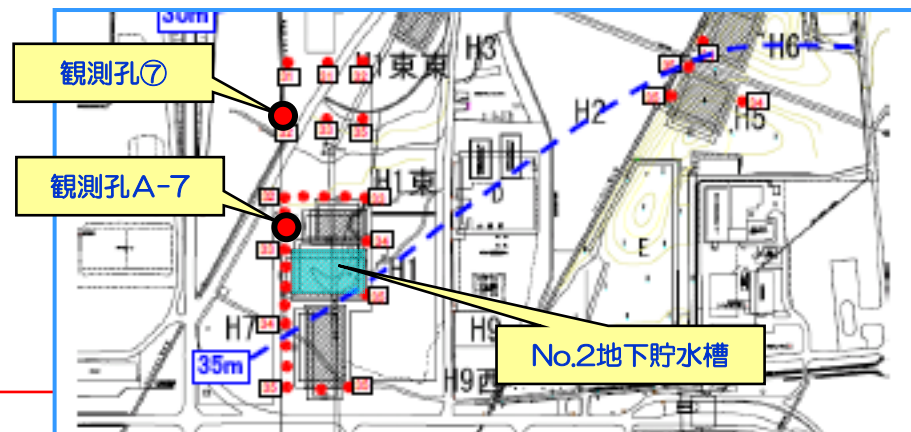
- 漏えい水の到達が想定される、観測孔A-7および観測孔⑦について、核種の濃度ピーク到達までの時間ならびに到達時の濃度変化を解析した結果は以下のとおり。

地下貯水槽付近 ↓ 観測孔A-7 (距離：26m)	濃度ピークが到達する年数		水；1年程度 ストロンチウム-90；8～30年程度
	到達した時の 想定最大濃度	ストロンチウム-90 分配係数※が平均的な値の場合	10 Bq/L
		ストロンチウム-90 分配係数※が保守的な値の場合	40 Bq/L
	トリチウム	30 Bq/L	
地下貯水槽付近 ↓ 観測孔⑦ (距離：122m)	濃度ピークが到達する年数		水；3年程度 ストロンチウム-90；30～80年程度
	到達した時の 想定最大濃度	ストロンチウム-90 分配係数※が平均的な値の場合	0.5 Bq/L
		ストロンチウム-90 分配係数※が保守的な値の場合	10 Bq/L
	トリチウム	5 Bq/L	

