

大阪府河川構造物等審議会
平成28年度 第1回 大深度地下使用検討部会

【「地下水」に対する影響について】

2-1. 「地下水」に対する影響について

検討の背景と目的

大深度地下使用の認可申請においては、大深度地下の公共的使用に関する基本方針に適合するよう、環境の保全に対する検討を実施する必要があります。ここでは、検討項目の一つである「地下水」について検討を実施します。

	検討項目	調査・検討方針	環境アセスメントにおける該当項目
1	地下水	三次元浸透流解析による、地下水位・水圧低下による取水障害・地盤沈下、地下水の流動阻害、地下水の水質への影響検討を実施する。	地下水
2	施設設置による地盤変位	地盤変位解析による、施設の設置に伴う地盤の変形・変位の推定、対策工法の検討を実施する。	地盤
3	化学反応	ボーリング調査における土の酸性化試験等に基づき、地下水の弱酸性化、有害ガスの発生、地盤の発熱及び強度低下等について検証を行い、化学反応を生じるおそれのある場合については環境の保全のための措置について検討を実施する。	土壌
4	掘削土の処理	事業特性及び地域特性等の情報により掘削土の概略発生量を対象に調査を行い、環境への影響が著しいものとなるおそれのある場合については、環境の保全のための措置についての検討を行う。さらに、掘削土の搬出経路についても検討する。	廃棄物等
5	その他	特になし	

2-1. 「地下水」に対する影響について

調査・検討フロー

当調査・検討の実施フローを以下に示します。

当該地域の地質、地下水状況の把握

既往データ整理

- 土質調査結果
(ボーリング柱状図、想定地層断面図)
- 土質試験結果
- 地下水に関する既往資料

地下水観測結果整理

- 地下水位観測結果
- 地下水流向・流速試験結果

地下水解析モデルの構築

- 三次元地層モデルの作成
- 解析条件整理・入力
- 現況再現解析

影響解析

- 地下水の流動阻害、取水障害
- 水圧低下による地盤沈下

次回審議予定

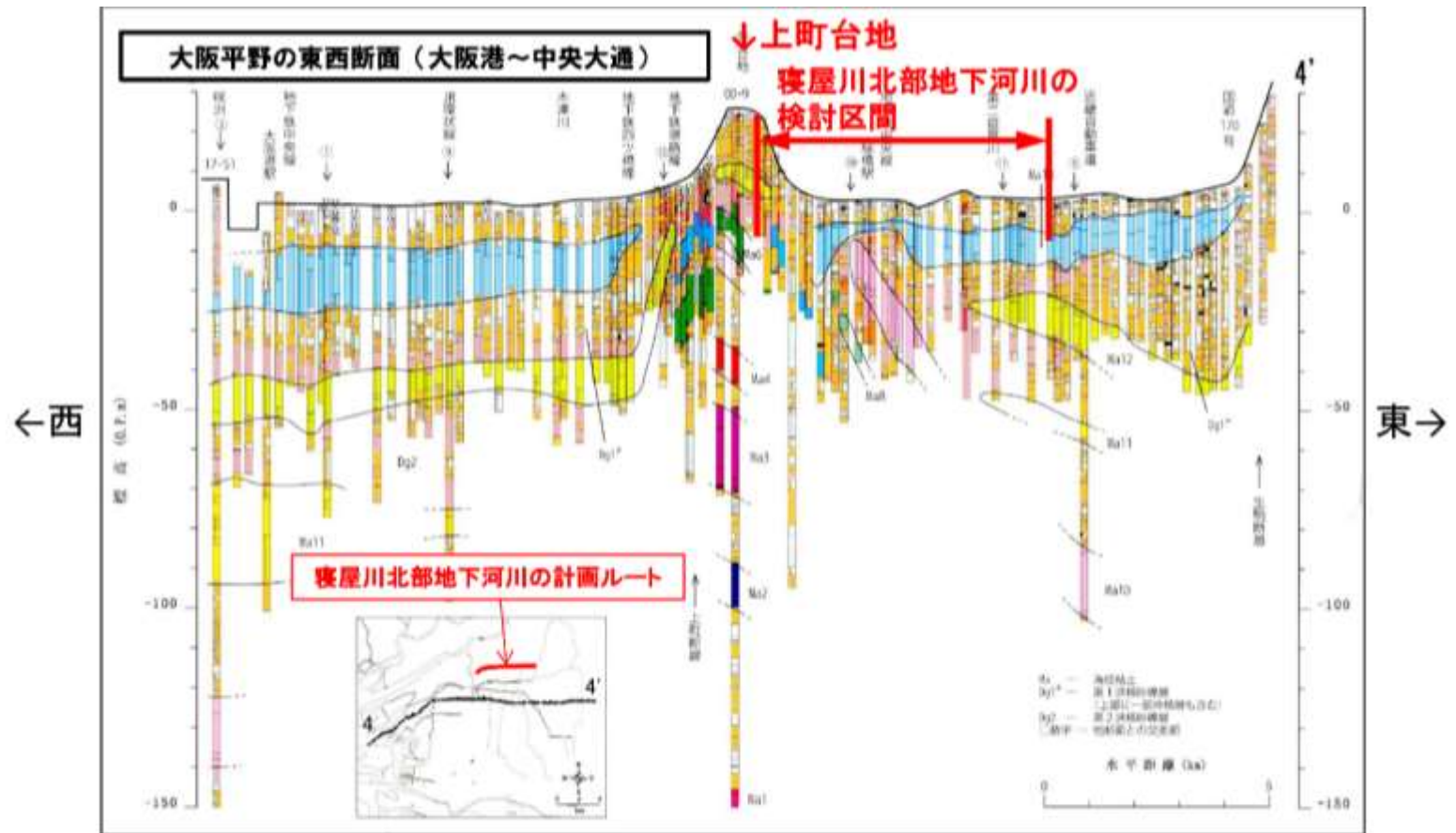
地下水の水質への
影響検討

後続調査計画

2-1. 「地下水」に対する影響について

地質状況の整理①

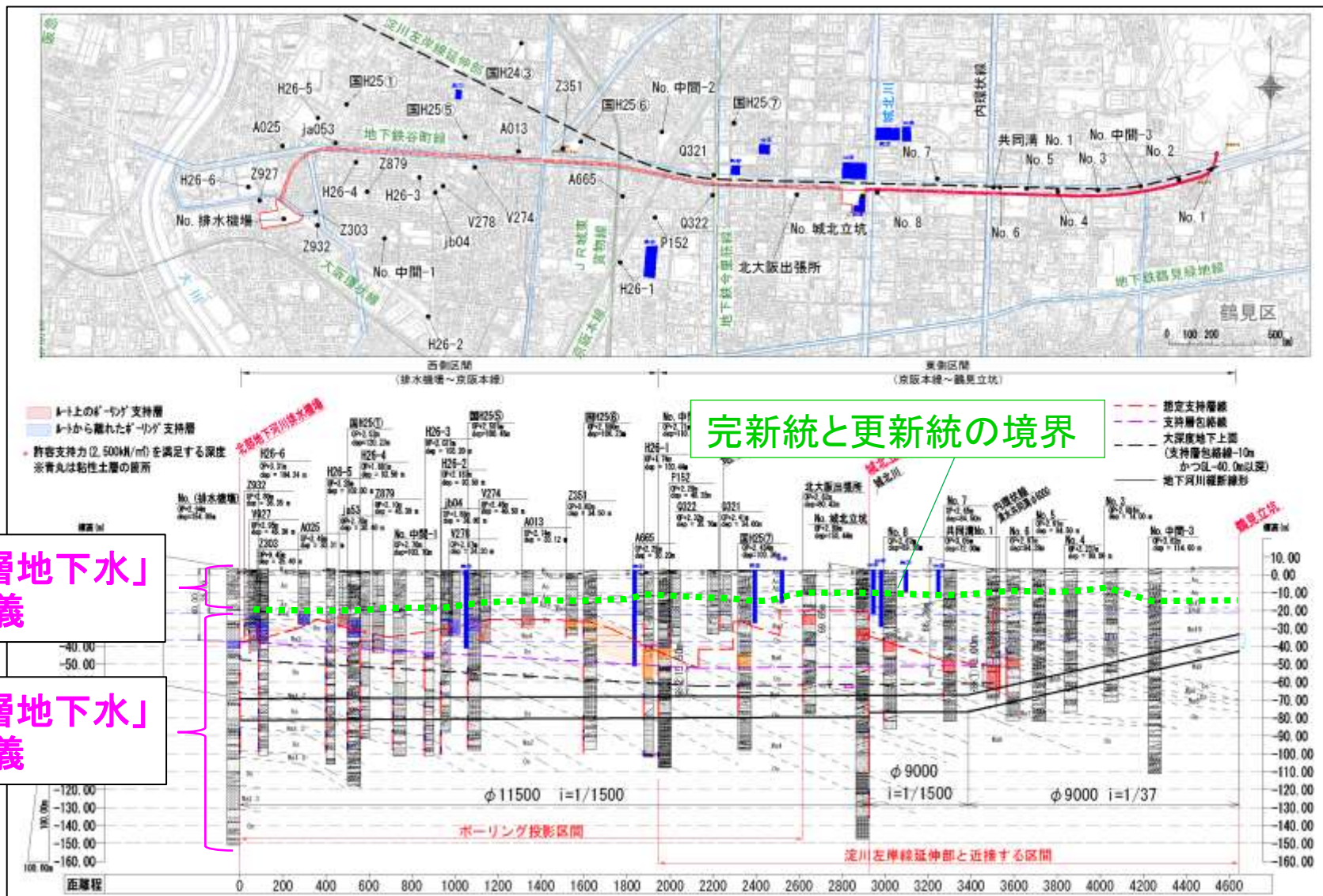
寝屋川北部地下河川の対象ルートとなっている上町台地の東側については、大阪層群が西側から東側に傾斜しています。対象地では、多数のボーリング調査が実施され、当地域の地質状況が整理されています。



※「新関西地盤 2007」KG-NET・関西圏地盤研究会より

2-1. 「地下水」に対する影響について

地質状況の整理②



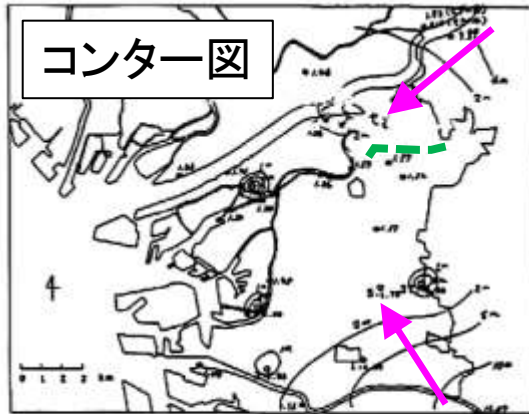
※断面図の地層線は地層等高線図からの投影により作図しているため、ボーリング柱状図の層区分とは必ずしも一致しません。

2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水流動状況の整理①

既往資料によると、当地域の地下水流向は、浅層地下水が地形に沿って、西側(海側)に向かうのに対し、深層地下水は、東側(陸側)に向かって流動しています。

浅層地下水
(1993)



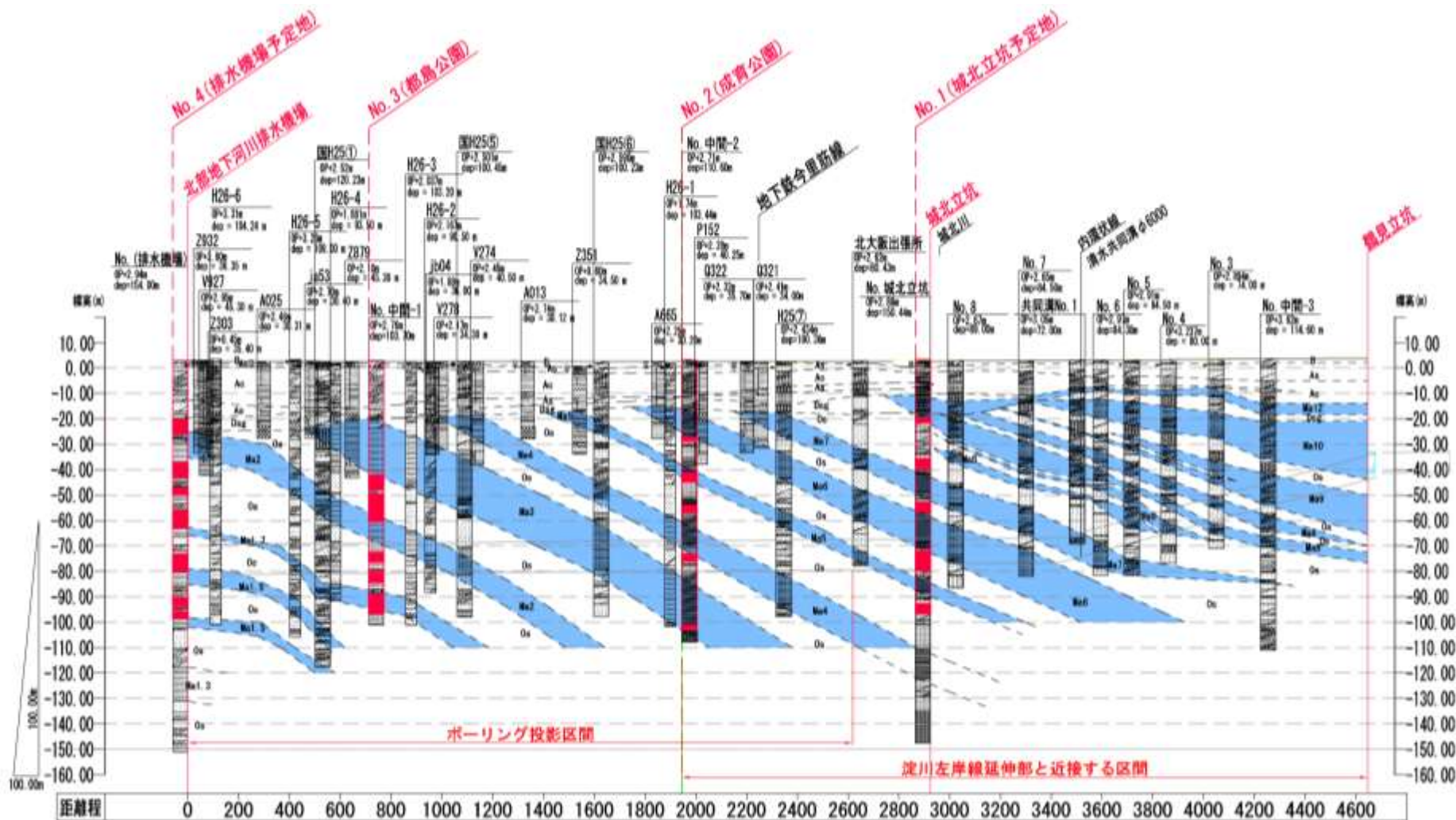
深層地下水
(1993)