※分配係数とは、液相中の核種濃度と固体に吸着される核種濃度の比をとったもの

ドレーン孔内検出濃度

ドレーン孔内 最大濃度（全β）	ドレーン孔内 最大濃度（トリチウム）
68,000 Bq/L	1,400 Bq/L



地下貯水槽（ケース⑬）
（解析に用いた物性値）

【参考】

平成25年6月14日
監視・評価検討会資料

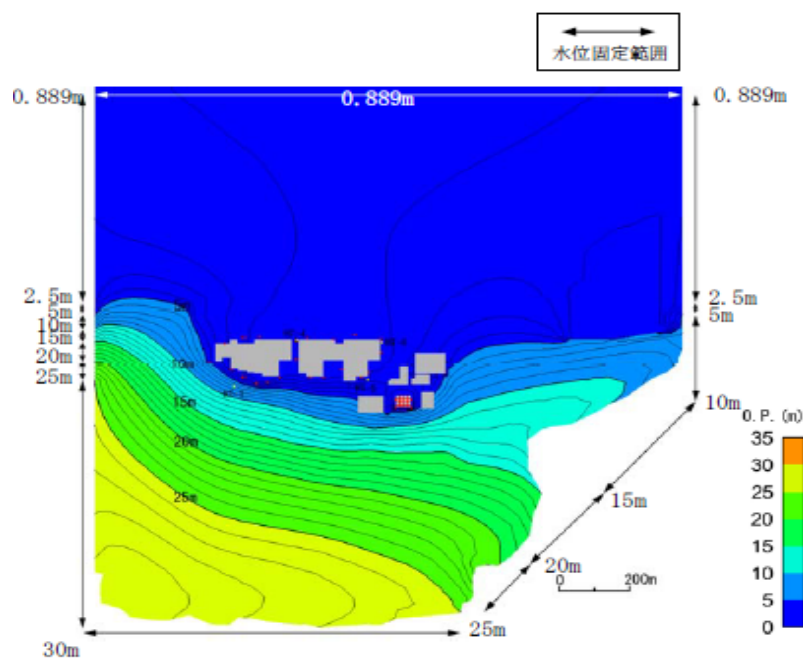
計算に関わる諸条件は、検討時点で得られている情報・想定結果に基づいて設定

項目		設定値	備考
浸透距離		26m	No.2地下貯水槽～観測孔A-7
		122m	No.2地下貯水槽～観測孔⑦
透水係数	段丘堆積物	$3.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$	中粒砂岩と同じ値を設定
	中粒砂岩	$3.0 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$	現地砂岩での透水試験結果から算定
	泥岩	$1.1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$	現地泥岩での透水試験結果から算定
有効間隙率		0.41	・中粒砂岩 ・「福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書」平成5年4月（平成5年7月一部補正）
比重		2.65	
分配係数(ストロンチウム-90)		$1.0 \times 10^{-2} \text{m}^3/\text{kg}$	JAEAの収着データベースSDBより （砂岩：平均的な値）
		$2.5 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{kg}$	JAEAの収着データベースSDBより （砂岩：保守的な値）
物質投入面積		1m×1m	—
物質投入継続日数		7日間	—
半減期	トリチウム	12.3年	—
	ストロンチウム-90	28.9年	—
分散長		移行距離の1/10	Gelhar et al.,1992. A critical review of data on field-scale dispersion in Water Resources Research, Vol.28(7) ,pp.1955-1974.

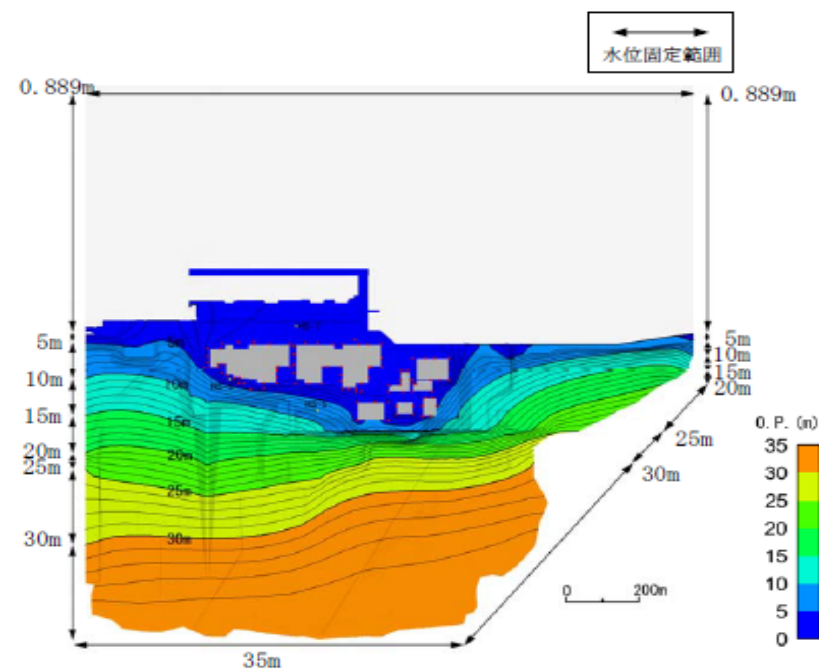
浸透流解析モデルの改善点 (境界条件)

【参考】 修正モデル

35m盤において、中粒砂岩の不圧地下水位は南側が高く北が低い傾向にあり、一方の被圧地下水位は北側が高く南側が低いことから、この傾向を再現すべくそれぞれの境界条件の固定水位を見直した