2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水位観測①-観測地点

■ ストレーナー設置位置

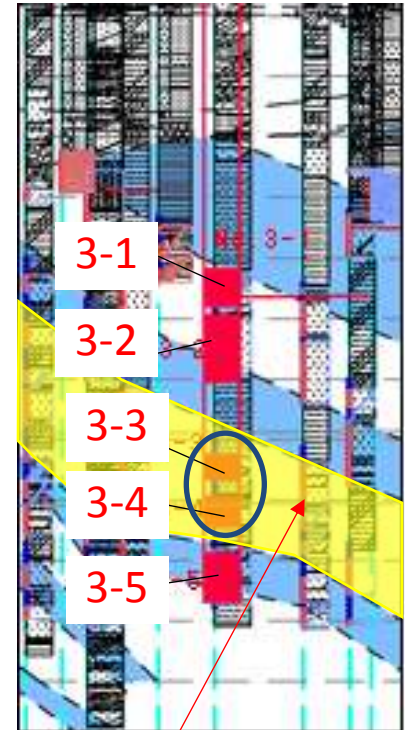
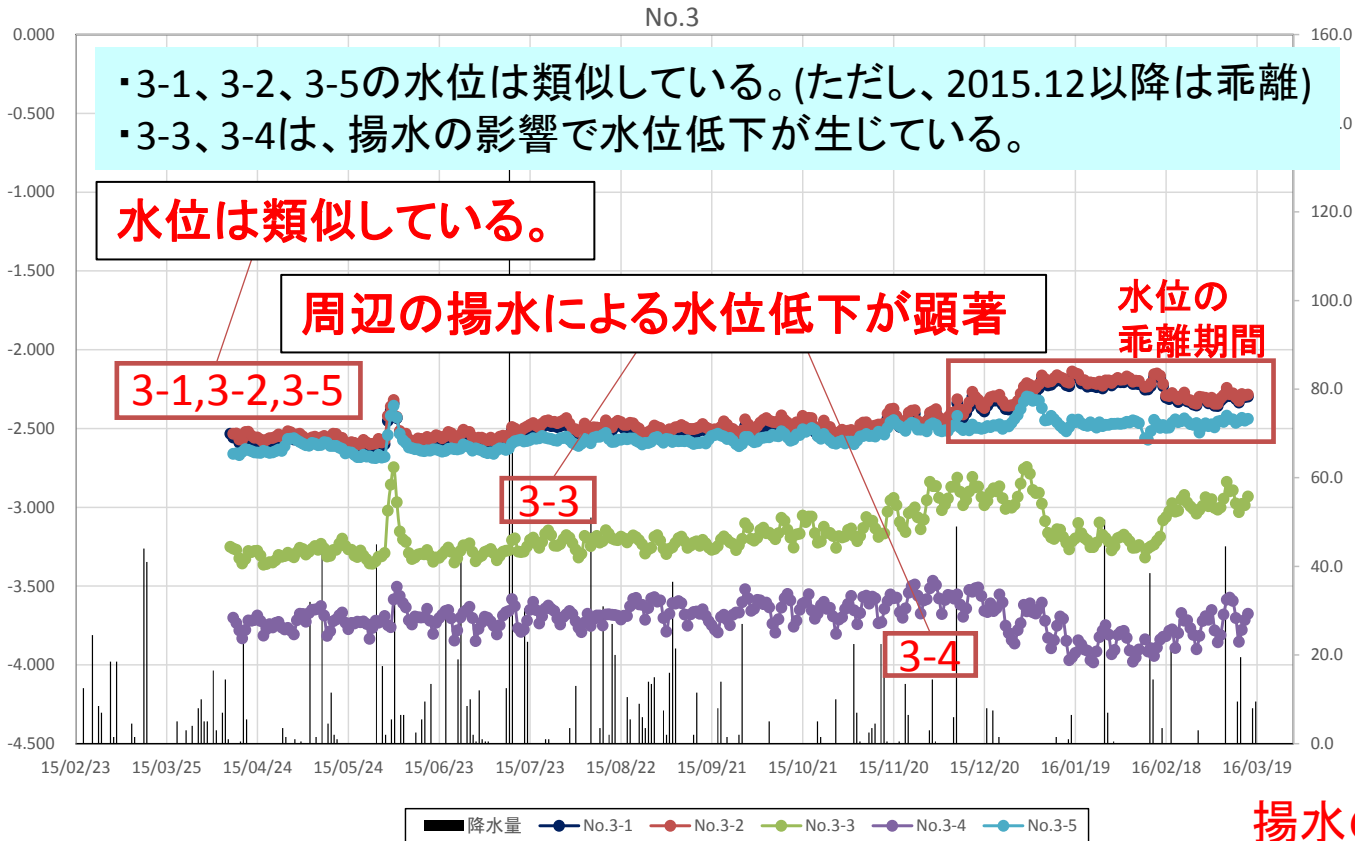


※断面図の地層線は地層等高線図からの投影により作図しているため、
ボーリング柱状図の層区分・ストレーナー設置位置とは必ずしも一致しません。

2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水位観測②-観測結果(例として、No.3)

いずれの井戸についても、周辺の揚水による影響が見られ、また各帯水層はその変動より、互いに連続性が高いと考えられます。特定の帯水層において、揚水の影響が顕著に現れており、それら層の水位は他の深度の水位よりも低下していることから、「最も浅い深度で観測された地下水位」が、揚水の影響が比較的小さく、「本来の深層地下水の地下水位」に近いと考えられます。

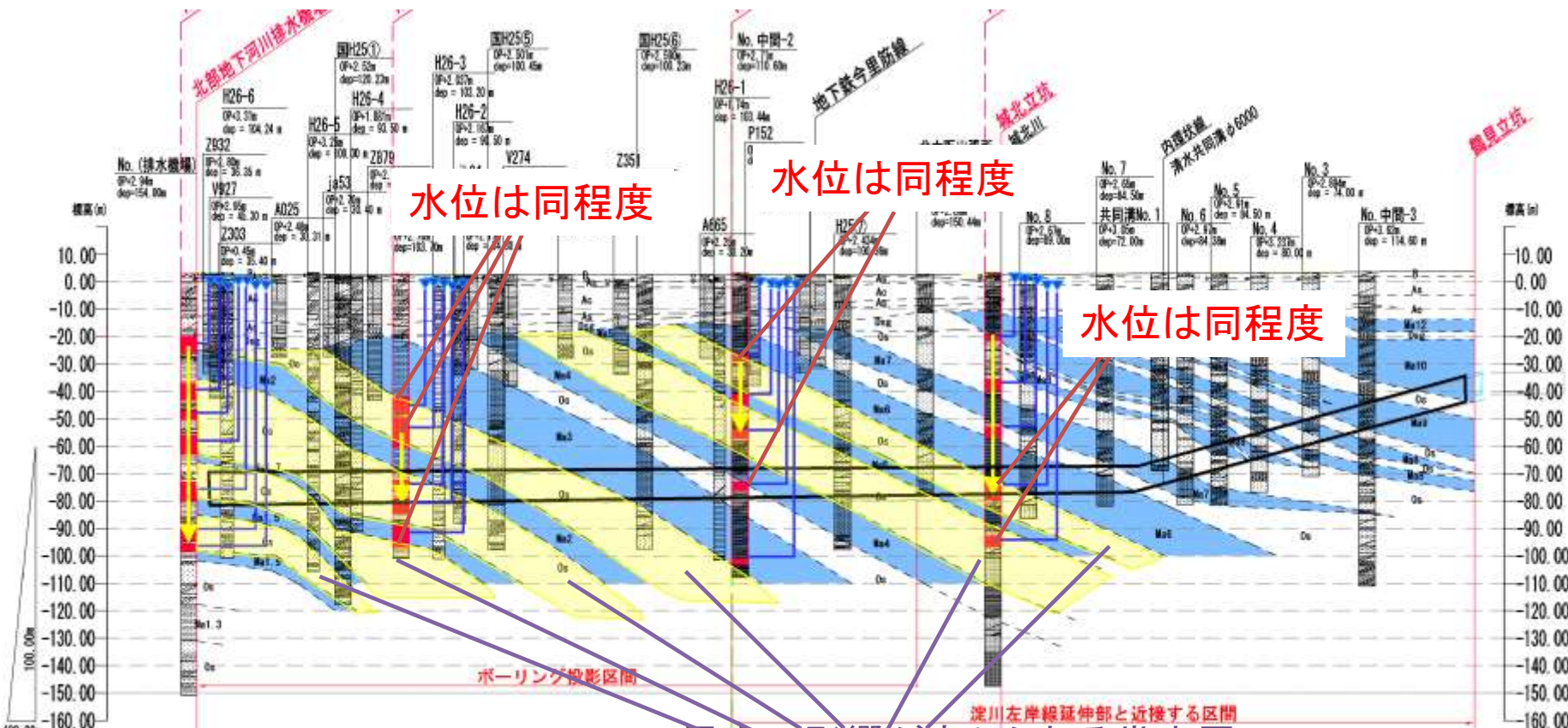


揚水の影響が大きい帯水層

2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水位観測結果③-メカニズムのまとめ

各地点調査結果を比較しても、各調査地点における水位、及び地盤状況より深度方向だけでなく平面的にも連続性が高いと考えられます。



※図中の → は、下方に向かって、水位が低下しているイメージを示したものです。

揚水の影響が考えられる帯水層

※断面図の地層線は地層等高線図からの投影により作図しているため、ボーリング柱状図の層区分・ストレーナー設置位置とは必ずしも一致しません。

2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水位観測④-地下水位コンターの整理

観測結果を基に深層地下水位コンターを作成すると、既往資料と同様に、深層地下水位は西側から東側に向かって流動しています。ただし、揚水の影響と思われる局所的な水位低下が見られます。地下水位観測結果においても、揚水の影響(周期的な水位変動)が確認されることと整合的です。

平成27年5月16日(水位観測開始時)の地下水位コンター

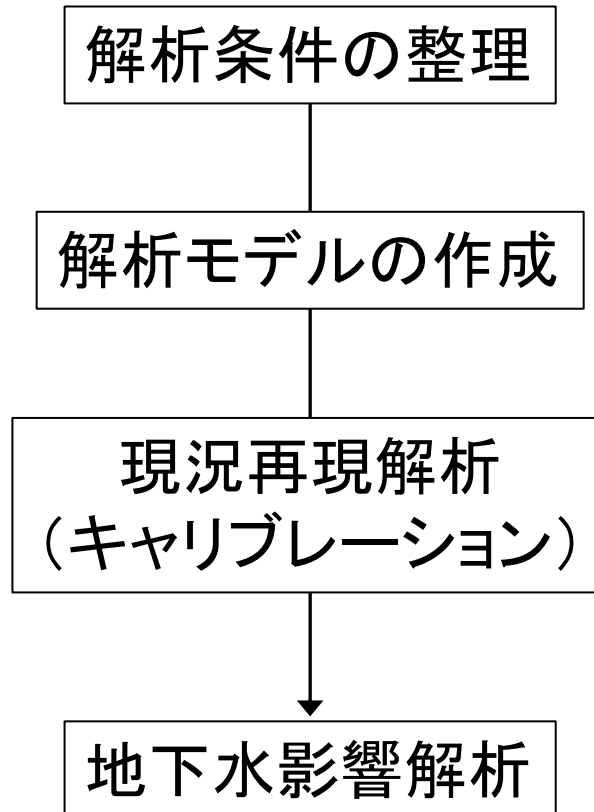
単位：0. Pm



2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水解析②-検討フロー

検討の手順としては、まず解析モデルを作成し、現況再現解析(観測水位を再現する作業)を行います。現況再現手法としては、各土層の透水係数を変化させ、現況水位と計算水位のキャリブレーションを行います。基本透水係数には現場透水試験結果を採用します。その後、完成したモデルを用いて地下水影響解析を実施し、地下水位の変化・圧密沈下量を求めます。



2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水解析①-解析手法の選定

解析手法としては、浅層地下水と深層地下水の両方の流動を考慮し、構造物設置による三次元的な影響を定量的に評価できる「三次元解析」を選定します。

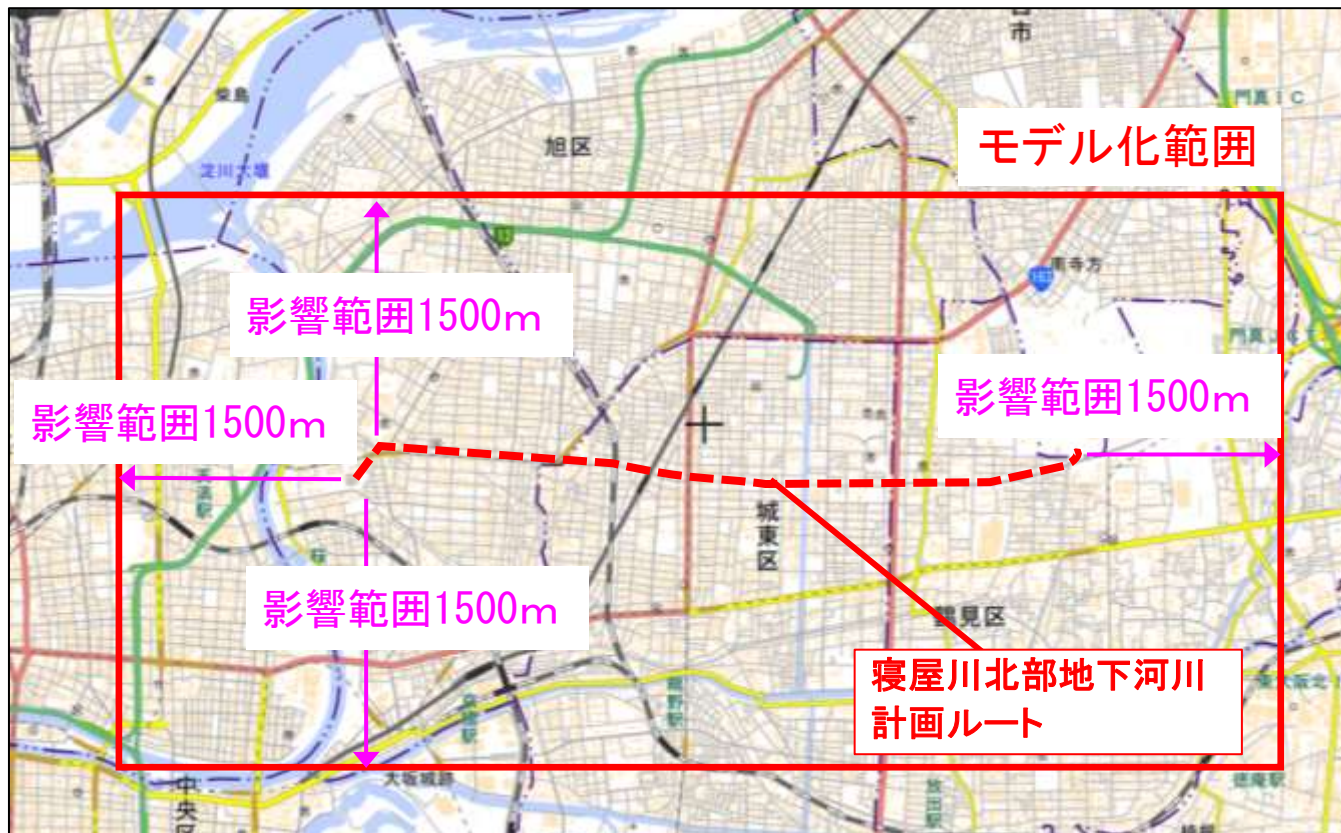
出典「地下水解析手法とその留意点(2006)(基礎工、第34巻3号、小田部ほか)」