被圧地下水（互層）の境界条件

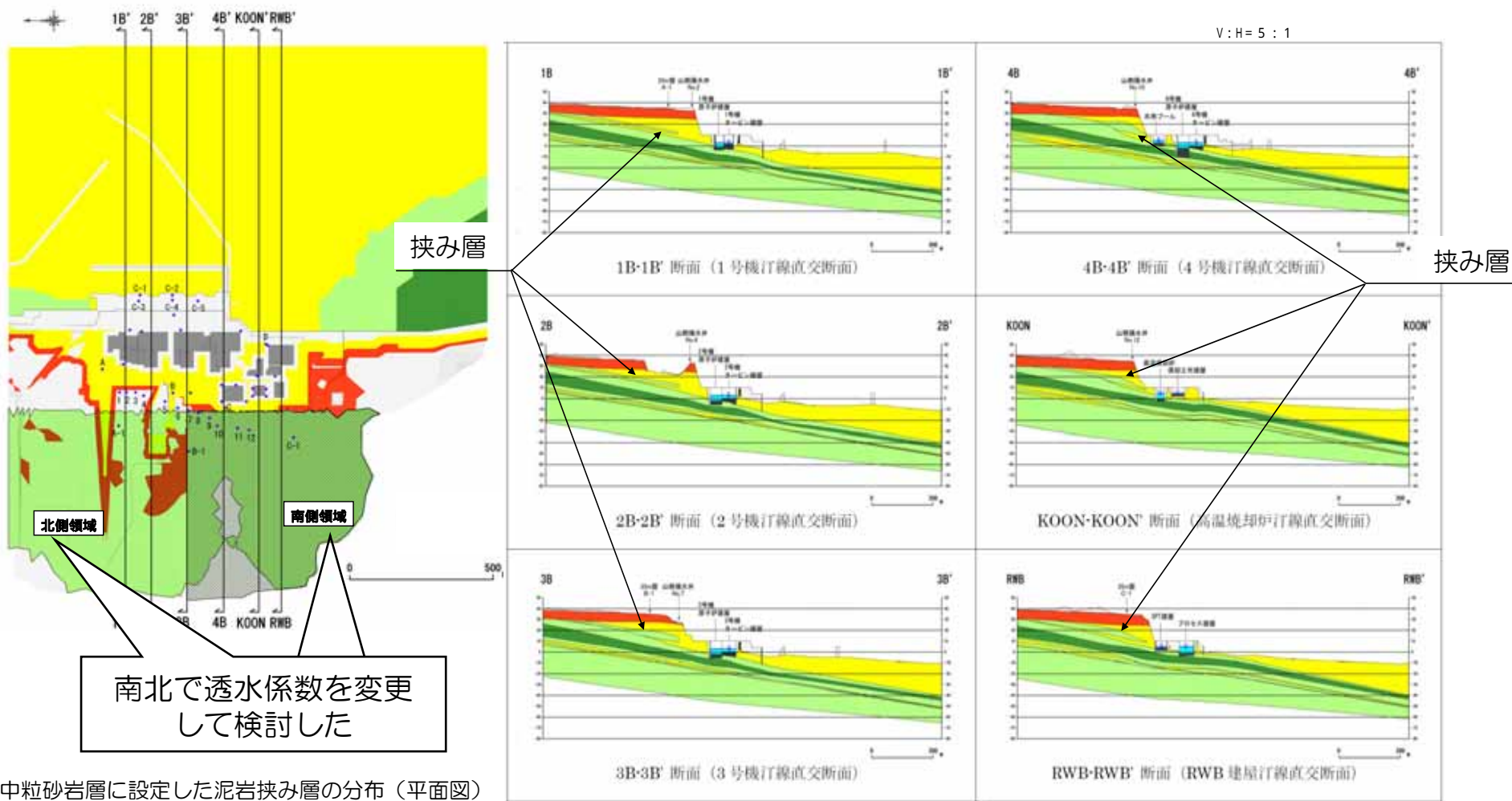


不圧地下水（中粒砂岩）の境界条件

浸透流解析モデルの改善点 (中粒砂岩の泥岩挟み層を考慮)

【参考】 修正モデル

- ・35m盤領域において、ボーリング調査結果により、中粒砂岩層内に挟み層の存在が認められたことから、解析モデルに反映させた。
- ・また不圧地下水位は南側が高く北が低いことから、中粒砂岩の透水係数を検討できるモデルとした。



中粒砂岩層に設定した泥岩挟み層の分布 (平面図)

中粒砂岩層に設定した泥岩挟み層の分布 (断面図)