	鉛直二次元解析	平面二次元解析	準三次元解析	三次元解析
利点と適用性	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向の流れが卓越した地下水流動場の検討に適している 線形構造物の横断方向断面の検討に適している 	<ul style="list-style-type: none"> 広域地下水流動場の検討に適している 平面的な流れ場の検討 被圧地下水位分布の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 広域地下水流動場の検討に適している 平面的な流れ場の検討 自由地下水位分布の検討 降雨浸透を考慮できる 地形を考慮できる 複数の透水性を持った帯水層の構造を考慮可能 	<ul style="list-style-type: none"> 三次元的に複雑な地下水流動場の検討が可能 詳細検討に適している 自由地下水位分布の検討 降雨浸透を考慮できる 地形を考慮できる 複雑な水理構造を考慮できる(帯水層、難透水性層)
出力	<ul style="list-style-type: none"> X、Z方向の地下水流速 自由地下水位分布(断面内) 	<ul style="list-style-type: none"> X、Y方向の地下水流速 被圧地下水位分布(水平面分布) 	<ul style="list-style-type: none"> X、Y方向の地下水流速 自由地下水位分布(水平面分布) 	<ul style="list-style-type: none"> X、Y、Z方向の地下水流速 自由地下水位分布
短所	<ul style="list-style-type: none"> 奥行方向の流れを無視 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向の流れを無視 自由地下水位の検討が出来ない(地形を考慮出来ない) 降雨浸透を考慮出来ない 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向の流れを無視 複数の帯水層を同時に取扱うことができない(帯水層は1層) 	<ul style="list-style-type: none"> 三次元構造データの作成に多大な労力が必要となる 境界条件の面的設定が必要となる
適用例	<ul style="list-style-type: none"> 構造物による鉛直方向の迂回効果や帯水層構造を考慮した地下水流動阻害の検討 施工時地下水位低下工法の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 広域的な地下水流動阻害の検討 平面的な迂回効果の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 広域的な地下水流動阻害の検討 地形・帯水層構造・降雨浸透を考慮した平面的な迂回効果の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 地下水流動阻害の三次元的な検討 詳細な対策工の検討
模式図				

2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水解析③-解析条件の整理(モデル化範囲の設定)

モデル化範囲の決定にあたっては、ジハルト(Seichardt)の式によって得られた影響範囲を参考として、シールドより1,500mをモデル化範囲とします。深度方向については、他事例を参考にシールド下面+3D=130mをモデル化することとします。



■ジハルト(Seichardt)の式

$$R = 3000s\sqrt{k}$$

ここに、

R: 影響圏半径(m)

S: 水位低下量(m)

k: 透水係数(m/s)

※水位低下量については、安全側を見込み、シールドの下面程度の深度まで水位が低下することを仮定し、S=90mとした。

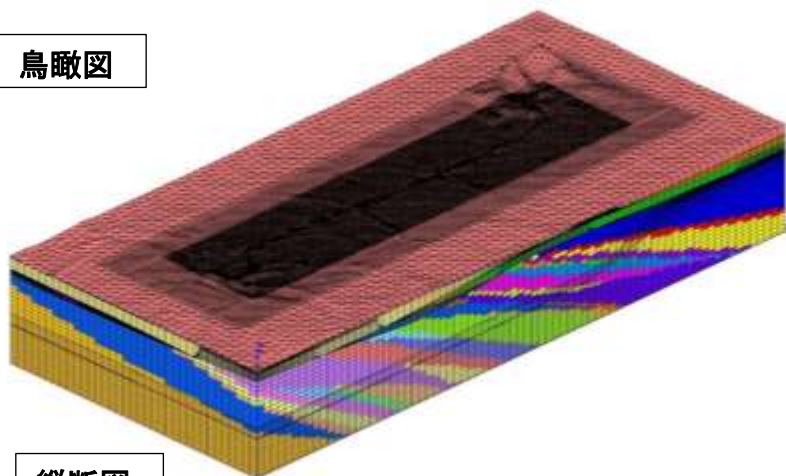
$$\begin{aligned} R &= 3000 \times 90 \times \sqrt{2.1 \times 10^{-5} k} \\ &= 1,237m \\ &\rightarrow 1,500m \end{aligned}$$

2-1. 「地下水」に対する影響について

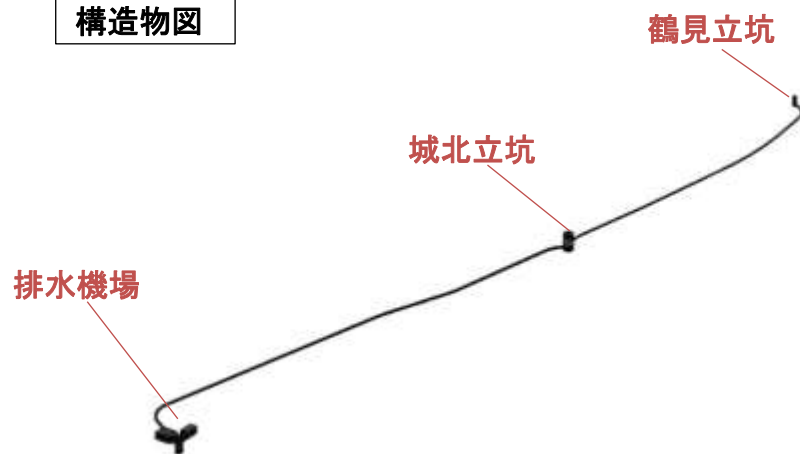
地下水解析④-三次元地層モデルの作成

既往ボーリングデータを参照して、三次元の地層モデルを作成します。

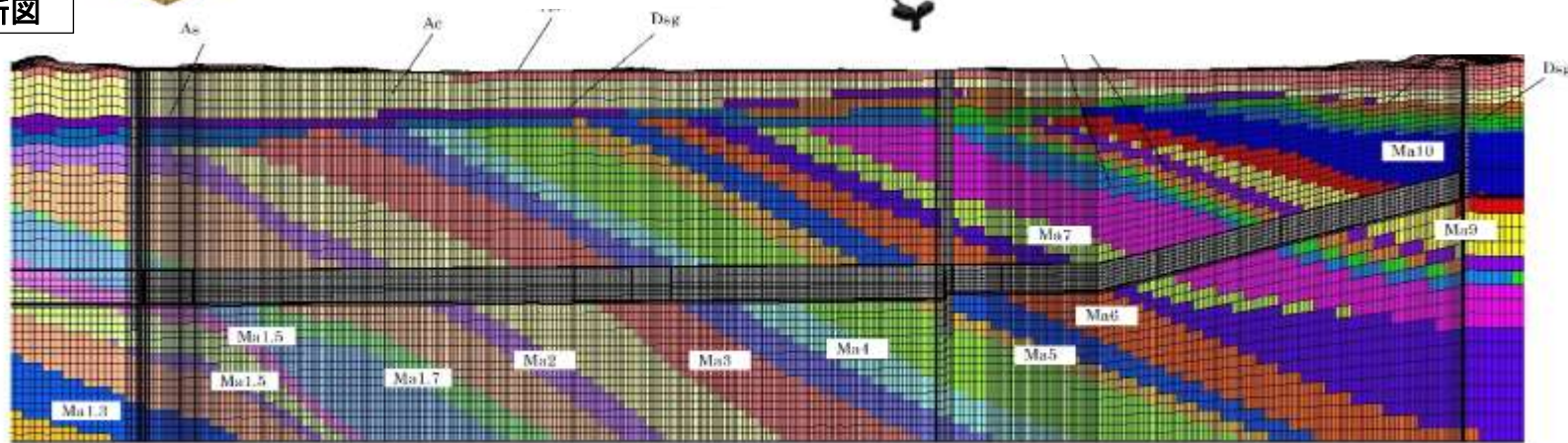
鳥瞰図



構造物図



縦断面図



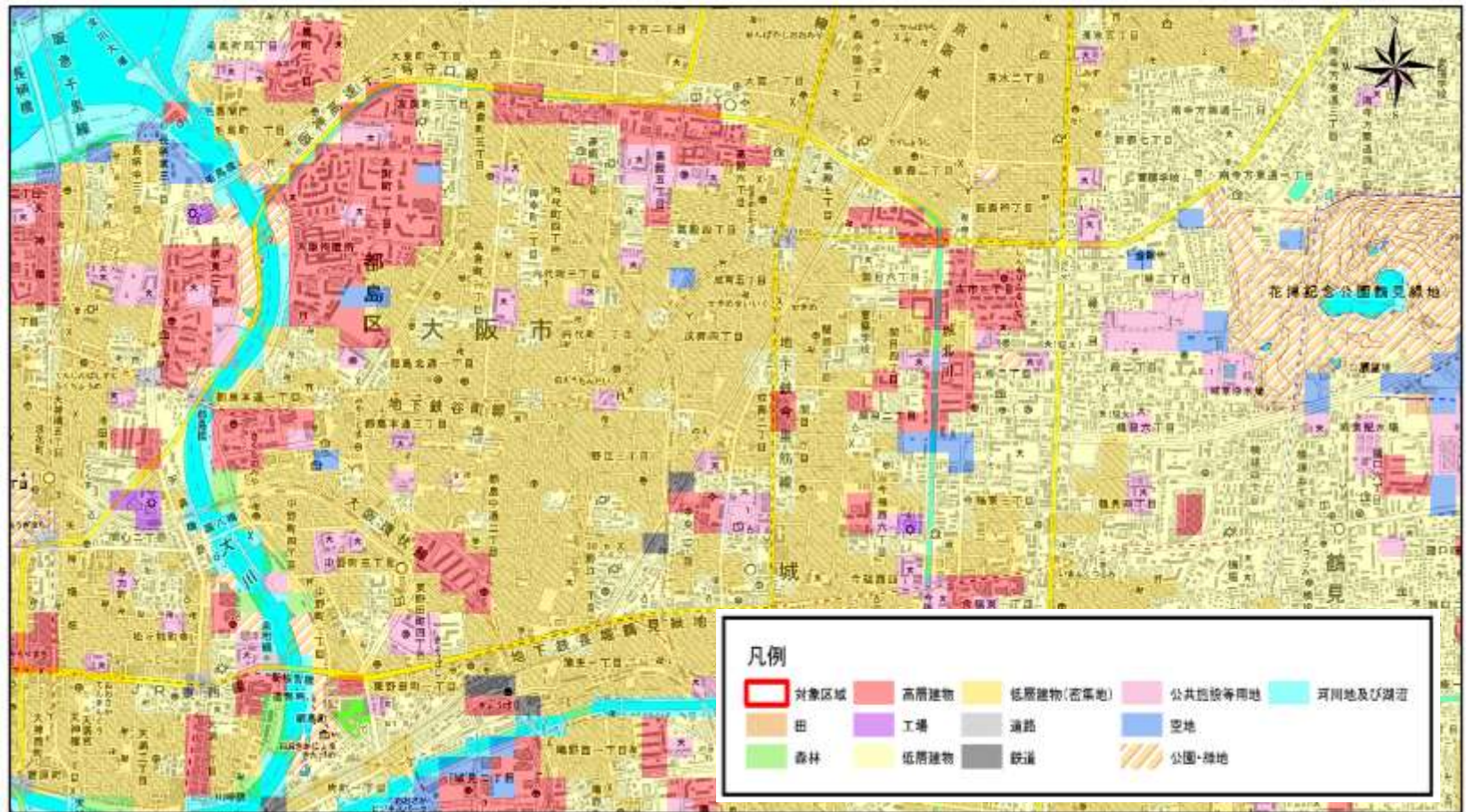
※節点数：1,065,339、要素数：1,877,850

※構造物の周辺では、構造物形状を再現するとともに、水位の変化を精度良く求めるため、メッシュを細分化する。

2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水解析⑤-解析条件の整理(境界条件:地下浸透量の設定)

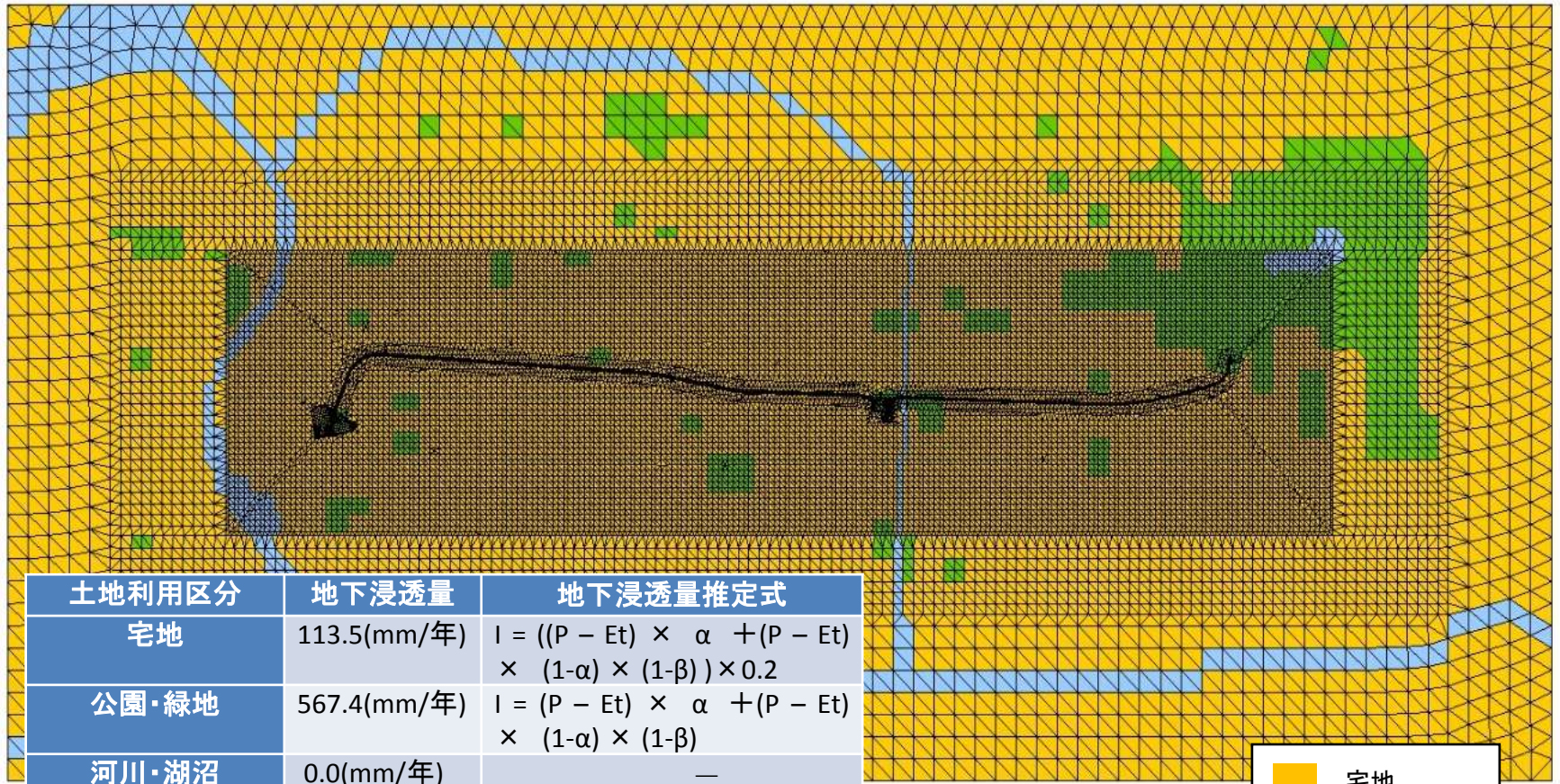
雨水の地下浸透量は、土地利用毎の蒸発散量を考慮して設定します。解析対象範囲は、殆どが「宅地」ですが、一部は公園や学校等の浸透し易い土地利用もあります。



2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水解析⑥-解析条件の整理(境界条件:地下浸透量の設定)

雨水の地下浸透量は、土地利用を「宅地」「公園」「河川・湖沼」の3つに区分して設定することとします。



(I : 地下浸透量、P : 年間降水量、Et : 蒸発散量、 α : 0.4、 β : 0.5)

※蒸発散量は、「服部の式」より、土地利用区分毎の蒸発散率とアルベドを考慮して求めた。

※宅地の建蔽率は、大阪市資料に基づき80%と考えた。



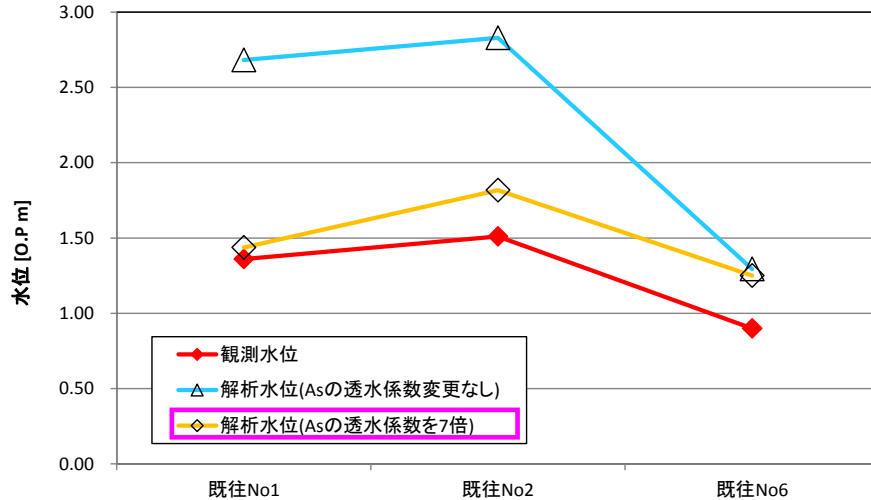
2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水解析⑥-現況再現解析(キャリブレーション)

現況水位及び地下水流動状況の再現のためトライアル計算を行った結果、浅層地下水と深層地下水を同時に再現することはできないことが明らかとなり(深層地下水が揚水の影響を受けているため)、浅層と深層のそれぞれに対して個別に再現を行いました。影響解析においては、浅層と深層のそれぞれに対して解析を実施し、沈下量の算定にあたっては、浅層と深層の結果を合成することとします。

浅層地下水位:

トライアル計算の結果、As層の透水係数を7倍して水位を再現

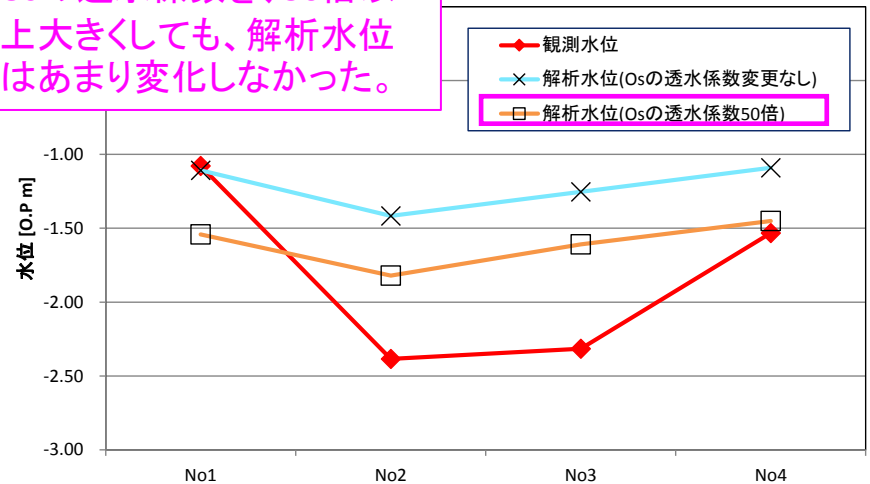


浅層地下水の影響解析に使用

深層地下水位:

トライアル計算の結果、Os層の透水係数を50倍して水位を再現

Osの透水係数を、50倍以上大きくしても、解析水位はあまり変化しなかった。



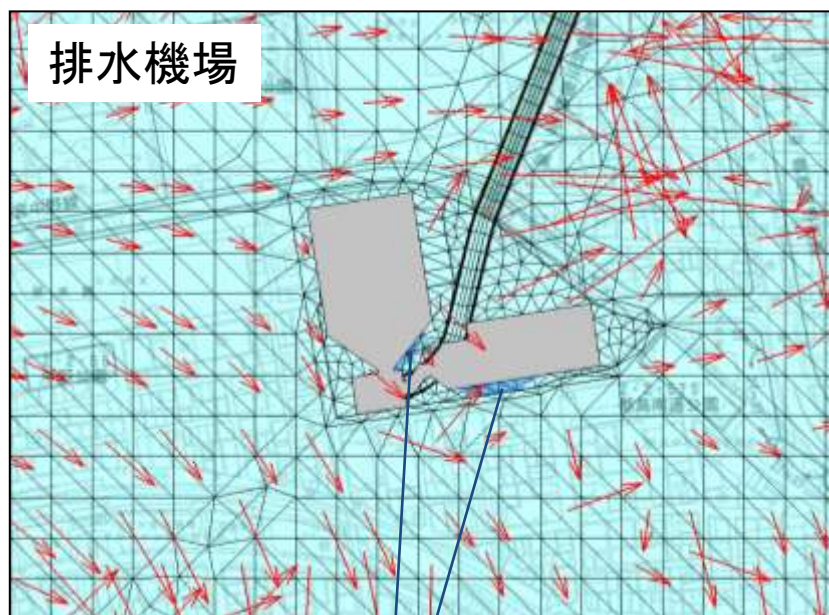
深層地下水の影響解析に使用

2-1. 「地下水」に対する影響について

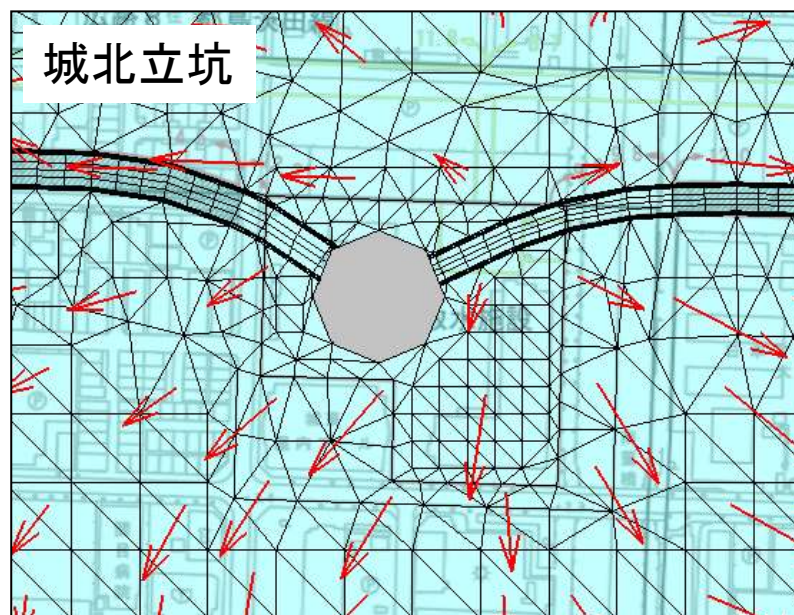
地下水解析⑦-地下水影響解析結果①(浅層地下水位への影響)

地下水解析モデルを用いた影響解析の結果、浅層地下水位の変化は殆ど生じません。

排水機場の近傍では、流動障害により5cm未満の微小な水位低下が生じますが、これは日々の水位の変動の履歴内に十分収まるレベルであり、影響範囲も事業予定地内に収まります。したがって、浅層地下水の流動障害は軽微であり、取水障害は生じないと考えられます。

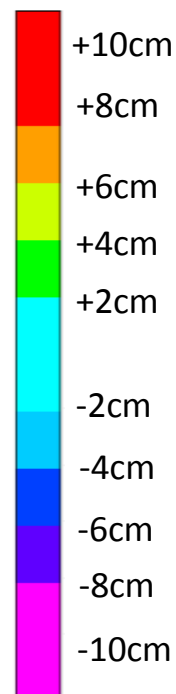


最大5cm未満
の水位低下



水位変化は殆ど生じない。

水位変化量

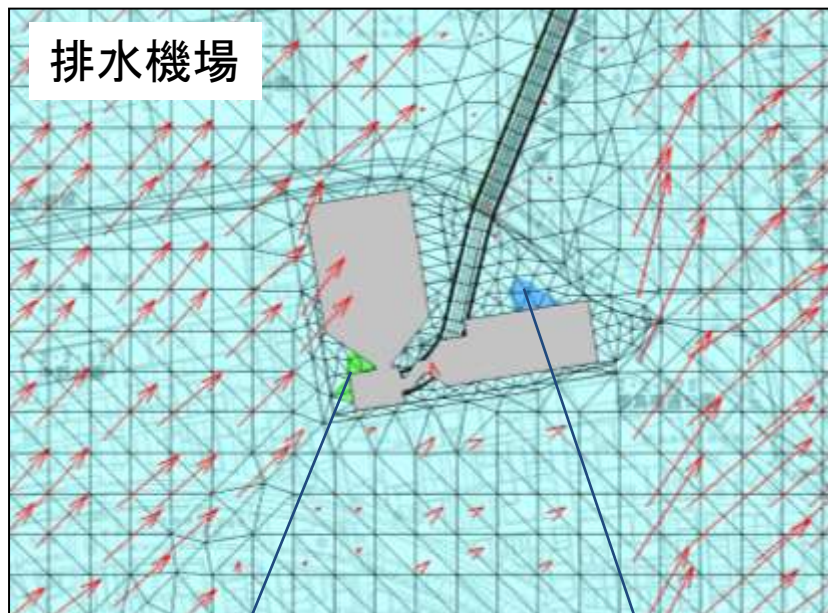


2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水解析⑧-地下水影響解析結果②(深層地下水位への影響)

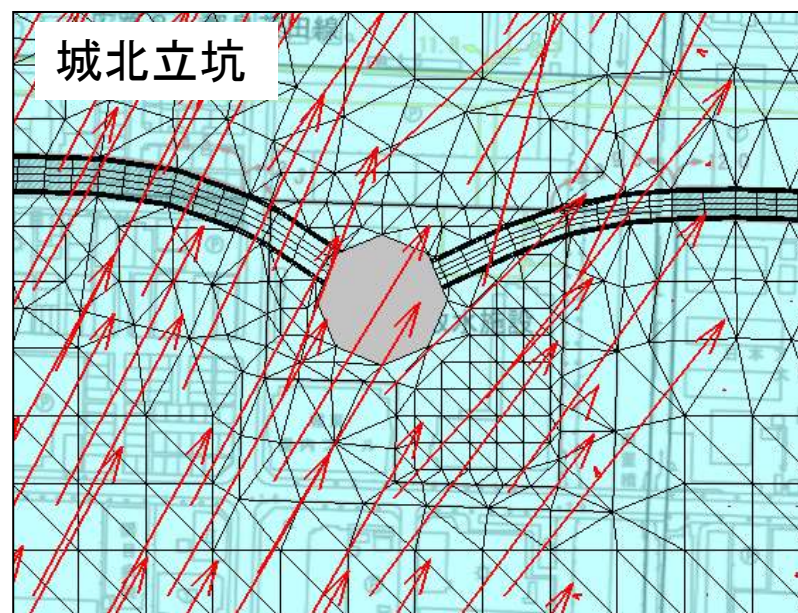
同様に、深層地下水の変化も殆ど生じません。

排水機場の近傍では、流動阻害により5cm未満の微小な水位低下が生じますが、これは日々の水位の変動の履歴内に十分収まるレベルであり、影響範囲も事業予定地内に収まります。したがって、深層地下水の流動阻害は軽微であり、取水障害は生じないと考えられます。



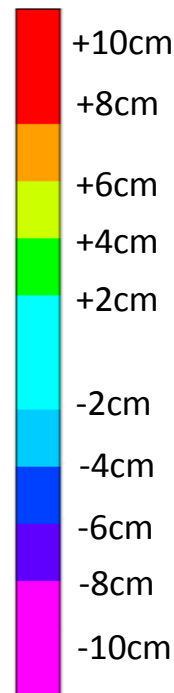
最大5cm未満
の水位上昇

最大5cm未満
の水位低下



水位変化は殆ど生じない。

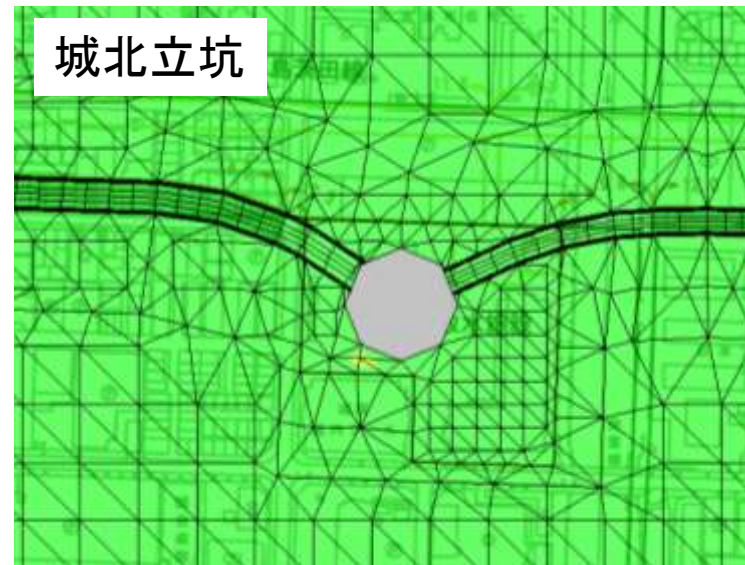
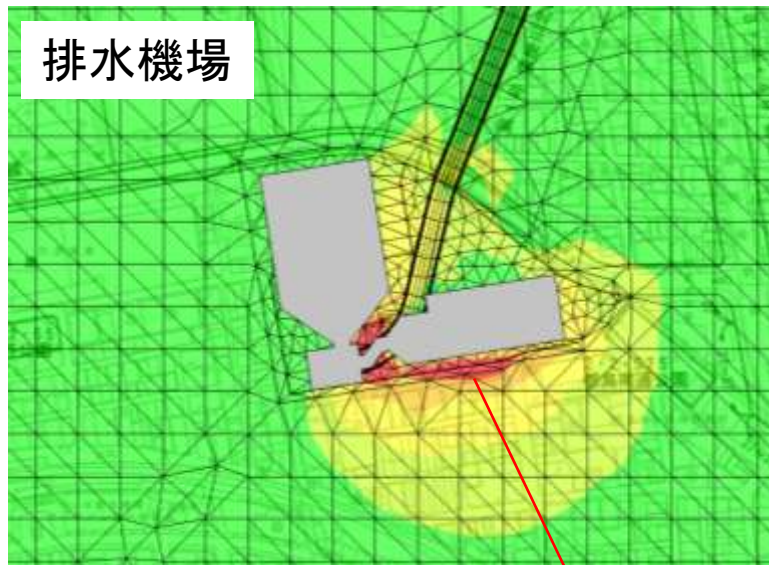
水位変化量



2-1. 「地下水」に対する影響について

地下水解析⑨-地下水影響解析結果③(周辺地盤の圧密沈下)

地下水解析モデルを用いた地下水影響解析により求めた水位低下量を用いて、圧密沈下量の算定を行いました。シールド部については、殆ど沈下は生じません。排水機場と城北立坑の近傍において、局所的に5mm未満の沈下が生じるのみであり、水位低下により生じる地盤沈下は軽微であると考えられます。



沈下量



最大5mm未満の沈下

※排水機場の南側の家屋に生じる沈下量は最大でも3mm～4mm程度であり、十分に許容値(25mm)以内となる。

(参照文献:建築基礎構造物設計指針, 日本建築学会, 2001.10)